Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
14 Gennaio 2025 – ore 09.00

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'onda, approssimabile ad un'onda elettromagnetica piana, investe un rivelatore che misura un campo elettrico di ampiezza massima pari a E_0***=4 V/m***. Sapendo che il mezzo nel quale si propaga l'onda presenta una costante dielettrica relativa $\varepsilon_r = 3$, e una stessa permettività magnetica pari a quella del vuoto, determinare:

a) l'ampiezza massima del campo di induzione magnetica B_0;
b) l'intensità dell'onda;
c) la potenza della sorgente di tale onda sapendo che l'emissione è isotropa e che il rivelatore dista ***d=25 m*** dalla sorgente stessa.

Problema 2 *[voto 8/30]*
Supponiamo di avere un sistema ottico composto da una lente convergente, di focale f_1***= 15 cm***, e da una lente divergente di focale f_2***= -40 cm***. Il sistema è composto in modo tale che la luce, propagandosi da sinistra a destra, incontra ***prima*** la lente convergente e ***successivamente*** quella divergente. La distanza fra le lenti è pari a ***d=19 cm***. Sapendo che l'immagine finale del sistema ottico si forma davanti alla lente divergente (***q = -15 cm***), trovare la posizione ***p*** dell'oggetto, costruire l'immagine del sistema e calcolare, in valore assoluto, l'ingrandimento complessivo del sistema.

Problema 3 *[voto 8/30]*
Un fascio luminoso, λ***=0.5 μm***, incide su un piano nel quale è presente una fenditura di larghezza ***a=0.3 mm***. Su di uno schermo, posto a distanza ***L=2 m*** dal piano della fenditura, si osserva una figura di diffrazione. Determinare la larghezza del massimo centrale e quella del primo massimo ad esso adiacente. Se sostituiamo lo schermo che contiene la fenditura con un altro che ne contiene due, entrambe di larghezza ***a*** e distanti fra loro ***d=6 mm***, quanti massimi di interferenza saranno osservabili?

Quesito 1 *[voto 2/30]*
Cosa è il principio di Fermat e come lo abbiamo usato? (Argomentare la risposta in modo QUANTITATIVO)

Quesito 2 *[voto 2/30]*
Come cambia il campo elettrico quando un'onda elettromagnetica si riflette su una superficie metallica? (Argomentare la risposta)

Quesito 3 *[voto 2/30]*
Cosa è l'aberrazione sferica e quali effetti produce? (argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Pr un'onda elettromagnetica che si propaga in un mezzo, si può scrivere:

$$\frac{E_0}{B_0} = v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}$$

Nel nostro caso ($\mu_r = 1$):

$$B_0 = E_0 \frac{\sqrt{\varepsilon_r}}{c} = \mathbf{2.31 \cdot 10^{-8}}\ \frac{\boldsymbol{Wb}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Se la nostra onda si propagasse nel vuoto, la sua intensità sarebbe:

$$I_v = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2 = \mathbf{2.12 \cdot 10^{-2}}\ \frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Ma nel nostro caso la propagazione avviene, con velocità ***v***, in un mezzo la cui costante dielettrica relativa è $\boldsymbol{\varepsilon_r = 3}$, quindi**:**

$$I = \frac{1}{2} v \varepsilon E_0^2 = \frac{1}{2} \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \varepsilon_0 \varepsilon_r E_0^2 = \frac{c \varepsilon_0}{2\sqrt{\varepsilon_r}} \varepsilon_r E_0^2 = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2 \sqrt{\varepsilon_r} = I_v \sqrt{\varepsilon_r} = \mathbf{3.68 \cdot 10^{-2}}\ \frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Ottenuta l'intensità e sapendo che l'emissione è isotropa, il calcolo della potenza della sorgente è immediato:

$$\mathcal{P} = I \cdot S = I \cdot 4\pi d^2 = \mathbf{2.89 \cdot 10^2}\ \boldsymbol{W}$$

Problema n.2

Sapendo la posizione finale dell'immagine (***q = -15 cm***) dobbiamo procedere a ritroso. Calcoliamo quindi la posizione dell'oggetto per la seconda lente:

$$\frac{1}{p_2} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{p_2} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{q} \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{p_2} = \frac{q \cdot f_2}{q - f_2} = \mathbf{24\ cm}$$

