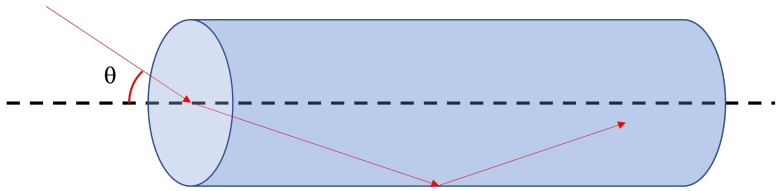
Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
3 Aprile 2023 – ore 08.30

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]*

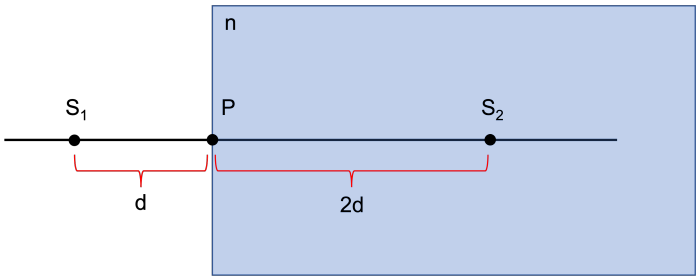


Un fascio luminoso colpisce la base di un cilindro di indice di rifrazione n con angolo $\theta=40°$ (vedi figura). Il fascio rifratto subisce una riflessione totale sulla superficie laterale del cilindro. Calcolare l'indice di rifrazione minimo perché ciò accada. Ripetere il calcolo nel caso il cilindro, invece che in aria, sia immerso in acqua ($n_a=1.5$).

Problema 2 *[voto 8/30]*

Si consideri un sistema ottico costituito da una lente divergente sottile, di focale $-f$, e da una lente convergente sottile, di focale f , poste su un asse ottico in modo che i raggi luminosi, propagandosi da sinistra a destra, incontrino prima la lente divergente e successivamente quella convergente. Sapendo che la distanza fra le due lenti è f, ***costruire graficamente l'immagine*** di un oggetto posto a sinistra della prima lente, a distanza $p = 3f/2$ dalla stessa e calcolare l'ingrandimento complessivo del sistema.

Problema 3 *[voto 8/30]*



Due sorgenti sono poste su un asse orizzontale come in figura. La sorgente S_1 è in aria, mentre la sorgente S_2 è immersa in una regione nella quale l'indice di rifrazione è $n=1.3$. Sapendo che le sorgenti emettono onde elettromagnetiche coerenti di uguale frequenza $f=80MHz$, di uguale intensità pari a $I=15\ Wm^{-2}$ e che $d=20\ cm$, calcolare:

1) la differenza di fase fra le due onde nel punto P;
2) l'intensità risultante nel punto P;
3) il minimo valore dell'indice di rifrazione per avere un massimo di interferenza nel punto P.

Quesito 1 *[voto 2/30]*

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

Quesito 2 *[voto 2/30]*

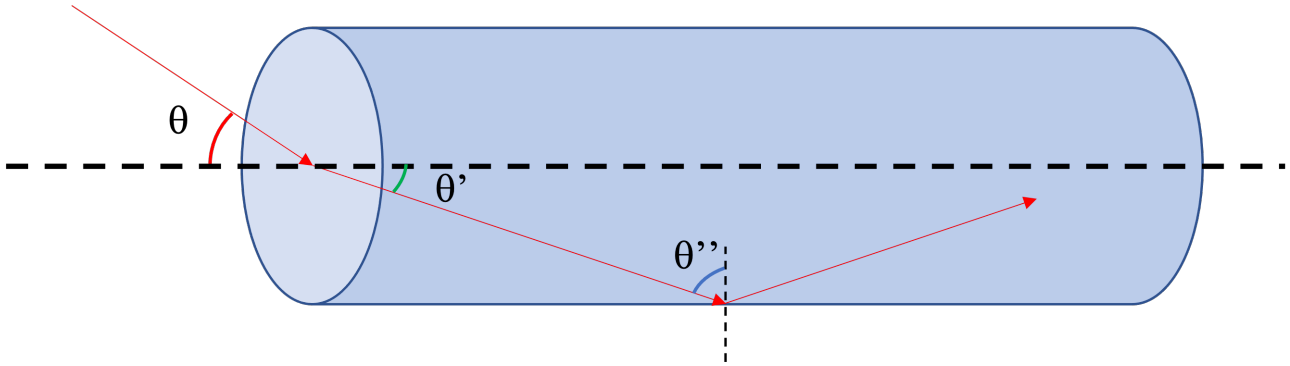
La luce è caratterizzata da una lunghezza d'onda λ, una frequenza f e una velocità v. C'è qualcuna tra queste grandezze che varia quando la luce passa dal vuoto ad una lastra di vetro?

