

INELELE LUI NEWTON

1. Scopul lucrării

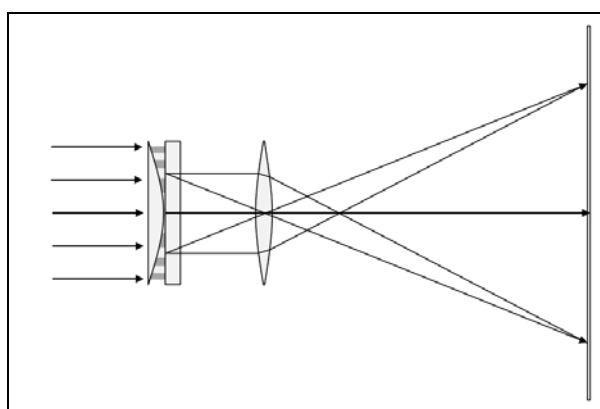
- Evidențierea fenomenului de interferență prin obținerea de franje localizate de egală grosime între o placă de sticlă plan-paralela și o lentilă plan-convexă;
- Determinarea razei de curbură a suprafeței convexe a lentilei plan-convexe prin măsurarea diametrelor inelelor lui Newton formate prin iluminarea cu lumina galbenă din spectrul sodiului
- Stabilirea dependenței diametrelor inelelor lui Newton de lungimea de undă a radiației monocromatice selectate din lumina produsă de o lampă cu vapori de mercur.

2. Teoria lucrării

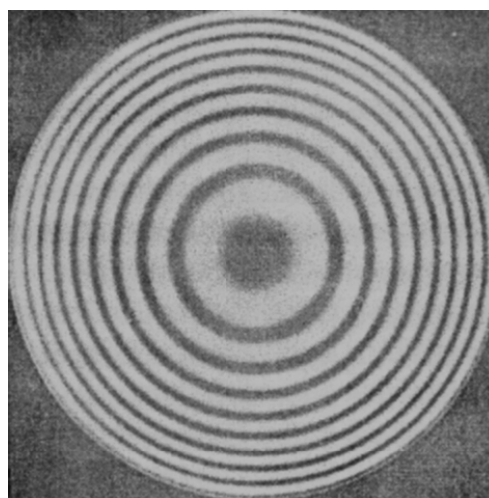
Inelele lui Newton sunt franje circulare concentrice, alternativ luminoase și întunecoase, obținute ca rezultat al fenomenului de interferență (figura 1b).

Pentru obținerea inelelor lui Newton se pun în contact suprafața curbată a unei lentile plan-convexe și suprafața plană a unei plăci plan-paralele. Astfel, între cele două suprafețe se formează o pană de aer. Prin iluminarea acestui sistem optic cu un fascicul paralel de lumină se formează un sistem de inele de interferență concentrice în jurul punctului de contact dintre cele două suprafețe. Aceste inele de interferență pot fi observate atât în lumină reflectată cât și în lumină transmisă. Distanțele dintre inelele de interferență nu sunt egale: inelele centrale sunt mai depărtate iar cele exterioare sunt mai apropiate.

În figura 2a, o undă luminoasă L propagându-se dinspre stânga este incidentă pe o pană de aer de grosime d formată între două plăci de sticlă. Unda parțială T_1 este reflectată la suprafața stângă de separație dintre placa de sticlă și pana de aer.



(a)



(b)

Fig. 1

(a) Schema de principiu a dispozitivului experimental necesar studiului inelelor lui Newton prin transmisie.

(b) Inelele lui Newton obținute prin reflexie

Unda parțială T_2 trece prin pana de aer. Reflexia undei parțiale T_3 la suprafața de separație din dreapta se produce cu un salt de fază de π rad datorită reflexiei pe un mediu cu un indice de refracție mai mare. Unda parțială T_4 este mai întâi reflectată pe suprafața de separație din dreapta și apoi pe cea din stânga iar faza sa se modifică de fiecare dată. Unde parțiale suplimentare, notate aici cu T_5 , sunt produse prin reflexie multiplă în pana de aer, cu saltul de fază corespunzător.

Acum putem observa interferența undelor parțiale T_1, T_3 ș.a.m.d în reflexie și a undelor T_2, T_4 ș.a.m.d în lumină transmisă. Diferența de drum Δ dintre T_2 și T_4 este

$$\Delta = 2d + 2\frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Condiția de interferență constructivă este

$\Delta = n\lambda$ unde $n = 1, 2, 3, \dots$ etc este îndeplinită atunci când

$$d = (n-1)\frac{\lambda}{2}. \quad (2)$$

În cazul în care cele două plăci se ating, i.e. $d = 0$, apare interferența constructivă în direcția de propagare indiferent de lungimea de undă a luminii incidente. În reflexie însă, punctul de contact dintre plăci reprezintă un minim de interferență datorită saltului de fază a undei parțiale T_3 .

