

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCUREȘTI
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

**LABORATORUL DE OPTICĂ
BN - 122 A**

**DETERMINAREA LUNGIMII DE UNDĂ
A RADIAȚIEI LASER
CU INTERFEROMETRUL MICHELSON**

DETERMINAREA LUNGIMII DE UNDĂ A RADIAȚIEI LASER CU INTERFEROMETRUL MICHELSON

1. Scopul lucrării

- Asamblarea interferometrului Michelson
- Observarea pe ecran a figurii de interferență
- Determinarea lungimii de undă a radiației provenind de la un laser cu He-Ne

2. Principiul metodei

Interferometria este o metodă extrem de precisă pentru măsurarea variațiilor de lungime, a densităților materialelor transparente, a indicilor de refracție și a lungimilor de undă. Interferometrul Michelson face parte din familia interferometrelor cu două fascicule. Principiul său de funcționare este descris în cele ce urmează.

Un fascicul de lumină coerentă obținut folosind o sursă de lumină adecvată este împărțit în două de un dispozitiv optic (divizor de fascicul). Aceste două fascicule parțiale de

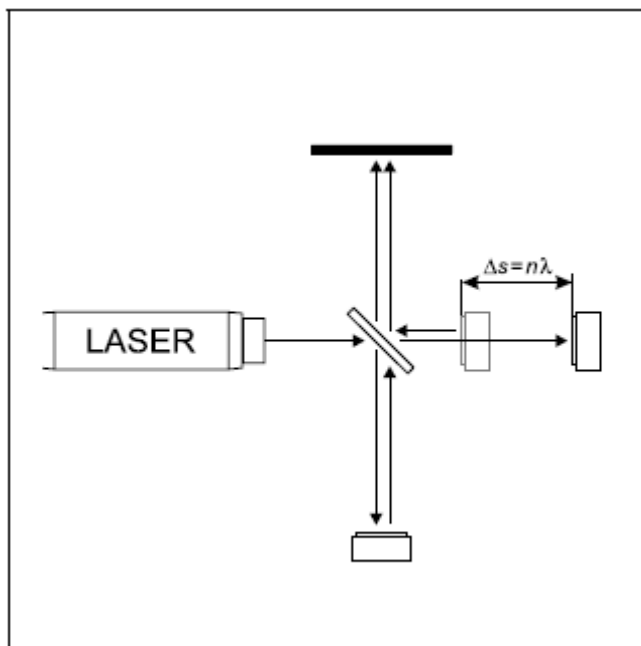


Fig. 1 Schița unui dispozitiv interferometric de tip Michelson

lumină se propagă pe drumuri diferite, sunt reflectate unul către celălalt, apoi sunt dirijate către detector, unde se recombina și se suprapun (vezi figura 1). Rezultatul este o figură de interferență.

Dacă drumul optic al unuia dintre aceste două fascicule parțiale, adică produsul dintre indicele de refracție al mediului și drumul său geometric, se modifică, atunci se produce o diferență de fază față de fasciculul neperturbat. Aceasta conduce la o modificare a figurii de interferență, care ne permite să măsurăm sau variația drumului geometric, sau a indicelui de refracție, atunci când una dintre cele două mărimi rămâne constantă.

Astfel, dacă indicele de refracție al mediului parcurs de fasciculul perturbat nu se modifică, atunci se poate măsura variația drumului său geometric. Acest tip de variații se pot obține prin deplasarea controlată a uneia dintre oglinzile interferometrului, sau datorită căldurii ori efectelor de câmp electric sau magnetic. Pe de altă parte, dacă drumul geometric rămâne constant, putem determina variații ale indicelui de refracție și mărimi care le determină, cum ar fi variații ale presiunii, temperaturii sau densității.

Pentru a măsura lungimea de undă a radiației laser, una dintre cele două oglinzi plane este deplasată pe o distanță precis măsurabilă, folosind un mecanism de reglare fină a poziției. Aceasta modifică în mod controlat lungimea drumului optic al fasciculului parțial respectiv. În timpul deplasării, franjele de interferență observate pe ecranul translucid se

deplasează. Se măsoară fie numărul de maxime, fie numărul de minime care trec prin dreptul unui reper fix pe ecranul de observare, în timpul deplasării oglinzii plane.

