

INELELE LUI NEWTON

1. Scopul lucrării

- Evidențierea fenomenului de interferență prin obținerea de franje localizate de egală grosime între o placă de sticlă plan-paralelă 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 selectată din lumina produsă de o lampă cu vapori de mercur.

2. Teoria lucrării

Inelele lui Newton sunt franje circulare concentrice, alternativ luminoase și întunecate, obținute ca rezultat al fenomenului de interferență.

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 pernă 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 lumina reflectată cât și în lumina transmisă. Distanțele dintre inelele de interferență nu sunt egale: inelele centrale sunt mai depărtate una de alta decât cele exterioare sunt mai apropiate.

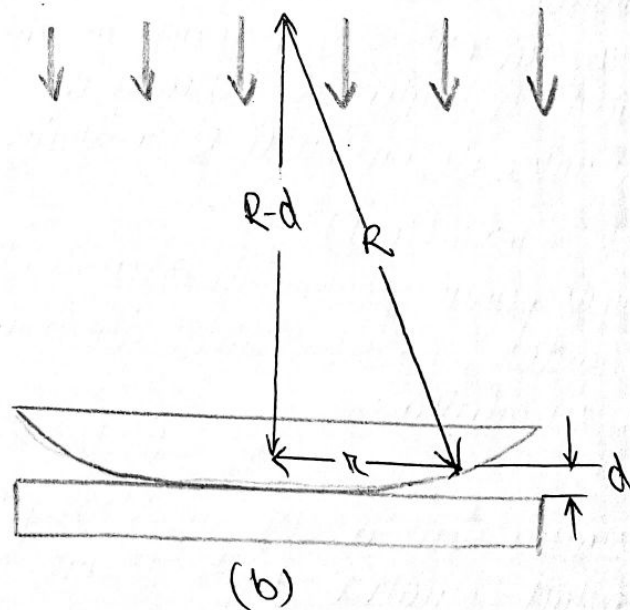
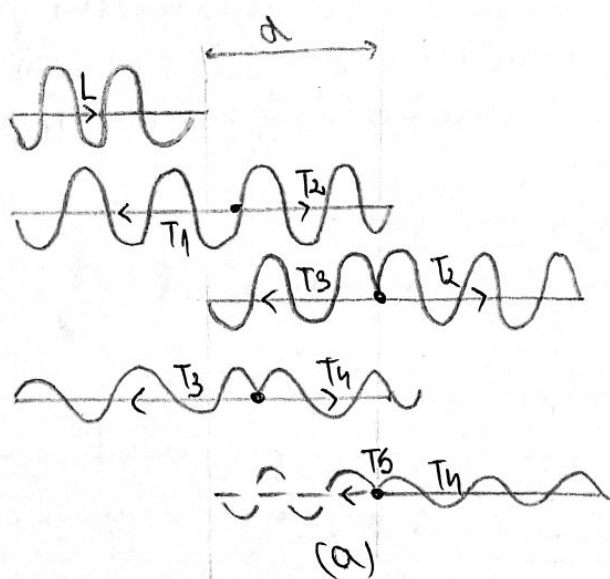


Fig. 2

(a) Reprezentarea schematică a interferenței într-o pernă de aer

(b) Reprezentarea schematică a penei de aer dintre placa plan-paralelă și lentila plan-convexă.

În figura 2a, o undă luminoasă L propagându-se din stânga este incidentă pe o pară 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 pară de aer.

Unda parțială T_2 trece prin pară 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 însă întâi reflectată pe suprafața de separație din dreapta și apoi pe cea din stânga sau faza sa se modifică de fiecare dată. Unde parțiale suplimentare, notate aici cu T_5 , sunt produse prin reflexii multiple în pară de aer, cu saltul de fază corespunzător.

Se observă 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

$$\Delta = 2d + 2 \frac{\lambda}{2}$$

Condiția de interferență constructivă este:

$$\Delta = m\lambda, \text{ unde } m = 1, 2, 3, \dots \text{ etc este îndeplinită atunci când } d = (m-1) \frac{\lambda}{2}$$

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 unda transmisă prin pară de aer formată între placa plan-paralelă și lentila plan-convexă, distanța d depinde de distanța r de la punctul de contact lentilă-placă și de raza de curbura R a lentilei convexe. Figura 2b ilustrează relația:

$$R^2 = r^2 + (r-d)^2$$

de unde pentru grosimi d mici, rezultă relația $d = \frac{r^2}{2R}$.
Aadar, razele imobile luminoase (de interferență constructivă) pot fi calculate cu relația:

$$r_m^2 = (m-1) R \lambda \text{ unde } m = 1, 2, 3, \dots$$

Deoarece lentila este ușor compresată în punctul de contact datorită presiunii de contact, ecuația $d = \frac{r^2}{2R}$ trebuie modificată. O aproximație mai bună a acestei relații este $d = \frac{r^2}{2R} - d_0$, pentru $r \gg \sqrt{2Rd_0}$ unde razele r_m ale imobilei luminoase sunt date de relația:

$$r_m^2 = (m-1) R \lambda + 2Rd_0, \text{ unde } m = 2, 3, 4 \text{ etc.}$$

3. Instalatiya experimentală

Elementele componente ale instalației experimentale sunt: lampa cu Na (sau Hg), suportul pentru scala gradată, lentilele cu $f = 100 \text{ mm}$, plăcile pentru inelele lui Newton și diafragma.

