Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
18 Aprile 2024 – ore 08.30 - Aule G e H

tempo svolgimento 75 minuti

Per conseguire la piena valutazione di ciascuna prova è indispensabile indicare ordinatamente ed in modo esauriente tutti i passaggi necessari a ricavare le formule e calcolare le quantità richieste. Si considera superata la prova se si consegue una votazione almeno pari a 18/30. È obbligatorio rispondere ad almeno UN QUESITO TEORICO. In caso di svolgimento della prova sufficiente, ma non esaustivo, il docente si riserva la possibilità di effettuare un colloquio individuale per definire l'esito dell'esame.

Problema 1 *[voto 8/30]*
L'intensità della luce solare sulla superficie terrestre è $I_o = 1.4 \times 10^3$ W/m^2. Supponiamo di voler accendere un fuoco focalizzando la luce del sole con una lente sottile di diametro $D = 10$ cm, determinare:

1. il tempo necessario per accumulare nel fuoco della lente un'energia pari a $U = 100$ J;
2. la pressione di radiazione sul materiale posto nel fuoco delle lente assumendo che il fuoco sia un cerchio di diametro $d = 1$ mm e che la luce sia completamente assorbita.

Problema 2 *[voto 8/30]*
Un diottro sferico concavo di raggio $R = 35$ cm e indice di rifrazione $n_2 = 3.5$ è immerso in un liquido trasparente il cui indice di rifrazione è $n = 2.2$. Trovare la posizione dell'immagine di un piccolo oggetto posto sull'asse ottico a distanza $p = 50$ cm dal vertice V del diottro e il valore dell'ingrandimento trasversale I, precisando che tipo di immagine si ottiene (***virtuale o reale***) e se questa sia ***dritta o capovolta***. (non è richiesta la costruzione grafica dell'immagine)

Problema 3 *[voto 8/30]*
Consideriamo un sistema di due fenditure che distano d e uno schermo posto a distanza L dal piano delle fenditure ($d << L$). Illuminando il dispositivo con luce di lunghezza d'onda λ_1 e si osserva che la distanza fra i massimi di ordine $m = 9$ ed $m = 4$ è $\Delta x_a = 12$ mm. Successivamente, si ripete l'operazione immergendo il dispositivo in un mezzo di indice di rifrazione n, ma questa volta di usa luce di lunghezza d'onda $\lambda_2 = 0.75\ \lambda_1$, osservando che la distanza fra i massimi di ordine $m = 7$ ed $m = 3$ è $\Delta x_b = 5.3$ mm. Calcolare il valore dell'indice di rifrazione n del mezzo in cui è immerso il sistema.

Quesito 1 *[voto 2/30]*
Cosa è un reticolo di diffrazione e quali sono le sue proprietà? (argomentare la risposta)

Quesito 2 *[voto 2/30]*
Cosa è l'angolo di Brewster? (argomentare la risposta)

Quesito 3 *[voto 2/30]*
Supponiamo di una scatola chiusa che contenga un sistema ottico. Poiché non sappiamo cosa è incluso nella scatola è impossibile costruire GRAFICAMENTE l'immagine, come possiamo sapere se l'immagine generata dal sistema è reale o virtuale?

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Se $\boldsymbol{D}$ è il diametro della lente, la potenza trasmessa dalla lente può essere calcolata a partire dall'intensità incidente sulla superficie della lente $\boldsymbol{S_L}$:

$$\mathcal{P} = I_o S_L = I_o \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \mathbf{11\ W}$$

Da cui otteniamo il tempo necessario ad accumulare $\boldsymbol{U=100\ J}$:

$$\boldsymbol{t = \frac{U}{\mathcal{P}} = 9.1\ s}$$

Per calcolare la pressione di radiazione dobbiamo partire dalla potenza e ricordare che l'intensità varia, mentre la potenza emessa resta costante (in assenza di fenomeni dissipativi). Calcoliamo quindi l'intensità nel fuoco della lente, $\boldsymbol{I_f}$ a partire da quella che abbiamo sulla superficie della lente che è fornita dal problema:

$$\mathcal{P} = I_o S_L = I_f S_f \quad \Longrightarrow \quad I_f = \frac{I_o S_L}{S_f} = I_o \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = I_o \left(\frac{D}{d}\right)^2$$

E la pressione di radiazione (assorbimento totale) è:

$$\boldsymbol{P_{rad} = \frac{I_f}{c} = \frac{I_o}{c}\left(\frac{D}{d}\right)^2 = 4.7 \times 10^{-3}\ \frac{N}{m^2}}$$

Problema n.2

Sappiamo che per un diottro sferico vale la formula:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

da cui otteniamo (diottro concavo significa R<0):

$$\frac{2.2}{50} + \frac{3.5}{q} = -\frac{3.5 - 2.2}{35}$$

Da cui:

$$\boldsymbol{q = -43.13\ cm}$$

Essendo $\boldsymbol{q<0}$ possiamo già dire che l'immagine è ***virtuale***. L'ingrandimento sarà quindi:

$$I = \frac{n_1}{n_2}\frac{q}{p} = \frac{2.2}{3.5} * \frac{-43.13}{50} = \mathbf{-0.54}$$

Essendo l'ingrandimento minore di zero possiamo dire che l'immagine è ***dritta***. Riassumendo, abbiamo una immagine ***dritta, virtuale e rimpicciolita***.

Problema n.3

Quando lo schermo è molto lontano dalle fenditure e quando vale d<<L, la posizione del massimo di ordine ***m*** sullo schermo è dato dalla relazione:

$$x_m = m\frac{\lambda L}{d}$$

Nel nostro caso:

$$x_9 = 9\frac{\lambda_1 L}{d} \quad e \quad x_4 = 4\frac{\lambda_1 L}{d}$$

Da cui (eq.1):

$$\Delta x_a = x_9 - x_4 = 5\frac{\lambda_1 L}{d}$$

Quando il dispositivo è immerso nel liquido di indice ***n*** (eq.2):

$$\Delta x_b = x'_7 - x'_3 = 4\frac{\lambda_2 L}{\boldsymbol{n}d}$$

Combiniamo le equazioni 1 e 2:

$$\frac{\Delta x_a}{\Delta x_b} = \frac{5\frac{\lambda_1 L}{d}}{4\frac{\lambda_2 L}{nd}} = \frac{5}{4}n\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{5}{4}n\frac{4}{3}$$

E infine:

$$\frac{5}{4}n\frac{4}{3} = \frac{\Delta x_a}{\Delta x_b} \quad \Longrightarrow \quad \boldsymbol{n = \frac{3}{5}\frac{\Delta x_a}{\Delta x_b} = 1.36}$$

Il dispositivo è immerso in alcol etilico.