Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
21 Giugno 2024 – ore 08.30 - Aula C

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]*

Un laser emette un raggio di diametro d e potenza $\mathcal{P}= 5\ W$. Il raggio è puntato verso l'alto e colpisce la base inferiore di un cilindro, posto verticalmente sopra il raggio stesso, il cui diametro è $D=4\ mm$. Sapendo che $d<D$ e che il 50% della luce viene riflessa, calcolare l'altezza h che deve avere il cilindro per essere completamente sostenuto dalla pressione di radiazione. ($\rho=1.2\ g/cm^3$)

Problema 2 *[voto 8/30]*

Abbiamo un sistema ottico costituito da due lenti sottili biconvesse (convergenti e con raggio di curvatura di uguale modulo per entrambe le superfici), di focale f_1 e f_2, poste in modo che la distanza fra esse sia $d=30\ cm$. Si osserva che un raggio luminoso che si propaga parallelamente all'asse ottico (proviene da un punto all'infinito), emerge dal sistema, dopo aver attraversato le due lenti, ancora parallelo all'asse ottico. Sappiamo inoltre che se si sposta la seconda lente in modo che la distanza fra le due lenti sia $d+a$ ($a=10\ cm$), il raggio luminoso che emergeva parallelo quando la distanza era d, forma un'immagine reale a distanza $b=15\ cm$ dalla seconda lente. Sapendo che il raggio di curvatura della seconda lente è $R=30\ cm$, determinare:

a. Il valore di f_1 e f_2;
b. l'indice di rifrazione della seconda lente.

Problema 3 *[voto 8/30]*

Consideriamo un sistema di due fenditure che distano $d=0.2\ mm$ e uno schermo posto a distanza $L=2.5\ m$ dal piano delle fenditure. Si illumina il sistema prima con luce di lunghezza d'onda $\lambda_1=450\ nm$ e poi con lue di lunghezza d'onda $\lambda_2=600\ nm$. Calcolare:

a) la minima distanza, dal centro dello schermo, per cui un massimo di intensità per una lunghezza d'onda coincide col minimo di intensità dell'altra;
b) la minima distanza, dal centro dello schermo, per cui un massimo di intensità per una lunghezza d'onda coincide col massimo di intensità dell'altra.

Quesito 1 *[voto 2/30]*

È possibile che un'onda elettromagnetica sia longitudinale? (argomentare la risposta)

Quesito 2 *[voto 2/30]*

La luce è caratterizzata da una lunghezza d'onda λ, una frequenza f e una velocità v. C'è qualcuna tra queste grandezze che varia quando la luce passa dal vuoto ad una lastra di vetro?

Quesito 3 *[voto 2/30]*

Cosa è l'effetto Doppler? (argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

L'intensità dell'onda incidente è data da:

$$I = \frac{W}{A} = \frac{W}{\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

Poiché viene riflessa il 50% della radiazione ***(η=0.5)***, la pressione esercitata sulla base del cilindro è:

$$p_{rad} = (1+\eta)\frac{I}{c} = (1+\eta)\frac{W}{\pi c\left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

La forza esercitata sulla base del cilindro sarà:

$$F_{rad} = p_{rad}\cdot A = (1+\eta)\frac{I}{c}A = (1+\eta)\frac{W}{\pi c\left(\frac{d}{2}\right)^2}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 = (1+\eta)\frac{W}{c}$$

L'equilibrio si avrà quando la forza esercitata dalla pressione di radiazione è uguale alla forza di gravità:

$$F_{rad} = mg \quad \Longrightarrow \quad (1+\eta)\frac{W}{c} = \rho V g = \rho\left[h\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2\right]g$$

E infine:

$$h = (1+\eta)\frac{W}{\rho\pi c g\left(\frac{D}{2}\right)^2} = \mathbf{0.17\ \mu m}$$

Problema n.2

Se il raggio luminoso è parallelo all'asse ottico, dopo aver attraversato la prima lente, sarà deviato in modo da passare nel fuoco della stessa. Inoltre, per poter emergere parallelamente all'asse ottico dovrà provenire dal fuoco della seconda. L'unica configurazione possibile è quindi che i fuochi delle due lenti coincidano, si ha quindi che:

$$d = f_1 + f_2$$

Il problema ci dice che se spostiamo la seconda lente, passando da ***d*** a ***d+a***, si forma una immagine a distanza b dalla seconda lente. Avere spostato la seconda lente significa che i fuochi non coincidono più e il punto nel quale il raggio luminoso attraversa l'asse ottico costituisce l'oggetto per la seconda lente. Abbiamo quindi che:

$$p = (d+a) - f_1 \ , \ q = b$$

Quindi:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q} = \frac{1}{f_2} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{(d+a)-f_1}+\frac{1}{b} = \frac{1}{f_2} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{(f_1+f_2+a)-f_1}+\frac{1}{b} = \frac{1}{f_2}$$

Semplificando otteniamo una equazione di secondo grado:

$$f_2^2 + af_2 - ab = 0$$

Che fornisce:

$$\boldsymbol{f_2 = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4ab}}{2} = 8.23\ cm}$$

Da cui otteniamo immediatamente f_1:

$$\boldsymbol{f_1 = d - f_2 = 21.77\ cm}$$

Ricordando la relazione fra il raggio di curvatura e la focale di una lente immersa in aria e osservando che nel nostro caso $R_2 = -R$ e $R_1 = R$:

$$\frac{1}{f_2} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = (n-1)\frac{2}{R}$$

Da cui:

$$\boldsymbol{n = \frac{R}{2f_2} + 1 = 2.82}$$

Problema n.3

Quando lo schermo è molto lontano dalle fenditure e quando vale $d \ll L$ e nel nostro caso la condizione è sicuramente verificata. In questa approssimazione, la posizione del massimo di ordine M sullo schermo è data dalla relazione:

$$x_M = M\frac{\lambda L}{d}$$

Mentre quella del minimo di ordine m è data dalla relazione:

$$x_m = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda L}{d}$$

Per la richiesta di cui al punto (a) deve verificarsi:

$$M\frac{\lambda_1 L}{d} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_2 L}{d}$$

Da cui:

$$M\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \left(m + \frac{1}{2}\right)$$

e ancora:

$$M\frac{3}{4} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \quad \Longrightarrow \quad M = \frac{4m+2}{3}$$

Il primo minimo si ha per $m=0$, ma si vede subito che in questo caso si avrebbe $M=2/3$, valore non accettabile perché M deve essere intero. Il secondo minimo si ha per $m=1$, cui corrisponde $M=2$, valori sicuramente accettabili. Per il calcolo della distanza dal centro dello schermo possiamo usare una delle due espressioni, usiamo quella relativa al massimo:

$$x_{M=2} = 2\frac{\lambda_1 L}{d} = \mathbf{11.25\ mm}$$

Per la richiesta di cui al punto (b) deve invece verificarsi:

$$M\frac{\lambda_1 L}{d} = m\frac{\lambda_2 L}{d}$$

Da cui:

$$M\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = m \Longrightarrow \quad 3M = 4m$$

Per ***m=0***, abbiamo il massimo centrale per entrambe le lunghezze d'onda che non è quello che ci interessa. Per ***m=1*** abbiamo ***M=4/3***, per ***m=2*** abbiamo ***M=8/3*** e sono entrambi non accettabili perché ***M*** deve essere intero. Infine, per ***m=3*** abbiamo ***M=4*** e questo è il primo valore accettabile. Calcoliamo la corrispondente distanza dal centro:

$$x_{M=4} = 4\frac{\lambda_1 L}{d} = \mathbf{22.5\ mm}$$