

Precizări:

1. În scopul înțelegerii cât mai bune a acestei lecții, vă rog să recapitulați formulele esențiale din următoarele teme:
 - Optica ondulatorie – generalități;
 - Interferența și difracția luminii;
2. În această lecție vom prezenta modele de rezolvare pentru probleme specifice;
3. Problemele model vor avea mai multe cerințe, pentru a putea acoperi o arie de variante cât mai mare;
4. În manualul școlar aveți alte rezolvări precum și probleme propuse spre rezolvare;
5. Pentru studiu individual (AI), folosiți cât mai mult manualul școlar.

LECȚIE DE REZOLVARE DE PROBLEME / Cap. Optica ondulatorie

Problema 1. Interferența luminii. Dispozitivul lui Young - Rezolvare model

Un dispozitiv Young se află în aer, având următoarele caracteristici:

- Distanța dintre fantele dreptunghiulare înguste de 5mm
- Distanța între paravan și ecran de 2m
- Dispozitivul lucrează inițial cu lumină roșie cu lungimea de undă de 650nm.

Se cer:

- a. desen;
- b. pozițiile franjelor de maxim de pe ecran pt. lumina roșie;
- c. interfranja pt. lumina roșie;
- d. unghiul (raportat la axul dispozitivului) sub care se vede din centrul paravanului maximul de ordinul 3;
- e. cum se modifică interfranja dacă dispozitivul se folosește în apă?
- f. cum se schimbă interfranja dacă se folosește lumină cu lungimea de undă de 450nm?

Rezolvare

În pasul 1 vom sintetiza datele și cerințele problemei.

Se dau:

$$2l = 5\text{mm} = 5 \cdot 10^{-3}\text{m}; D = 2\text{m}; n = 1(\text{aer}); \lambda = 650\text{nm} = 650 \cdot 10^{-9}\text{m}$$

Obs. Trebuie acordată o atenție foarte mare transformărilor în SI.

În pasul 2 stabilim contextul fizic la care ne referim. Aici – studiul interferenței la Dispozitivul Young. Vom aplica legile și formulele aferente.

Luăm cerințele pas-cu-pas.

a. desen – cf. caiet, cf. manual (vezi aceste resurse).

b. pozițiile franjelor de maxim

Aplicăm formulele din teoria aferentă:

$$y(k) = k \frac{D}{2l} \lambda$$

$$y(k) = k \frac{2}{5 \cdot 10^{-3}} 650 \cdot 10^{-9} = k \cdot 260 \cdot 10^{-6}\text{m} = k \cdot 0.260\text{mm}$$

$$y(0) = 0, y(\pm 1) = \pm 0.26\text{mm}, y(\pm 2) = \pm 0.52\text{mm}, y(\pm 3) = \pm 0.78\text{mm}, \text{etc}$$

c. interfranja pt. lumina roșie

$$i = y(k+1) - y(k) = \frac{D}{2l} \lambda$$

$$i = 0.26\text{mm}$$

d. unghiul sub care se vede maximul de ordinul 3

Indicați pe desen, și:

$$\text{tg} \alpha = \frac{y(k)}{D} = \frac{y(3)}{D} = \frac{3i}{D} = \frac{3 \cdot 0.26\text{mm}}{2\text{m}} = 0.78 \cdot 10^{-3}, \alpha = \text{arctg}(0.78 \cdot 10^{-3}) = \dots$$

e. la schimbarea mediului de propagare

Se schimbă lungimea de undă a luminii roşii. Aceasta devine

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_{vid}}{n_2} = \frac{650nm}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4}\lambda$$

$$i_2 = \frac{D}{2l}\lambda_2 = \frac{3}{4}\frac{D}{2l}\lambda = \frac{3}{4}0.26mm = 0,195mm$$

f. la schimbarea culorii luminii

$$i_3 = \frac{D}{2l}\lambda_3 = \frac{2}{5*10^{-3}}450*10^{-9}m = 180*10^{-6}m = 0,18mm$$

Problema 2. Interferenţa luminii. Lama cu feţe plan-paralele (LFPP) - Rezolvare model

O peliculă subţire (considerată LFPP) este iradiată, pe direcţie perpendiculară pe suprafaţa peliculei, cu lumină monocromatică de culoare roşie cu lungimea de undă de 600nm. Pelicula are indicele de refracţie 1.65. Se cer:
a. grosimea peliculei astfel ca aceasta să producă un maxim de interferenţă de ordinul 2 pentru lumina reflectată;
b. care este relaţia dintre lungimile de undă şi ordinele maximelor pe care le poate produce aceeaşi peliculă în aceleaşi condiţii de iradiere?

Rezolvare

În pasul 1 vom sintetiza datele şi cerinţele problemei.

Se dau:

$$i = r = 0^0 (\text{incidenta normală}); n = 1.65;$$
$$\lambda = 600nm = 600*10^{-9}m = 6*10^{-7}m; k = 2$$

Obs. Trebuie acordată o atenţie foarte mare transformărilor în SI.