Quesito 3 *[voto 2/30]*

Se una persona osserva attraverso una fenditura stretta e lunga, posta in prossimità dell'occhio, la figura di diffrazione prodotta da una sorgente posta molto lontano, osserva un fenomeno di diffrazione di Fresnel (campo vicino) o di Fraunhofer (campo lontano)? (argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1



Applichiamo le leggi di Snell al punto di ingresso sulla base del cilindro:

$$\text{sen}\,\theta = n \sin\theta'$$

Inoltre:

$$\theta' + \theta'' = \frac{\pi}{2}$$

Per avere riflessione totale sulla parete laterale, dobbiamo avere:

$$n\,\text{sen}\,\theta'' \geq 1$$

E quindi:

$$n\,\text{sen}\left(\frac{\pi}{2} - \theta'\right) \geq 1 \quad \Longrightarrow \quad n\cos\theta' \geq 1 \quad \Longrightarrow \quad n^2\cos^2\theta' \geq 1$$

E ancora

$$n^2\cos^2\theta' \geq 1 \quad \Longrightarrow \quad n^2\left(1 - \text{sen}^2\,\theta'\right) \geq 1 \quad \Longrightarrow \quad n^2 - 1 \geq n^2\,\text{sen}^2\,\theta'$$

Infine:

$$n^2 - 1 \geq n^2\,\text{sen}^2\,\theta' \quad \Longrightarrow \quad n^2 - 1 \geq \text{sen}^2\,\theta \quad \Longrightarrow \quad n^2 \geq (1 + \text{sen}^2\,\theta)$$

$$\boldsymbol{n \geq 1.18}$$

Se il cilindro fosse immerso in acqua, la prima equazione diventa:

$$n_a\,\text{sen}\,\theta = n \sin\theta' \quad \Longrightarrow \quad \text{sen}\,\theta = \frac{n}{n_a}\sin\theta'$$

Quindi basta scrivere $\boldsymbol{n/n_a}$ al posto di $\boldsymbol{n}$, abbiamo quindi:

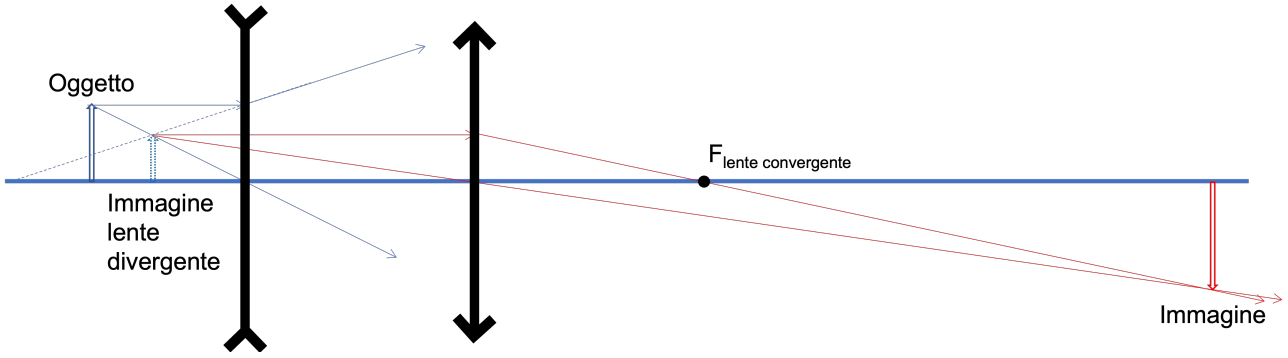
$$\frac{n^2}{n_a^2} - 1 \geq \text{sen}^2\,\theta \quad \Longrightarrow \quad n^2 \geq n_a^2(1 + \text{sen}^2\,\theta)$$

E infine:

$$\boldsymbol{n \geq 1.78}$$

Problema n.2

Costruzione immagine.



