Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
4 Novembre 2024 – ore 16.00 - Aula A

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 luce con potenza ***P=250 W***. Il diametro del fascio è ***d=8mm***. La luce colpisce, dal basso verso l'alto, la base, perfettamente riflettente, di un cilindro di alluminio di diametro ***D<d***. Calcolare:

1) L'ampiezza del campo elettrico e del campo magnetico dell'onda sulla base del cilindro;
2) L'altezza che deve avere il cilindro per rimanere sospeso in aria per effetto della pressione di radiazione esercitata dal fascio laser (ρ_{cil}***=2.7 gr/cm***^{3}).

.

Problema 2 *[voto 8/30]*
Supponiamo di avere un sistema ottico composto da una lente divergente, di focale ***F= -2f***, e da uno specchio convesso il cui raggio di curvatura è ***R=4f***. Il sistema è composto in modo tale che la luce, propagandosi da sinistra a destra, incontra ***prima*** la lente e poi lo specchio. Lo specchio e la lente distano ***L=4f***. Sapendo che un oggetto è posto a distanza ***p=f*** dalla lente, costruire l'immagine del sistema e calcolare l'ingrandimento complessivo del sistema.

Problema 3 *[voto 8/30]*
In un esperimento di Young le fenditure distano ***b=0.5 mm*** e la luce che le illumina ha lunghezza d'onda ***λ=0.6 μm.*** Su uno schermo, distante ***H=4m***, si forma una figura di interferenza. Dopo aver osservato la posizione dei massimi (e minimi) di interferenza, una fenditura viene coperta con un materiale trasparente (***n=1.8***) di spessore ***s***, e il massimo centrale si sposta, sullo schermo, di una quantità ***Δz=48 mm***. Calcolare lo spessore di tale materiale. (trascurare la diffrazione)

Quesito 1 *[voto 2/30]*
Un pescatore con l'arpione quando vede un pesce sotto la superficie dell'acqua deve mirare più verso l'alto o più verso il basso per colpire il pesce? (Argomentare la risposta in modo QUANTITATIVO)

Quesito 2 *[voto 2/30]*
Cosa vuol dire che in un'onda elettromagnetica piana il campo elettrico **E** e il campo magnetico **B** sono in fase? (Argomentare la risposta)

Quesito 3 *[voto 2/30]*
L'immagine di una sorgente puntiforme lontana che si forma nel piano focale di una lente caratterizzata dal rapporto ***f/D*** (focale/apertura) è un piccolo disco. Da cosa dipende il suo diametro? (argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Il fascio laser illumina una superficie di area ***S*** e raggio ***r***, l'area illuminata è più larga della base del cilindro, ma questo non importa perché per il calcolo dell'intensità deve essere usata la sezione del fascio, calcoliamone l'intensità:

$$I = \frac{\mathcal{P}}{S} = \frac{\mathcal{P}}{\pi r^2} = \frac{4\mathcal{P}}{\pi d^2} = \mathbf{4.97 \cdot 10^6 \ \frac{W}{m^2}}$$

Sapendo poi che:

$$I = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2$$

Otteniamo:

$$E_0 = \sqrt{\frac{2I}{c\varepsilon_0}} = \mathbf{0.62 \cdot 10^5 \ \frac{V}{m}}$$

E:

$$B_0 = \frac{E_0}{c} = \mathbf{0.20 \cdot 10^{-3} \ \frac{Wb}{m^2}}$$

Per potersi sollevare, il cilindro deve subire una forza, esercitata dalla pressione di radiazione verso l'alto, superiore alla forza peso. Sappiamo che la superficie di base è perfettamente riflettente, ma purtroppo il diametro del fascio, ***d***, è più grande di quello, ***D***, della superficie di base del cilindro. Quindi la pressione di radiazione sarà esercitata su una superficie inferiore rispetto a quella definita dalle dimensioni del fascio laser. Calcoliamo innanzi tutto la pressione di radiazione che, in quanto pressione sarà una forza per unità di superficie:

$$p = \frac{2I}{c}$$

La forza esercitata sulla superficie di base ***S'*** del cilindro sarà:

$$F_{rad} = pS' = \frac{2I}{c}\frac{\pi D^2}{4} = \frac{2}{c}\frac{4\mathcal{P}}{\pi d^2}\frac{\pi D^2}{4} = \frac{2\mathcal{P}}{c}\frac{D^2}{d^2}$$