3. Dispozitivul experimental

Dispozitivul experimental este prezentat în figura 2. Componentele acestuia sunt următoarele:

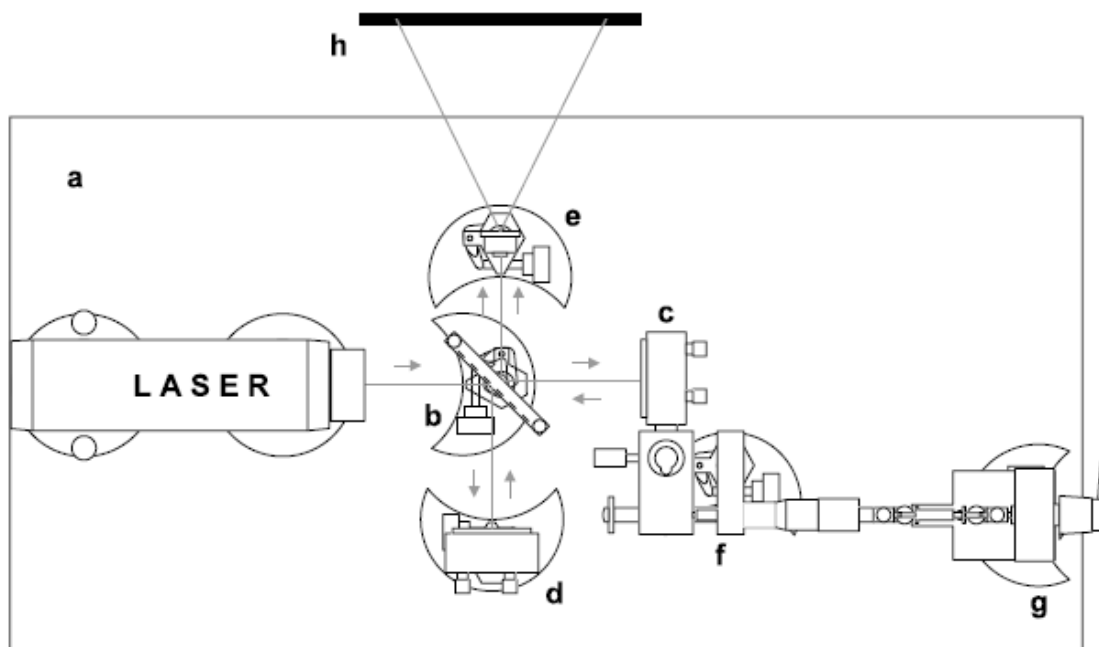


Fig. 2 Reprezentarea schematică a dispozitivului interferometric pentru măsurarea lungimii de undă a radiației laser

1. Laserul cu He-Ne, liniar polarizat, montat pe un suport stabilizat
2. Placa de bază (a), plasată pe o pernă de aer
3. Divizorul de fascicul (b)
4. Oglinzile plane, prevăzute cu mecanisme de reglare fină a poziției (c, d)
5. Lentila sferică (e)
6. Mecanismul de reglare fină a poziției (f)
7. Reductorul mecanismului de reglare fină (g)
8. Ecranul translucid pentru observarea directă a figurii de interferență (h)

Notă

Laserul cu He-Ne este proiectat și realizat pentru lucrul în laboratoarele didactice, conform normelor de siguranță europene. În condițiile în care sunt respectate instrucțiunile de protecția muncii prezentate în anexa A, lucrul cu laserul nu este periculos.

- Nu priviți niciodată direct în fasciculul laser emis sau reflectat.
- Lucrați cu filtrul neutru destinat reducerii intensității luminii laser; filtrul va fi înlăturat doar pe perioade scurte de timp, în caz de necesitate.

4. Modul de lucru

Desfășurarea acestui experiment are loc în două etape. În prima etapă se assemblează și se aliniaza dispozitivul interferometric Michelson. În etapa finală se efectuează măsurătorile destinate determinării lungimii de undă a radiației folosite.

I) Asamblarea și alinierea interferometrului Michelson

Componentele optice ale interferometrului vor fi montate, plasate și alinate în ordinea prezentării lor în acest material.

Notă

- Componentele optice cu suprafețe active deteriorate sau murdare pot produce perturbații ale figurii de interferență. Operațiile de curățare vor fi făcute doar de către personalul laboratorului, în conformitate cu instrucțiunile producătorului.
- Mânuiți cu grijă oglinzile plane, divizorul de fascicul și lentila sferică, evitând să atingeți suprafețele active ale acestora. La sfârșitul experimentului, acestea trebuie acoperite pentru a evita depunerea prafului și a altor impurități pe suprafețele active.