In blu i raggi utilizzati per costruire l'immagine, virtuale (ottenuta dal prolungamento dei raggi) e dritta, generata dalla lente divergente e in rosso i raggi che, a partire dall'immagine virtuale generata dalla lente, permettono di costruire l'immagine generata dalla lente convergente che risulta reale (ottenuta dall'intersezione dei raggi) e capovolta.

Calcoliamo ora le quantità richieste, cominciamo dalla lente divergente:

$$\frac{1}{p_d}+\frac{1}{q_d}=\frac{1}{f}$$

Da cui:

$$\frac{1}{q_d}=\frac{1}{f}-\frac{1}{p_d}=-\frac{1}{f}-\frac{2}{3f} \quad \Rightarrow \quad q_d=-\frac{3f}{5}$$

L'ingrandimento è:

$$I_d=\frac{q_d}{p_d}=\frac{-\frac{3f}{5}}{\frac{3f}{2}}=-\frac{2}{5}=\mathbf{-0.4}$$

Passiamo ora alla lente convergente e calcoliamo innanzi tutto la posizione dell'oggetto. Dalla costruzione dell'immagine si vede chiaramente che:

$$p_c=f+|q_d|=f+\frac{3f}{5}=\frac{8f}{5}$$

Inseriamo questo valore nell'equazione delle lenti, ricordando che per uno specchio concavo il raggio di curvatura è negativo, quindi ***R = -10 cm***:

$$\frac{1}{p_c}+\frac{1}{q_c}=\frac{1}{f}$$

Quindi:

$$\frac{1}{q_c}=\frac{1}{f}-\frac{1}{p_c}=\frac{1}{f}-\frac{5}{8f}= \quad \Rightarrow \quad q_c=\frac{8f}{3}$$

L'ingrandimento della lente convergente è:

$$I_c = \frac{q_c}{p_c} = \frac{\frac{8f}{3}}{\frac{8f}{5}} = \frac{5}{3} = \mathbf{1.67}$$

Quello complessivo è:

$$I = |I_d \cdot I_c| = \frac{2}{5} \cdot \frac{5}{3} = \frac{2}{3} = \mathbf{0.67}$$

Problema n.3

Dobbiamo innanzi tutto determinare la differenza di fase nel punto P:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi n}{\lambda} 2d - \frac{2\pi}{\lambda} d = \frac{2\pi}{\lambda} d(2n-1) = \frac{2\pi f}{c} d(2n-1) = \mathbf{0.536\ rad}$$

Dalla espressione che fornisce l'intensità nella interferenza fra due sorgenti:

$$I_p = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) = \mathbf{44.35\ \ Wm^{-2}}$$

Per il calcolo del minimo valore di ***n*** per il quale si ha un massimo di interferenza in P**,** imponiamo la condizione di massimo alla differenza di fase:

$$\frac{\Delta\phi}{2} = \frac{\pi f}{c} d(2n-1) = m\pi \quad (m\ intero)$$

E quindi:

$$(2n-1) = m\frac{c}{fd}$$

Infine:

$$n = m\frac{c}{2fd} + \frac{1}{2}$$

Scartando il valore ***m=0*** perché corrisponde ad un valore di ***n*** non ammissibile (***n=0.5***), il primo valore di ***m*** possibile è ***m=1*** che sarà il valor minimo richiesto:

$$n = \frac{c}{2fd} + \frac{1}{2} = \mathbf{9.88}$$

Osserviamo che il massimo valore osservato in natura è intorno a ***5***, quindi in linea di principio non si potrà mai osservare un massimo di interferenza in P.