

## LUCRAREA NR. 12

### MĂSURAREA INDICILOR DE REFRACTIE CU INTERFEROMETRUL JAMIN



#### **Tema lucrării:**

- 1) Etalonarea compensatorului interferometrului
- 2) Determinarea variației indicelui de refracție al aerului cu presiunea

#### **Aparate:**

Interferometrul Jamin, lampă cu vapori de sodiu, sursă de lumină albă, pompă de vid, manometru.

### Considerații teoretice:

Interferometrul Jamin este un interferometru cu două fascicule. Acest aparat poate fi considerat ca o aplicație a franjelor lui Brewster, care apar în cazul interferenței în lame groase. Interferometrul Jamin se folosește în special la determinarea precisă a variațiilor mici ale indicelui de refracție.

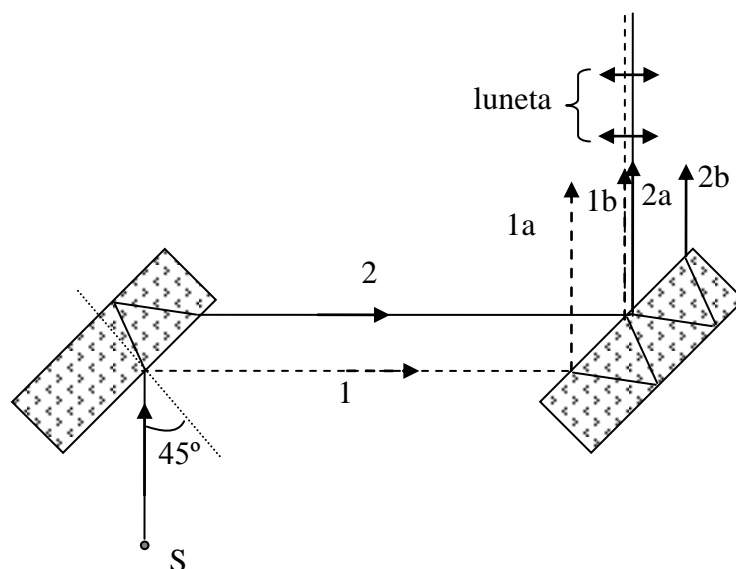


Fig. 12.1 Schema de principiu a interferometrului Jamin.

După cum se observă în figura (12.1) părțile principale ale interferometrului sunt cele două blocuri de sticlă, plan-paralele, având grosimea cuprinsă între 3 cm și 4 cm, așezate astfel încât fețele blocurilor să fie paralele. Fețele posterioare ale celor două blocuri sunt argintate. Un fascicul de lumină incident pe fața primului bloc, sub un unghi de  $45^\circ$ , se descompune într-un fascicul reflectat și într-un fascicul refractat. Fasciculul refractat cade pe fața argintată a blocului unde se reflectă. În continuare, fasciculul reflectat de fața argintată suferă o nouă refracție pe prima față a blocului de sticlă. În acest fel se obțin două fascicule paralele de lumină (**1** și **2**) care cad pe cel de-al doilea bloc. Acolo apar aceleași fenomene, pentru fiecare din cele două fascicule incidente. Astfel, la ieșirea din al doilea bloc se obțin patru fascicule paralele (**1a**, **1b**, **2a** și **2b**) dintre care două se suprapun (**1b** cu **2a**). Aceste două fascicule sunt coerente, au amplitudini egale și interferă între ele, obținându-se franje de interferență localizate la infinit. Franjele de interferență se observă cu ajutorul unei lunete.

Dacă blocurile sunt plan-paralele, omogene și riguros paralele, diferența de drum optic între razele **1b** și **2a** este zero. În realitate această situație nu este îndeplinită niciodată, deci totdeauna există o diferență de drum optic între cele două raze. În concluzie, la infinit, apar franje de egală înclinare.

Dacă fasciculul de lumină, incident, este monocromatic atunci franjele au forma unor arce de cerc luminoase, respectiv întunecate. Dacă lumina incidentă este albă, franjele de interferență sunt colorate și puține la număr.

Dacă în calea unuia dintre fascicule se intercalează un material transparent de lungime **l** și de indice de refracție **n**, iar celălalt fascicul parcurge distanța corespunzătoare în aer (indicele de refracție  $n_0=1$ ), atunci între cele două fascicule apare o diferență suplimentară de drum optic proporțională cu diferența dintre indicii de refracție.

$$\delta = l \cdot (n - n_0) = l \cdot \Delta n \quad (12.1)$$

În consecință, figura de interferență se deplasează cu **m** franje, astfel:

$$\begin{aligned} \delta &= m \cdot \lambda \\ m &= \frac{l \cdot (n - n_0)}{\lambda} = \frac{l \cdot \Delta n}{\lambda} \end{aligned} \quad (12.2)$$

unde  $\lambda$  este lungimea de undă a fasciculului monocromatic incident, iar **m** este un număr întreg.

