Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
07 Aprile 2025 – ore 08.30 aule A e E

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.

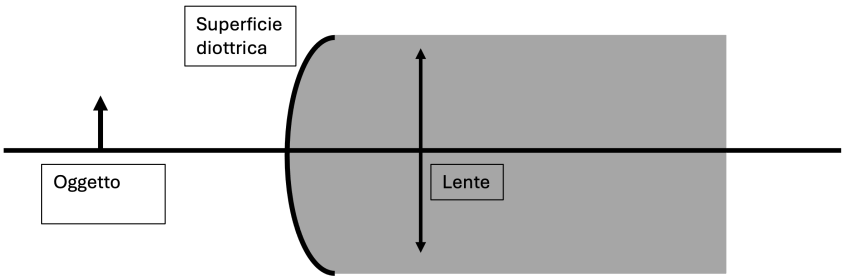
Problema 1 *[voto 8/30]*

L'intensità della luce solare sulla superficie terrestre è $I_o = 1.4 \times 10^3$ W/m^2 e, per accendere un fuoco, viene usata una lente di diametro ***D=20 cm***. Determinare:

1) l'energia accumulata quando si accende il fuoco se il tempo necessario per accenderlo è ***t=6 s***;
2) la pressione di radiazione sul materiale posto nel fuoco delle lente assumendo che il fuoco sia un cerchio di diametro ***d=70 μm*** e che la luce sia completamente assorbita.

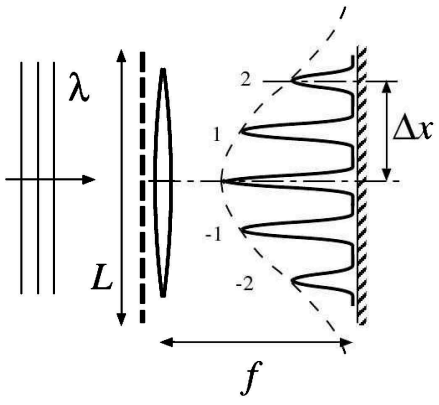
Problema 2 *[voto 8/30]*

Un sistema ottico è costituito da una lente (n_l=1.5) immersa in un diottro il cui indice di rifrazione è n_d=1.4. La superficie del ***diottro*** è ***convessa*** (vedi figura, non in scala) e ha raggio di curvatura R_d=15 cm. Le superfici della lente hanno lo stesso raggio di curvatura (lente biconvessa) che vale, in modulo, ***R=40 cm*** e la lente dista ***d=2 m*** dal vertice del diottro. Costruire l'immagine complessiva per un oggetto posto a distanza p_d=1 m dal vertice del diottro e calcolare il valore assoluto dell'ingrandimento complessivo del sistema.



Problema 3 *[voto 8/30]*

Un reticolo di diffrazione è lungo ***D=3.2 cm*** ed è illuminato completamente da un'onda piana e monocromatica di lunghezza d'onda ***λ=650 nm***. La radiazione diffratta passa attraverso una lente di focale ***f=80 cm*** posta appena oltre il reticolo. In queste condizioni il piano focale della lente è il piano sul quale si osserva la figura di interferenza. Sul tale piano focale il massimo di interferenza del secondo ordine viene osservato in una posizione a distanza ***Δx=30 cm*** dall'asse della lente. Determinare il numero di fenditure ***N*** presenti sul reticolo (non è possibile utilizzare l'approssimazione di piccoli angoli)



Quesito 1 *[voto 2/30]*

Perché l'aberrazione cromatica si verifica nelle lenti e non negli specchi? (Argomentare la risposta)

Quesito 2 *[voto 2/30]*

Come si può polarizzare la luce ricorrendo alla riflessione? (Argomentare la risposta)

Quesito 3 *[voto 2/30]*

Cosa indica il numero d'onda per un'onda EM? (Argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Se D è il diametro della lente, la potenza può essere calcolata a partire dall'intensità incidente sulla superficie della lente S_L:

$$\mathcal{P} = I_o S_L = I_s \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \mathbf{44\ W}$$