L'oggetto della seconda lente è l'immagine prodotta dalla prima lente.
Poiché la distanza fra le lenti è ***d=19 cm***, questo significa che l'immagine della prima lente si forma prima della lente, nella posizione $\boldsymbol{q_1 = d - p_2 = -5\ cm}$.
Essendo la prima lente convergente, affinché l'immagine sia virtuale, l'oggetto deve trovarsi fra il fuoco e la lente, calcoliamone la posizione usando nuovamente l'equazione della lente sottile:

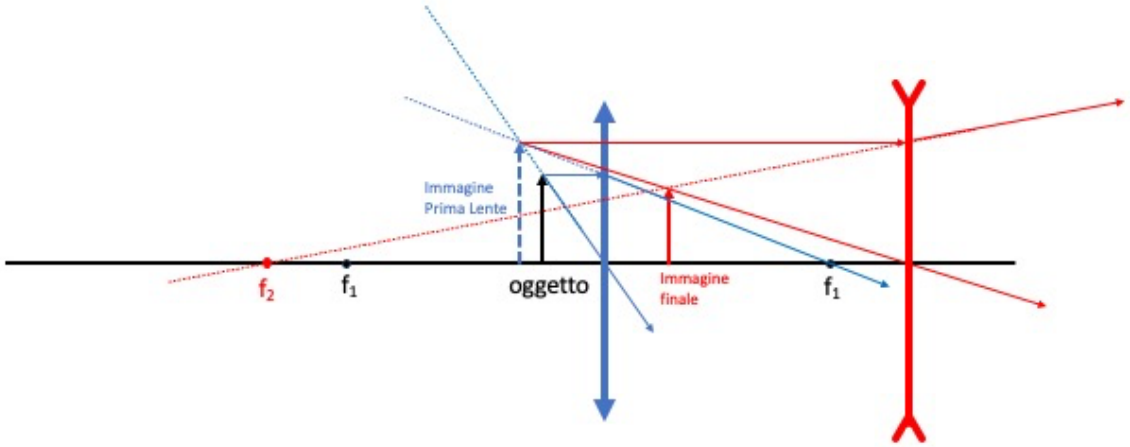
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{p} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{q_1} \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{p} = \frac{q_1 \cdot f_1}{q_1 - f_1} = \frac{15}{4} = \mathbf{3,75\ cm}$$

Calcoliamo l'ingrandimento:

$$\boldsymbol{I = I_1 \cdot I_2} = \frac{\boldsymbol{q_1}}{\boldsymbol{p_1}} \cdot \frac{\boldsymbol{q_2}}{\boldsymbol{p_2}} = \frac{\boldsymbol{q_1}}{\boldsymbol{p}} \cdot \frac{\boldsymbol{q}}{\boldsymbol{p_2}} = \frac{\mathbf{10}}{\mathbf{12}} \cong \mathbf{0.84}$$

Costruzione immagine

In blu i raggi usati per costruire l'immagine della lente convergente e in rosso quelli per la costruzione dell'immagine fornita dalla lente divergente.



Problema n.3

Se ***a*** è la larghezza della fenditura, i minimi di diffrazione si avranno quando:

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

Lo schermo è sufficientemente lontano per poter considerare gli angoli piccoli. La larghezza del massimo centrale sarà data dalla distanza fra i minimi di ordine ***m=1*** e ***m=-1***, quindi:

$$\Delta y_0 = \left[\frac{\lambda}{a} - \left(-\frac{\lambda}{a}\right)\right] L = \frac{2\lambda}{a} L = \mathbf{6.67\ mm}$$

La larghezza del primo massimo adiacente a quello centrale si calcola come distanza fra i minimi di ordine ***m=2*** e ***m=1***, quindi:

$$\Delta y_1 = \left[2\frac{\lambda}{a} - \left(\frac{\lambda}{a}\right)\right] L = \frac{\lambda}{a} L = \mathbf{3.34\ mm}$$

Per sapere quanti massimi di interferenza sarebbero visibili se avessimo due fenditure, dobbiamo capire quale ordine del massimo di interferenza capita in corrispondenza del primo minimo di diffrazione:

$$m\frac{\lambda}{d} = \frac{\lambda}{a} \quad \Longrightarrow \quad m = \frac{d}{a} = \mathbf{20}$$

Il massimo di ordine ***m=20*** non è quindi visibile. Vedremo quindi tutti i massimi il cui ordine va da ***m=-19*** a ***m=19***, includendo il valore **m=0** avremo ***N=39*** massimi di interferenza visibili.