4. Modul de lucru

a) Măsurători cu lampa cu vapori de sodiu

- Optimizați contrastul franjelor prin ajustarea diafragmei
- Măsurati și notați coordonatele punctului de intersecție la stânga (x_s) și la

dreapta (x_d) ale inelelor luminoase cu scala gradată.

b) Măsurători cu lampa cu vapori de mercur.

- Plasați lampa cu vapori de mercur în suport și porniți sursa. Așteptați

căteva minute pentru faza de încălzire.

- Observați inelele lui Newton colorate

- Plasați filtrul galben. Optimizați contrastul franjelor prin ajustarea diafragmei

- Măsurati și notați coordonatele punctelor de intersecție la stânga (x_s) și la

dreapta (x_d) ale inelelor luminoase cu scala gradată.

- Repetați măsurătorile cu filtrele roșii și albastre.

5.

Inelul luminesc	$x_m(\text{mm}) - 3$ Na
2.	5,2
3.	6,4
4.	8,3
5.	9,3
6.	9,8
7.	11,1
8.	11,8
9.	12,3
10.	13,3

1. Na: linia galbenă

$$r_m^2 = R\lambda(m-1) + 2Rd_0, m=2,3,\dots$$

$$r_m^2 = \lambda(m-1); \lambda = 589 \text{ nm}, R = ?, d_0 = ?$$

Inelul luminesc	$x_m(\text{mm}) - 3$ Hg
2.	4,9
3.	6,3
4.	8,1
5.	8,4
6.	9,5
7.	10,5
8.	11,3
9.	11,8
10.	12,9

2. Hg: linia verde

$$r_m^2 = R\lambda(m-1) + 2Rd_0, m=2,3,\dots$$

$$r_m^2 = \lambda(m-1), R; \lambda = ?$$

Na

1) • $m-1=2 \Rightarrow m_1=3$ și $\pi_{m_1}^2 = (6,4)^2 = 40,96 \text{ mm}^2$

• $m-1=5 \Rightarrow m_2=6$ și $\pi_{m_2}^2 = (9,8)^2 = 96,04 \text{ mm}^2$

$$m = \frac{(\pi_{m_2})^2 - (\pi_{m_1})^2}{m_2 - m_1} = \frac{96,04 - 40,96}{6 - 3} = \frac{55,08}{3} = 18,36 \text{ mm}^2 = R\lambda \text{ mm}^2$$

$$\pi_{m_1}^2 = R\lambda(m_1 - 1) + 2Rd_0$$

$$\pi_{m_2}^2 = R\lambda(m_2 - 1) + 2Rd_0 \quad (-)$$

$$(\pi_{m_2})^2 - (\pi_{m_1})^2 = R\lambda(m_2 - 1) - R\lambda(m_1 - 1) = R\lambda(m_2 - 1 - m_1 + 1) = R\lambda(m_2 - m_1)$$

$$\Rightarrow \frac{(\pi_{m_2})^2 - (\pi_{m_1})^2}{m_2 - m_1} = R\lambda \Rightarrow R\lambda = m$$

$$R\lambda = m \Leftrightarrow R \cdot 589 \text{ nm} = 18,36 \text{ mm}^2 \Leftrightarrow R = \frac{18,36 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}{589 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{R = \frac{18,36 \text{ m}}{589 \cdot 10^{-3}} = \frac{18,36 \cdot 10^3}{589} \text{ m} = \frac{18360}{589} \text{ m} = 31,14 \text{ m}}$$

$$\pi_m^2 = R\lambda(m-1) + 2Rd_0 \Rightarrow d_0 = \frac{\pi_m^2 - R\lambda(m-1)}{2R}$$

Pentru $m-1=2 \Rightarrow m=3$ și $(\pi_m)^2 = (6,4)^2 = 40,96 \text{ mm}^2$

$$\Rightarrow d_0 = \frac{40,96 \cdot 10^{-6} - 31,14 \cdot 589 \cdot 10^{-9} \cdot 2}{2 \cdot 31,14} = \frac{10^{-6} (40,96 - 31,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 589)}{2 \cdot 31,14}$$

$$= \frac{10^{-6} (40,96 - 62,34 \cdot 10^{-3} \cdot 589)}{62,34} = \frac{10^{-6} \cdot (40,96 - 36,41)}{62,34} = \frac{4,25 \cdot 10^{-6}}{62,34}$$

$$= 0,068 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Hg

2) • $m-1=4 \Rightarrow m_1=5$ și $(\pi_{m_1})^2 = (8,4)^2 = 70,56 \text{ mm}^2$

• $m-1=6 \Rightarrow m_2=7$ și $(\pi_{m_2})^2 = (10,5)^2 = 110,25 \text{ mm}^2$

$$m = \frac{(\pi_{m_2})^2 - (\pi_{m_1})^2}{m_2 - m_1} = \frac{110,25 - 70,56}{7 - 5} = \frac{39,69}{2} = 19,845 \text{ mm}^2 = R\lambda \text{ mm}^2$$

$$m = R\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{m}{R}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{19,845 \text{ mm}^2}{31,14 \text{ m}} = \frac{19,845 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}{31,14 \text{ m}} = 0,637 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$R = 31,17 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \lambda = 637 \cdot 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda = 637 \text{ nm}}$$