Pentru o distanță între plăci diferită de zero, interferența depinde de grosimea stratului de aer dintre plăci și de lungimea de undă a luminii. Pentru lumina transmisă prin pana de aer formată între placa plan-paralelă și lentila plan-convexă, distanța d depinde de distanța r de la punctul de contact placa-lentilă și de raza de curbura R a lentilei convexe. Figura 2b ilustrează relația:

$$R^2 = r^2 + (R-d)^2 \quad (3)$$

de unde, pentru grosimi d mici, rezultă relația

$$d = \frac{r^2}{2R} \quad (4)$$

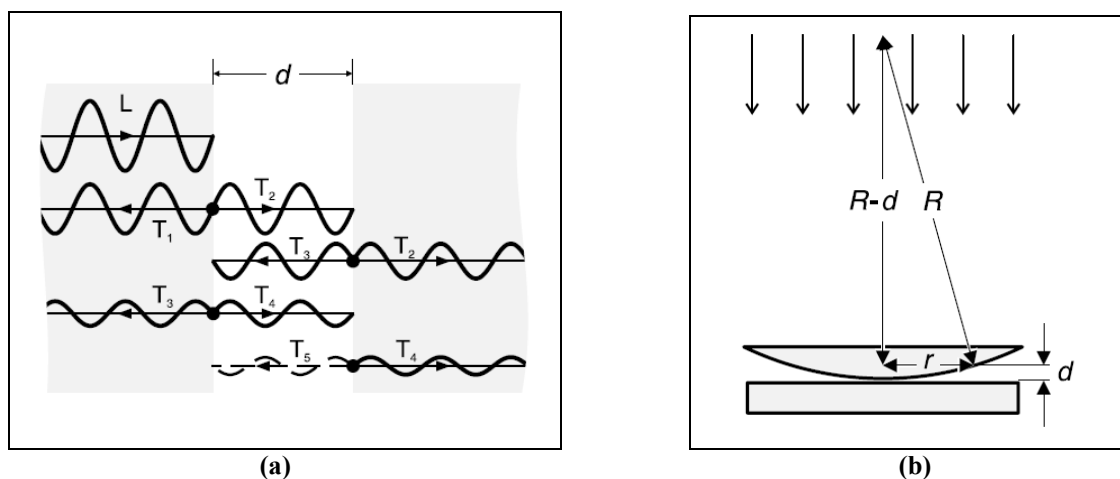


Fig. 2

- (a)** Reprezentarea schematică a interferenței într-o pană de aer;
- (b)** reprezentarea schematică a penei de aer dintre placa plan-paralele și lentila plan-convexă

Așadar, razele inelelor luminoase (de interferență constructivă) pot fi calculate cu relația:

$$r_n^2 = (n-1)R\lambda \text{ unde } n = 1,2,3... \text{ etc.} \quad (5)$$

Deoarece lentila este ușor comprimată în punctul de contact datorită presiunii de contact, ecuația (4) trebuie modificată. O aproximație mai bună a acestei relații este

$$d = \frac{r^2}{2R} - d_0 \text{ pentru } r \geq \sqrt{2Rd_0} \quad (6)$$

iar razele r_n a inelelor luminoase sunt date de relația

$$r_n^2 = (n-1)R\lambda + 2Rd_0, \text{ unde } n = 2,3,4... \text{ etc.} \quad (7)$$

3. Instalația experimentală

Notă: Zona de lucru trebuie să fie cât mai întunecată posibil.

- Montați elementele optice componente pe bancul optic în pozițiile indicate în figura 3.
- Ajustați cu ajutorul șuruburilor poziția punctului de contact placă-lentilă astfel încât acesta să se afle în centrul scalei gradate (sistemul de inele se deplasează către șurubul mai strâns)
- Plasați ecranul translucid la o distanță de 1-2 m.
- Poziționați suportul pentru ”plăcile pentru inelele lui Newton” (d) astfel încât șuruburile de ajustare să se gasească spre ecranul translucid. Apropiati cât de mult posibil acest suport de lentila (c).
- Plasați lampa cu vapori de sodium în suportul (a) și porniți sursa. Așteptați câteva minute pentru faza de încălzire.
- Variați poziția lentilei (e) sau a ecranului translucid până când imaginea clară a inelelor lui Newton apare pe ecran și de asemenea scala gradată se poate observa ușor. În acest moment puteți reajusta cu ajutorul șuruburilor plăcile Newton astfel încât inelele interioare sunt strălucitoare.