1. Placa de bază și laserul

- Plasați placa de bază **(a)** pe perna de aer, în poziție orizontală, pe o masă de laborator.
- Montați laserul în suportul său și plasați-l în capătul din stânga al plăcii de bază.
- Conectați laserul la sursa de tensiune și porniți-l.
- Slăbiți cele trei piulițe de blocare ale șuruburilor de reglare de pe suportul laserului.
- Folosind șuruburile de reglare, ajustați înălțimea și înclinarea laserului astfel încât fasciculul să se propage în direcția orizontală, cam la 75mm deasupra plăcii de bază (astfel există un joc suficient pentru reglaje ulterioare). Măsurați cu o riglă înălțimea fasciculului pentru a verifica dacă este orizontal.
- Strângeți piulițele de blocare.

2. Divizorul de fascicul (beamsplitterul)

Fasciculele parțial reflectat și cel parțial transmis trebuie să aibă intensități aproximativ egale. Asigurați-vă că fasciculul laser este incident aproximativ în centrul divizorului de fascicul.

- Mai întâi asigurați-vă că divizorul de fascicul **(b)** reflectă raza laser în direcția orizontală. Pentru a face acest lucru, plasați divizorul de fascicul cu suportul pe direcția de propagare a fasciculului, la capătul opus al plăcii de bază, în raport cu poziția laserului. Faceți ca fasciculul reflectat de divizor să ajungă într-un punct situat în imediata vecinătate a aperturii de emisie a laserului.
- Corectați înclinarea divizorului de fascicul și, în consecință, drumul fasciculului reflectat, după necesități, folosind cele două șuruburi de reglare situate pe tijă.
- În sfârșit, plasați divizorul de fascicul în calea fasciculului laser, la un unghi de 45° , așa cum se arată în figura 2. Depunerea semi-transparentă a divizorului de fascicul trebuie să fie orientată înspre laser.

3. Oglinzile plane

Notă

- Este mai ușor să se realizeze alinierea oglinzilor într-o cameră întunecată.

- Reflexiile multiple ale fasciculelor principale produc așa-numitele fascicule parțiale parazite, de mică intensitate. Acestea sunt ecranate de suportul lentilei și pot fi ignorate în timpul reglajelor.
 - Calitatea fascicului laser este afectată atunci când fasciculele parțial reflectate de divizor sunt orientate exact în direcția aperturii de emisie a fascicului laser.
- Montați oglinda **(c)** lateral în mecanismul de reglare fină a poziției **(f)** și apoi montați mecanismul e un suport.
 - Aliniați suportul ca în figura 2, astfel încât componentele să se afle într-o poziție stabilă.
 - Plasați oglinda plană **(c)** și mecanismul de reglare fină a poziției **(f)** pe placa de bază **(a)**, astfel încât fascicul laser parțial să fie incident în centrul oglinzii. Asigurați-vă că oglinda este orientată perpendicular pe direcția de propagare a fascicului luminos, astfel încât acesta să fie întotdeauna reflectat în același punct, atunci când oglinda este deplasată.
 - Rotind suportul oglinzii **(c)** pe placa de bază și manevrând șuruburile de reglare de pe spatele suportului, aliniați oglinda astfel încât raza să se reflecte practic după direcția incidentă. Aceasta înseamnă că, după transmisia sa de către beamsplitter, fascicul reflectat de oglinda plană **(c)** trebuie să se regăsească într-un punct situat puțin deasupra aperturii de emisie a laserului.
 - Plasați stativul reductorului astfel încât suportul său să fie situat exact în spatele mecanismului de reglare fină a poziției, ca în figura 2.
 - Atașați reductorul **(g)** al mecanismului de reglare fină la stand pentru reductor, folosind dispozitivul magnetic.
 - Prindeți cu grijă cuplajul cardanic dublu de legătură de capul șurubului micrometric al mecanismului de reglare fină **(f)**.
 - Mișcați suportul reductorului **(g)** și reglați înălțimea stativului său, astfel încât tija de cuplaj să nu fie nici complet întinsă, nici complet relaxată. În caz contrar, măsurătoare ar putea fi ulterior afectată de o eroare datorată deplasării mecanismului de reglare fină.
 - Segmentele individuale ale cuplajului universal, dublu trebuie să facă unghiuri cât mai mici cu puțință (în orice caz, nu mai mari de 45°)
 - Verificați alinierea oglinzii plane **(c)** și faceți reajustările necesare.
 - Montați ecranul translucid **(h)** în suportul său și plasați-l în afara plăcii de bază a dispozitivului interferometric, ca în figura 2, astfel încât fascicul laser să fie incident în centrul său.
 - Plasați oglinda plană **(d)** pe direcția fascicului parțial reflectat de divizorul de fascicul **(b)**, ca în figură. Poziționați-o cam la aceeași distanță față de divizorul de fascicul ca și oglinda **(c)**.
 - Rotind suportul său pe placa de bază și manevrând șuruburile de reglare de pe spatele suportului, aliniați oglinda **(d)** astfel încât raza să se reflecte practic după direcția incidentă și să se recombine cu primul fascicul parțial, după transmisia prin divizorul de fascicul.
 - Reglați pozițiile oglinzilor plane **(c)** și **(d)** folosind șuruburile de reglaj, astfel încât cel mai intens fascicul aparținând celor două grupuri de reflexii să coincidă perfect pe ecran.