Sapendo che impieghiamo $t=6\ s$ per accendere il fuoco, calcoliamo il valore dell'energia U:

$$U = \mathcal{P} t = \mathbf{264\ J}$$

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, 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:

$$p_{rad} = \frac{I_f}{c} = \frac{I_o}{c}\left(\frac{D}{d}\right)^2 = \mathbf{38.1\ \frac{N}{m^2}}$$

Problema n.2

Innanzi tutto, troviamo la posizione dell'immagine fornita dal diottro, scrivendo:

$$\frac{1}{p_d} + \frac{n_d}{q_d} = \frac{n_d - 1}{R_d} \quad \Longrightarrow \quad q_d = \frac{21}{25}\, m = \mathbf{0.84\ m}$$

La lente dista $d=2m$, quindi la distanza fra l'immagine fornita dal diottro, che costituisce l'oggetto virtuale della lente, e la lente stessa sarà:

$$p_l = d - q_d = 2 - \frac{21}{25} = \frac{29}{25}\, m = \mathbf{1.16\ m}$$

Calcoliamo ora il fuoco della lente. Il fuoco è diverso rispetto a quello che la lente ha quando è immersa in aria ($n=1$), infatti, per una lente di indice di rifrazione n_l, le cui superfici hanno raggi di curvatura R_1 e R_2, immersa in un mezzo il cui indice di rifrazione è n_d. il fuoco è dato dalla formula [Mazzoldi-Nigro-Voci, Elementi di Fisica - Elettromagnetismo e Onde, II e III Edizione, Edises, cap.12.5]:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_l - n_d}{n_d}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

Nel nostro caso i raggi di curvatura sono identici, segno a parte, quindi:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_l - n_d}{n_d}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right) \quad \Longrightarrow \quad f = \frac{n_d}{n_l - n_d}\frac{R}{2} = \frac{14}{5}\, m = \mathbf{2.8\ m}$$

Poiché l'oggetto della lente si trova fra il fuoco e la lente possiamo sicuramente dire che l'immagine fornita dalla lente sarà virtuale. Effettuiamo il calcolo di q_l:

$$\frac{1}{p_l}+\frac{1}{q_l}=\frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad \frac{25}{29}+\frac{1}{q_l}=\frac{5}{14} \quad \Rightarrow \quad q_l=-\frac{406}{205}\,m=\mathbf{-1.98\ m}$$

Calcoliamo infine l'ingrandimento complessivo usando i nostri dati:

$$I=I_d\cdot I_l=\frac{q_d}{n_d p_d}\cdot\frac{q_l}{p_l}=\frac{\frac{21}{25}}{\frac{14}{10}\cdot 1}\cdot\frac{-\frac{406}{205}}{\frac{29}{25}}=-\frac{210}{205}=\mathbf{-1.024}$$