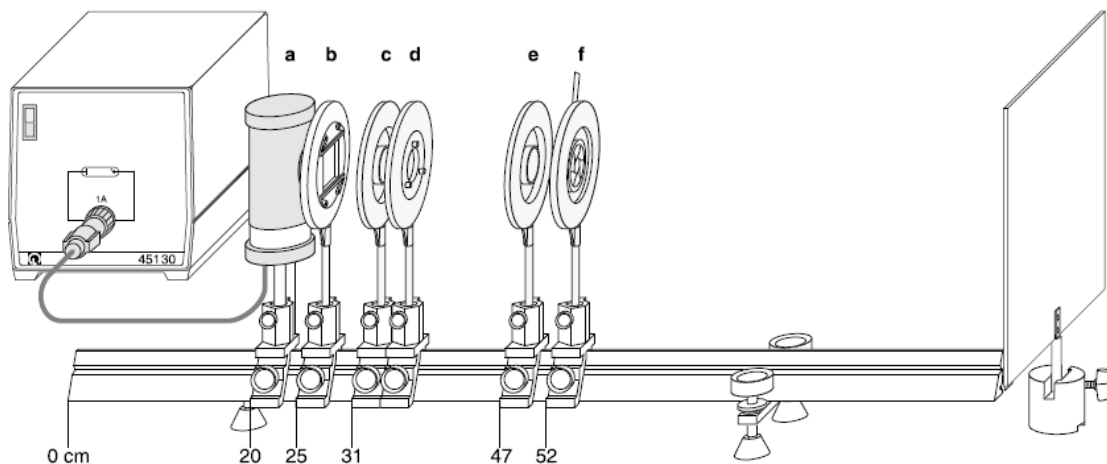


Fig. 3. Instalația experimentală

(a) lampa cu Na (sau Hg), (b) suport pentru scala gradată, (c) lentila, $f = 100$ mm, (d) plăci pentru inelele lui Newton, (e) lentila, $f = 100$ mm, (f) diafragma. Poziția elementelor optice pe bancul optic este exprimată în cm. Distanțele se referă la marginea stângă a suportilor.

4. Modul de lucru

Notă: Din acest moment nu mai modificați poziția plăcilor Newton și, în special, evitați atingerea șuruburilor de ajustare.

a) Măsurători cu lampa cu vapori de sodiu

- Optimizați contrastul franjelor prin ajustarea diafragmei (f).
- Măsurați și notați coordonatele ale punctelor de intersecție la stânga (r_S) și la dreapta (r_D) ale inelelor luminoase cu scala gradată.

b) Măsurători cu lampa cu vapori de mercur

Atentie! Așteptați suficient astfel încât lampa să se răcească înainte de a o schimba

- Înlocuiți lampa cu Na cu cea cu Hg.
- Plasați lampa cu vapori de mercur în suport și porniți sursa. Așteptați câteva minute pentru faza de încălzire.
- Observați inelele lui Newton colorate.
- Plasați filtrul galben . Optimizați contrastul franjelor prin ajustarea diafragmei (f)
- Măsurați și notați coordonatele ale punctelor de intersecție la stânga (r_S) și la dreapta (r_D) ale inelelor luminoase cu scala gradată.
- Repetați măsurătorile cu filtrele verzi și albastre.

5. Modul de prelucrare a datelor

Tabelele ce pot fi utilizate pentru notarea datelor experimentale sunt date mai jos.

Tabelul 1

Intersecțiile la stânga și la dreapta ale inelelor lui Newton de diverse ordine cu scala gradată la utilizarea lămpii cu Na

n	r_S (mm)	r_D (mm)	r_n (mm)
2 ÷ 12			

Tabelul 2

Intersecțiile la stânga și la dreapta ale inelelor lui Newton de diverse ordine cu scala gradată la utilizarea lămpii cu Hg

n	Filtrul galben		Filtrul verde		Filtrul albasru	
	r_S (mm)	r_D (mm)	r_S (mm)	r_D (mm)	r_S (mm)	r_D (mm)
2 ÷ 9						

a) Măsurători cu lampa cu vapori de sodiu (Na)

Cu datele din tabelul 1 se calculează raza medie a fiecărui inel Newton:

$$r_n = (r_S + r_D) / 2$$

Se trasează graficul ce exprimă dependența $r_n^2 = f(n-1)$, unde n este ordinul de interferență. Dependența fiind liniară, se calculează panta acestei drepte și punctul de intersecție al graficului cu ordonata (originea abscisei este în punctul $(n-1)=0$).

Cunoscând lungimea de undă a liniei spectrale utilizate în lucrare (Na-D: $\lambda = 589 \text{ nm}$) se utilizează relația (7) pentru a calcula raza de curbură a lentilei R și aplatizarea d_0 a lentilei în punctul de contact cu lama plan-paralelă.

b) Măsurători cu lampa cu vapori de mercur (Hg)

Utilizând datele din tabelul 2 se trasează graficul ce exprimă dependența liniară a funcției r_n^2 de $(n-1)$ pentru fiecare din cele trei linii spectrale ale Hg selectate cu ajutorul filtrelor.

Se calculează panta fiecărei drepte și se determină apoi, conform relație (7), lungimea de undă a luminii utilizate în fiecare caz.