Detta ***h*** l'altezza del cilindro, la forza peso sarà:

$$F_{peso} = mg = \rho h \frac{\pi D^2}{4} g$$

Dovendo essere:

$$F_{rad} = F_{peso} \quad \Longrightarrow \quad \frac{2\mathcal{P}}{c}\frac{D^2}{d^2} = \rho h \frac{\pi D^2}{4} g$$

E quindi:

$$h = \frac{8\mathcal{P}}{\rho g c \pi d^2} = \mathbf{1.25 \cdot 10^{-6}\ m = 1.25\ \mu m}$$

Problema n.2

Sapendo che la focale della lente è ***2f***, e che l'oggetto è posto alla distanza ***p=f***, dall'equazione delle lenti otteniamo:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{f} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{2f} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{q} = -\frac{1}{f} - \frac{1}{2f}$$

e otteniamo ***q=-2f/3***.
L'immagine della lente è virtuale e dritta, l'ingrandimento è quindi:

$$\boldsymbol{I_{lente} = \frac{q}{p} = -\frac{2f/3}{f} = -\frac{2}{3}}$$

Essendo la distanza fra lente e specchio ***L=4f***, l'oggetto visto dallo specchio è reale e avremo ***p'=4f+2f/3=14f/3***. Dall'equazione degli specchi avremo, ricordando che per lo specchio convesso ***R*** è positiva:

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{q'} = -\frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{3}{14f} - \frac{1}{q'} = -\frac{1}{2f} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{q'} = \frac{1}{2f} + \frac{3}{14f}$$

Da cui:

$$q' = \frac{7}{5}f$$

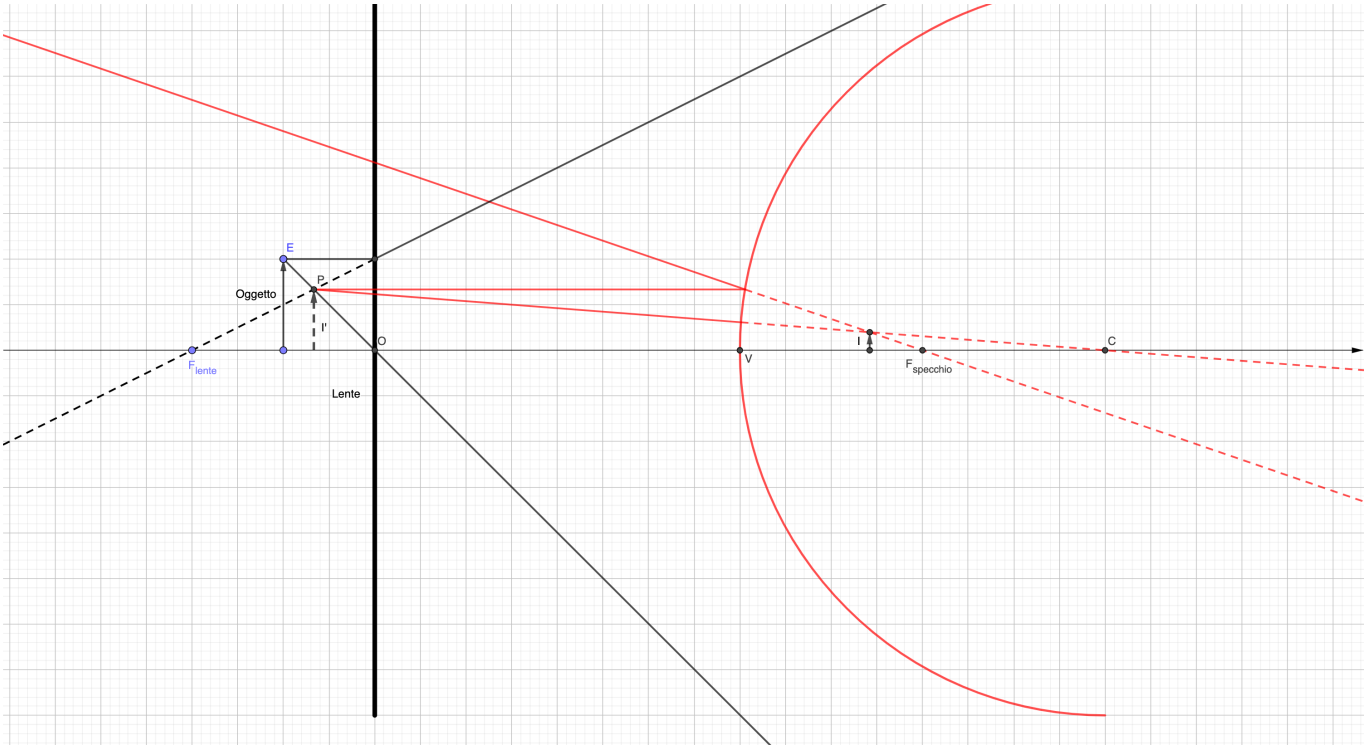
Essendo ***q'*** positiva, l'immagine si formerà oltre lo specchio e sarà virtuale, l'ingrandimento sarà:

$$\boldsymbol{I_{specchio} = -\frac{q'}{p'} = -\frac{7/5\, f}{14/3\, f} = -\frac{3}{10}}$$

L'ingrandimento complessivo sarà:

$$\boldsymbol{I_{totale} = I_{lente} \cdot I_{specchio} = \left(-\frac{2}{3}\right) \cdot \left(-\frac{3}{10}\right) = 0.2}$$

Costruzione immagine



Problema n.3

Detta ***b*** la distanza fra le fenditure, in un esperimento di Young ordinario, la differenza di fase fra le onde emesse dalle due fenditure è:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} b \cdot sen\theta$$

Sappiamo che, perché si abbia un massimo, si deve soddisfare la condizione:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} b \cdot sen\theta = 2m\pi$$

da cui:

$$b \cdot sen\theta = m\lambda$$

Calcoliamo ora a quale valore di ***m*** corrisponde la posizione ***Δz=5 cm***. Assumendo di lavorare con angoli piccoli:

$$\theta = \frac{\Delta z}{H}$$

E quindi:

$$m = \frac{b \cdot sen\theta}{\lambda} = \frac{b \cdot \theta}{\lambda} = \frac{b \cdot \Delta z}{H \cdot \lambda} = 10$$

Quindi se il massimo centrale si è spostato di ***Δz=48 mm*** vuole dire che il massimo che prima si trovava all'ordine ***m=10***, corrisponde ora al massimo centrale. Calcoliamo quindi la differenza di fase introdotta dallo strato di spessore ***s*** in corrispondenza della posizione centrale per il sistema delle due fenditure, abbiamo che:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(n \cdot s - s) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot s \cdot (n-1)$$

Questo valore della differenza di fase corrisponderà ora al massimo di ordine ***m=10*** che abbiamo calcolato precedentemente:

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot s \cdot (n-1) = 2m \cdot \pi$$

Da cui otteniamo che la nuova condizione sarà:

$$s = \frac{m \cdot \lambda}{(n-1)} = \frac{b \cdot \Delta z}{H \cdot (n-1)}$$

e infine:

$$\boldsymbol{s = 3.75\ \mu m}$$