În pasul 2 stabilim contextul fizic la care ne referim. Aici – studiul interferenţei la LFPP. Vom aplica legile şi formulele aferente.

Luăm cerinţele pas-cu-pas.

a. Grosimea peliculei (d)

Se aplică condiţia de maxim de interferenţă la reflexie, în condiţiile date:

$$2dn + \frac{\lambda}{2} = k\lambda; 2dn + \frac{\lambda}{2} = 2\lambda; 2dn = \frac{3\lambda}{2}$$
$$d = \frac{3\lambda}{4n} = \frac{3*6*10^{-7}}{4*1.65} \approx 2.7272*10^{-7}m = 0.27272\mu m = 272.72nm$$

b. Relaţia ordin de maxim cu lungimea de undă

Se aplică condiţia de maxim la incidenţă vormală, pentru reflexie

$$2dn + \frac{\lambda}{2} = k\lambda; 2dn = k\lambda - \frac{\lambda}{2}(2k-1)\frac{\lambda}{2}; 2dn = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$$
$$\lambda(k) = \frac{4}{2k-1}dn, k \geq 1$$

Problema 3. Difracţia luminii prin reţeaua de difracţie (RD) - Rezolvare model

O reţea de difracţie se află în aer, având următoarele caracteristici:

- Numărul de fante (trăsături) este de 500
- Lăţimea reţelei este de 5mm
- Dispozitivul lucrează iniţial cu lumină roşie cu lungimea de undă de 650nm
- Lumina vine pe RD la incidenţă normală
- Imaginea se proiectează pe un ecran, paralel cu suprafaţa RD, aflat la distanţa de 1m de RD.

Se cer:

- desen;
- constanta reţelei
- poziţiile franjelor de maxime principale de pe ecran pt. lumina roşie;
- interfranja pt. lumina roşie;
- unghiul (raportat la axul dispozitivului) sub care se vede din centrul RD maximul de ordinul 2;
- dacă de RD se lipeşte o lentilă cu distanţa focală de +20cm şi ecranul se aduce în planul focal al lentilei, cum se schimbă coordonatele maximelor şi interfranja?

Rezolvare

În pasul 1 vom sintetiza datele şi cerinţele problemei.

Se dau:

$$N = 500; L = 5\text{mm} = 5 \cdot 10^{-3}\text{m}; D = 1\text{m}; n = 1(\text{aer}); \lambda = 650\text{nm} = 650 \cdot 10^{-9}\text{m}$$

$$i = \alpha = 0^0$$

Obs. Trebuie acordată o atenţie foarte mare transformărilor în SI.

În pasul 2 stabilim contextul fizic la care ne referim. Aici – studiul difracţiei + interferenţei la RD. Vom aplica legile şi formulele aferente.

Luăm cerinţele pas-cu-pas.

a. Desen – vezi cursul teoretic

b. Constanta RD

$$l \equiv d = \frac{L}{N} = \frac{5 \cdot 10^{-3}\text{m}}{500} = 10^{-5}\text{m}$$

c. poziţiile franjelor de maxime

$$\alpha = 0^0, y_M(k) = k \frac{D}{l} \lambda$$

$$y_{MR}(k) = k \frac{1}{10^{-5}} 650 \cdot 10^{-9} = k \cdot 0,065\text{m} = 65 \cdot k \text{ [mm]}$$

d. interfranja pentru roşu

$$i = y_{MR}(k+1) - y_{MR}(k); i = \frac{D}{l} \lambda$$

$$i_R = \frac{D}{l} \lambda_R = 65 \text{ [mm]}$$

e. unghiul sub care se văd maximele

Conform teoriei

$$\alpha = 0^0, \quad \sin \theta_M(k) = k \frac{\lambda}{l}$$

la unghiuri *f. mici* : $\sin \theta \approx \text{tg} \theta \approx \theta(\text{rad})$

$$\theta_M(k)(\text{rad}) = k \frac{\lambda}{l} = k * \frac{650 * 10^{-9}}{10^{-5}} = k * 0,065$$

$$\theta_M(2)(\text{rad}) = 0,130(\text{rad})$$

f. Noile poziții ale maximelor și noua interfranță

Conform teoriei

$$f = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$$

$$y_M(k) = f \text{tg} \theta_M(k)$$

$$\alpha = 0^0, \quad \sin \theta_M(k) = k \frac{\lambda}{l}$$

la unghiuri *f. mici* : $\sin \theta \approx \text{tg} \theta \approx \theta(\text{rad})$

$$y_M(k) = k \frac{f}{l} \lambda; \quad y_{MR}(k) = k * \frac{0,2}{10^{-5}} * 650 * 10^{-9} = k * 0,2 * 0,065 = k * 0,0130\text{m} = k * 13\text{mm}$$

$$i_R = 13\text{mm}$$

Cu respect,
Profu` de fizică