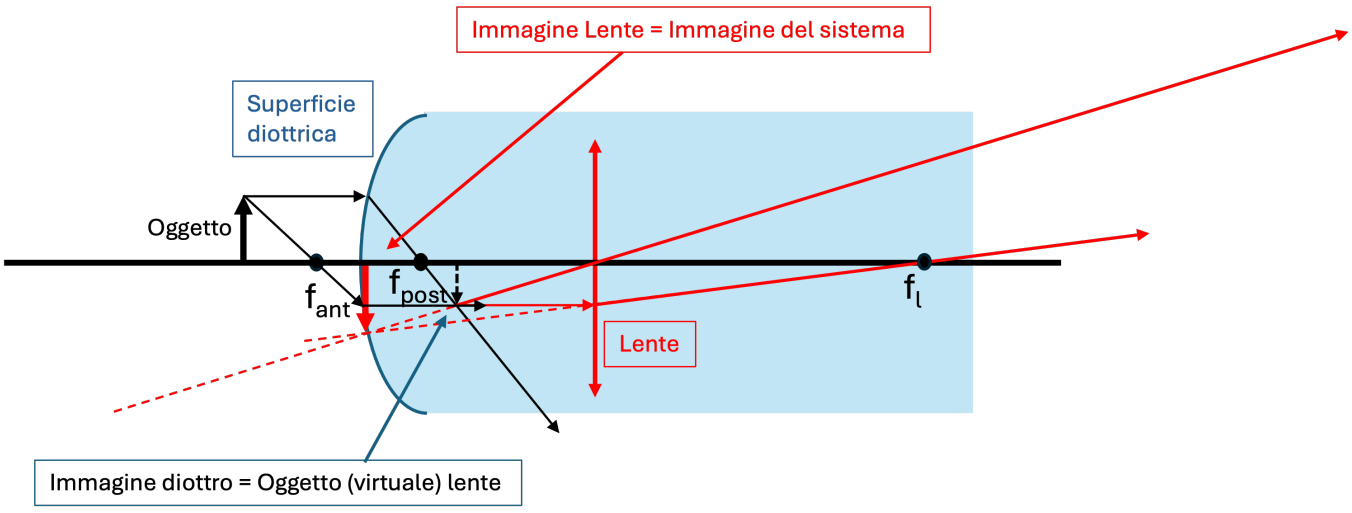
Per la costruzione dell'immagine è opportuno calcolare i fuochi (anteriore e posteriore) del diottro:

$$f_{post}=\frac{n_d}{n_d-1}R=\frac{105}{200}\,m=\mathbf{0.525\ cm}$$

e

$$f_{ant}=\frac{1}{n_d-1}R=\frac{15}{40}\,m=\mathbf{0.375\ cm}$$

Essendo entrambi i valori positivi, f_{ant} si troverà davanti alla superficie diottrica e f_{post} si troverà dietro la superficie diottrica.
Nella costruzione dell'immagine, in nero i raggi relativi al diottro e in rosso quelli relativi alla lente.



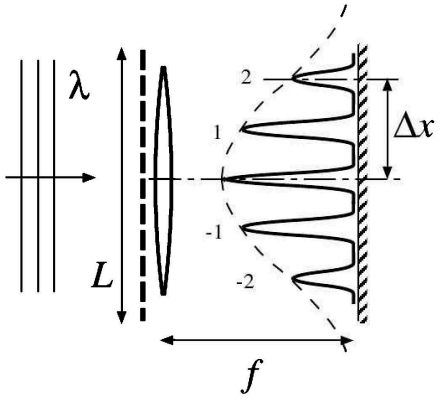
Problema n.3

Abbiamo un reticolo con N fenditure, i massimi di interferenza si trovano usando la formula:

$$d\cdot sen\,\theta_m=m\lambda$$

Sappiamo la posizione del massimo di ordine $m=2$, quindi:

$$sen\,\theta_2=\frac{2\lambda}{d}$$



Dove ***d*** è la distanza fra le fenditure. Sappiamo inoltre che:

$$\mathrm{tg}\,\theta_2 = \frac{\Delta x}{f}$$

Ma anche:

$$\frac{\Delta x}{f} = tg\,\theta_2 = \frac{sen\,\theta_2}{cos\,\theta_2} = \frac{sen\,\theta_2}{\sqrt{1-(sen\,\theta_2)^2}} = \frac{\frac{2\lambda}{d}}{\sqrt{1-\left(\frac{2\lambda}{d}\right)^2}}$$

Otteniamo infine:

$$\Delta x = f\frac{2\lambda}{\sqrt{d^2-4\lambda^2}}$$

Nella precedente equazione l'unica incognita è ***d***. Quadriamo e ricaviamo ***d***:

$$d = \frac{2\lambda}{\Delta x}\sqrt{\Delta x^2 + f^2} = \mathbf{3.7024\ \mu m}$$

Calcoliamo il numero di fenditure ***N***:

$$N = \frac{L}{d} \approx \mathbf{8643}$$