Deci, măsurând lungimea **l** a stratului, cunoscând lungimea de undă  $\lambda$  și numărând numărul **m** al franjelor cu care s-a deplasat figura de interferență, se poate calcula diferența dintre indicii de refracție  $\Delta n$  cu ajutorul relației:

$$\Delta n = \frac{m \cdot \lambda}{l} \quad (12.3)$$

Această metodă directă se poate folosi numai în cazul unei variații treptate a indicilor de refracție, când se pot număra franjele cu care s-a deplasat figura de interferență. Dacă apare o variație bruscă a indicilor de refracție, se recurge la următoarea metodă.

În locul unui fascicul monocromatic se folosește un fascicul de lumină albă. În acest caz figura de interferență va fi compusă din franje colorate. Minimele corespunzătoare diferitelor lungimi de undă au poziții diferite, deci franjele vor avea culori complementare (de exemplu roșu - verde). În figura de interferență se găsește totuși o franjă neagră în locul unde coincid minimele tuturor lungimilor de undă. Poziția acestei franje se reperează ușor și este reproductibilă.

La o diferență de drum optic suplimentară, între fasciculele care interferă, apare o deplasare a figurii de interferență. Dacă, cu ajutorul unui dispozitiv, se introduce o diferență de drum optic egală și de semn opus diferenței suplimentare (numită diferență compensatoare), atunci figura de interferență revine la loc. În acest caz, franja neagră va ocupa locul pe care l-a avut înainte de apariția diferenței de drum optic suplimentare. Determinând diferența de drum compensatoare se determină diferența de drum suplimentară (ele sunt egale și de semn opus).

Diferența de drum compensatoare se introduce cu ajutorul unui *compensator* montat între cele două blocuri de sticlă. Acesta este format din două lame plan-paralele de sticlă, care formează un unghi  $\alpha$  între ele. Prin rotirea lamelor compensatorului în jurul unui ax orizontal se obțin unghiuri diferite între lamele compensatorului și cele două fascicule de lumină emergente din primul bloc. Fasciculele **1** și **2** au drumuri optice diferite prin lamele de sticlă, astfel, între fascicule apare o diferență de drum optic ce depinde de unghiul de înclinare a lamelor compensatorului și de unghiul dintre lame.

Cu ajutorul unui fascicul monocromatic cu lungime de undă cunoscută se stabilește o corespondență între unghiul de înclinare al compensatorului și diferența de drum optic introdusă. Acest procedeu se numește *etalonarea compensatorului*. Compensatorul se etalonează pentru un anumit unghi  $\alpha$  dintre lamele lui.

## **Mersul lucrării:**

### **1) Etalonarea compensatorului interferometrului**

În fața condensorului interferometrului Jamin se așează lampa cu vapori de sodiu (emite lumină monocromatică  $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ ). Se pune în funcțiune lampa, se poziționează astfel încât condensorul să fie iluminat uniform. Se reglează ocularul lunetei astfel încât firele reticulare să se vadă clar. Compensatorul se reglează în așa fel încât unghiul  $\alpha$  dintre lamele lui să fie de  $5^\circ$ . Acest unghi rămâne constant tot timpul măsurărilor. Poziția unghiulară a compensatorului  $\varphi_0$  se reglează la  $0$  (se citește pe discul gradat al compensatorului). Blocurile de sticlă se aduc în poziție orizontală cu ajutorul șuruburilor de sub măsuțele pe care se sprijină blocurile. Se rotește blocul al doilea (cu ajutorul șurubului micrometric) pînă când în câmpul lunetei apar franje de interferență. Dacă este necesar, luneta se poate roti în jurul axului vertical și se poate înclina cu ajutorul șurubului de reglaj.

Blocul de sticlă din dreptul lunetei se reglează (cu șuruburile de sub măsura) în așa fel încât franjele de interferență să fie verticale. Prin rotirea șurubului micrometric se alege acea porțiune din figura de interferență în care franjele au raze de curbură mari și sunt suficient de separate între ele.

Se rotește compensatorul, păstrând neschimbat unghiul dintre lamele de sticlă, până când în dreptul intersecției firelor reticulare se află o franjă întunecată. Cu ajutorul discului gradat (și al unei lupe) se citește unghiul de înclinare  $\varphi_0$  al compensatorului. Se rotește încet tamburul compensatorului numărându-se franjele întunecate ce trec prin dreptul intersecției firelor reticulare. După un număr  $m$  de franje (între **10** și **20**) se oprește rotirea compensatorului și se citește noua înclinare  $\varphi$  a compensatorului. De pe tamburul compensatorului, unghiurile se citesc cu o precizie de **0,1°**.