4. Lentila sferică

- Plasați lentila sferică (**e**), aflată în suportul său, pe placa de bază, între divizorul de fascicul și ecranul translucid, pentru a lărgi fasciculul (deschiderea mică a suportului lentilei trebuie să fie orientată către divizorul de fascicul).
- Reglați înălțimea și poziția laterală a lentilei sferice astfel încât cele două fascicule laser parțiale să o străbată axial.

Reglaje fine

Dacă după ce ați parcurs etapele anterioare, nu puteți observa pe ecranul translucid o figură de interferență alcătuită din franje luminoase și întunecate, liniare, atunci încercați să modificați drumul fasciculelor de lumină, prin schimbarea cu puțin a poziției divizorului de fascicul sau a oglinzilor plane. Aliniați din nou lentila sferică, după cum e necesar.

Cu cât drumul împreună al fasciculelor parțiale, recombinate este mai lung între divizor și ecran, cu atât interfranja este mai mare. Verificați aceasta modificând cu puțin alinierea divizorului de fascicul sau a oglinzilor plane.

Dacă nici după efectuarea reglajelor fine nu se poate observa pe ecran figura de interferență, atunci reluați întregul proces de asamblare și aliniere de la început.

Atenție! Figura de interferență este mult mai strălucitoare și deci mai ușor de observat, dacă se înlătură filtrul neutru, iar laserul operează la puterea de 1mW. Deoarece aceasta poate schimba puțin drumul razelor de lumină, ar putea fi necesară o nouă reglare a acestora sau a poziției lentilei sferice, pentru a obține o aliniere bună.

II) Măsurători destinate determinării lungimii de undă a radiației utilizate

În timpul măsurătorilor:

- Evitați aplicarea de șocuri mecanice plăcii de bază a dispozitivului experimental.
- Evitați acțiunea curenților de aer asupra componentelor dispozitivului.
- Marcați pe ecranul translucid (**h**) poziția unui maxim de interferență. Acest semn va fi reperul față de care se vor număra maximele care se deplasează până la finalul măsurătorii.
- Rotiți maneta reductorului încet și uniform, plasând de exemplu un deget pe aceasta până când franjele de interferență încep să se deplaseze (s-ar putea să fie necesare câteva rotații până când să se întâmple acest lucru).
- Din acest moment efectuați încă cel puțin o rotație completă a reductorului.
- Continuați să rotiți maneta reductorului, contorizând numărul de franje Z care trec prin dreptul reperului, în timpul unui număr N de rotații complete ale reductorului.

Notă

Dacă mișcarea oglinzii plane și, în consecință, a figurii de interferență nu este lină, este necesară lubrifierea mecanismului de ajustare fină a poziției (operația se efectuează de către laborant).

- Datele experimentale se trec într-un tabel care conține numărul de maxime contorizate ca funcție de numărul de rotații complete ale reductorului, de forma:

N	Z
1	
2	

5. Prelucrarea datelor experimentale

Numărul N de rotații complete ale reductorului, deplasarea totală Δs a oglinzii plane, lungimea de undă λ a radiației laser utilizate și numărul de maxime contorzate ale figurii de interferență sunt în următoarea relație de dependență:

$$Z \cdot \lambda = 2\Delta s, \quad (1)$$

unde $\Delta s = 5\mu\text{m} \cdot N$. Factorul 2 apare în ecuația (1), deoarece drumul geometric al razelor de lumină se schimbă cu Δs atât pentru raza incidentă cât și pentru raza reflectată, la o deplasare cu Δs a oglinzii. Așadar, lungimea de undă se poate determina folosind relația

$$\lambda = 2 \cdot \frac{\Delta s}{Z}. \quad (2)$$

Rezultatele experimentale se trec într-un tabel de forma

$\Delta s (\mu\text{m})$	$\lambda (\text{nm})$