Diferența de drum optic  $\delta_C$  introdusă prin rotirea compensatorului cu un grad este dată de relația:

$$\delta_C = \frac{m \cdot \lambda}{\varphi - \varphi_0} = \frac{m \cdot \lambda}{\Delta\varphi} \quad (12.3)$$

Măsurătorile se repetă de mai multe ori rotind compensatorul în ambele sensuri (6 rotiri într-un sens și 6 rotiri în celălalt sens) citindu-se de fiecare dată unghiul inițial  $\varphi_0$  și unghiul final  $\varphi$  de înclinare al compensatorului. Apoi se calculează valoarea medie a diferenței de drum optic  $\overline{\delta_C}$  și erorile indicate în tabelul (12.1).

Tabelul 12.1

$\alpha$	$\lambda$	$m$	$\varphi_0$	$\varphi$	$\Delta\varphi$	$\delta_C$	$\overline{\delta_C}$	$\Delta\delta_C$	$\overline{\Delta\delta_C}$
grad	nm		grad	grad	grad	$\mu\text{m}/\text{grad}$	$\mu\text{m}/\text{grad}$	$\mu\text{m}/\text{grad}$	$\mu\text{m}/\text{grad}$

## 2) Determinarea variației indicelui de refracție al aerului cu presiunea

Lampa de vapori de sodiu se înlocuiește cu o sură de lumină albă (bec cu incandescență). Compensatorul se aduce la poziția "0" pe discul gradat, fără a modifica unghiul  $\alpha$ . Șurubul micrometric se aduce la diviziunea "0". Privind prin lunetă se rotește foarte încet șurubul micrometric și se caută figura de interferență. Dacă nu se găsesc franjele de interferență, atunci ori s-a rotit prea repede, ori franjele trebuie căutate prin rotirea șurubului micrometric în sensul opus. După ce s-a găsit figura de interferență, se aduce franja neagră (care separă franjele de culori complementare) în dreptul firelor reticulare. Atragem atenția că franja neagră nu își modifică culoarea la rotirea tamburului la stânga sau la dreapta.

Se racordează pompa de vid la unul din tuburile interferometrului. Se închide supapa de balast a pompei și robinetul de acces la tub. Se verifică egalitatea între ramurile manometrului (în acest caz presiunea indicată de manometru are valoarea zero). Presiunea din interiorul tubului (în *mm coloană de lichid*) este dată de diferența dintre nivelul lichidului în cele două ramuri ale manometrului.

Se deschide încet robinetul de acces în tubul interferometrului și se începe vidarea, urmărindu-se denivelarea dintre ramurile manometrului. Când lichidul manometrului ajunge în dreptul diviziunii "20" se întrerupe vidarea, se închide robinetul de comunicație între pompa de vid și tubul interferometrului și se deschide supapa de balast.

*Atenție să nu se scoată lichidul din manometru!*

Datorită presiunii create în interiorul tubului, figura de interferență s-a deplasat. Rotind tamburul compensatorului, se readuce franja neagră în dreptul intersecției firelor reticulare ale lunetei. Se citește unghiul  $\varphi$  cu care s-a rotit compensatorul. În același timp se citește presiunea  $p$  din interiorul tubului.

Se realizează alte presiuni în interiorul tubului prin deschiderea robinetului de acces. De fiecare dată se readuce franja neagră în dreptul intersecției firelor reticulare ale lunetei și se citesc unghiul  $\varphi$  de rotație al compensatorului și presiunea  $p$  din interiorul tubului.

Măsurătorile se efectuează pentru cel puțin șase valori diferite ale presiunii. La fiecare valoare a presiunii se determină de mai multe ori unghiul  $\varphi$ , apoi se calculează valoarea medie și erorile apărute.

Diferența de drum optic suplimentar  $\delta$  ce apare din cauza modificării presiunii este dată de relația:

$$\delta = \overline{\delta_c} \cdot \varphi$$

Variația  $\Delta n$  a indicelui de refracție pentru o presiune  $p$  se calculează cu formula (12.1), știind că lungime  $l$  a tubului interferometrului este de **100 cm**. Rezultatele măsurătorilor și calculelor se trec în tabelul (12.2).

Tabelul 12.2

$\overline{\delta_c}$	$l$	$p$	$\varphi$	$\overline{\varphi}$	$\Delta \varphi$	$\overline{\Delta \varphi}$	$\delta$	$\Delta n$
$\mu\text{m}/\text{grd}$	mm	mm col lichid	grd	grd	grd	grd	$\mu\text{m}$	

Se reprezintă grafic funcția  $\Delta n = \Delta n(p)$ .