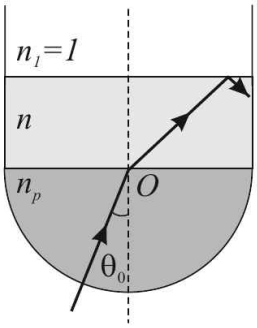
Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
23 febbraio 2023 – ore 08.30 - Aule L e N

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]*

Si consideri il recipiente mostrato in figura. Il fondo del recipiente è costituito da un emisfero di plexiglas il cui indice di rifrazione è n_p. Il recipiente viene riempito di un liquido il cui indice di rifrazione è n. Dopo ripetuti tentativi si nota che, per un raggio di luce che passa per il punto O, l'angolo $\theta_0=37°$ è quello per il quale sulla superficie di separazione aria-liquido si comincia ad avere riflessione totale sulla superficie del liquido (vedi figura). Determinare il valore di n_p. È possibile osservare luce rifratta (trasmessa) in aria se si rimuove il liquido?



Problema 2 *[voto 8/30]*

Si consideri un sistema ottico costituito da una lente convergente (f_c= ***15 cm***), una lente divergente (f_d= ***-15 cm***), ed uno specchio **concavo** (R= ***-50 cm***) posti in modo tale che i raggi luminosi incontrano prima la lente convergente, poi la lente divergente e infine lo specchio. Sapendo che le due lenti distano ***d=30 cm*** e che la distanza fra la lente divergente e il vertice dello specchio è ***D=70 cm***, calcolare l'ingrandimento complessivo del sistema e determinare se l'immagine complessiva fornita dal sistema di un oggetto posto a distanza p_1=***55 cm*** a sinistra della prima lente sia virtuale o reale.

Problema 3 *[voto 8/30]*

Consideriamo l'esperimento di Young (vedi figura) con due sorgenti, distanti ***d=0.085 mm***, investite da una radiazione di lunghezza d'onda λ=***0.6 μm***. Supponiamo che a parità di intensità massima, la sorgente 2 emetta un'onda che rispetto alla prima è sfasata di $\phi=\pi/3$. In queste condizioni, determinare qual è il massimo ordine osservabile per i massimi di interferenza (trascurare la diffrazione).

Quesito 1 *[voto 2/30]*

Che cosa descrive la legge di Malus? (argomentare la risposta)

Quesito 2 *[voto 2/30]*

Cosa descrive il criterio di Rayleigh? (argomentare la risposta)

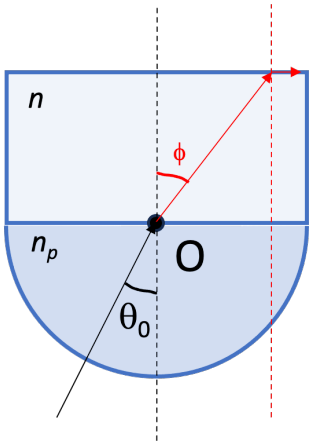
Quesito 3 *[voto 2/30]*

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?

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Se c'è riflessione totale, all'interfaccia aria-acqua, detto $\boldsymbol{\phi}$ l'angolo con cui il raggio luminoso incide sulla superficie che separa il liquido dall'aria, vedi figura, abbiamo:



$$\text{n sen}\,\phi = \text{sen}\,\frac{\pi}{2} = 1$$

Il raggio luminoso ha però attraversato anche la superficie plexiglas-acqua, incidendo nel punto ***O***, per cui:

$$n\,\text{sen}\,\phi = n_p\,\text{sen}\,\theta_0$$

Quindi:

$$n_p = n\frac{\text{sen}\,\phi}{\text{sen}\,\theta_0} = \frac{1}{\text{sen}\,\theta_0} = \mathbf{1.66}$$

Se ora viene rimosso il liquido il plexiglas sarà a contatto con l'aria e quindi avremo che:

$$n_p\,\text{sen}\,\theta_0 = \text{sen}\,\gamma$$

ma dalle equazioni precedenti abbiamo anche che:

$$n_p\,\text{sen}\,\theta_0 = n\,\text{sen}\,\phi = 1$$

Quindi avremo che $\text{sen}\,\gamma = 1$, il che vuole dire che rimuovendo il liquido, per un angolo di incidenza pari a 37°, si ha riflessione totale all'interfaccia plexiglas-aria.

Problema n.2

Partiamo dall'equazione delle lenti sottili:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

da cui:

$$q = \frac{pf}{p - f}$$

Applichiamo la formula alla prima lente convergente:

$$q_1 = \frac{p_1 f_1}{p_1 - f_1} = \mathbf{20.625}$$

L'immagine si forma a destra della lente convergente, un po' più di 5 centimetri oltre il fuoco. La posizione dell'oggetto per la seconda lente sarà quindi:

$$p_2 = d - q_1$$

Riapplichiamo l'equazione alla seconda lente, ricordando che questa volta la lunghezza focale è negativa:

$$q_2 = \frac{p_2 f_2}{p_2 - f_2} = \mathbf{-5.769}$$

Quindi l'immagine si forma a sinistra della lente, che essendo divergente, sappiamo produrrà un'immagine virtuale. L'equazione dello specchio è:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = -\frac{2}{R}$$

Da cui:

$$q = \frac{pR}{R + 2p}$$

Calcoliamo la posizione dell'oggetto per lo specchio:

$$p_s = D - q_2 = \mathbf{75.769\ cm}$$

E quindi:

$$q_s = \frac{p_s R}{R + 2p_s} = \mathbf{-37.310}$$

Calcoliamo infine l'ingrandimento:

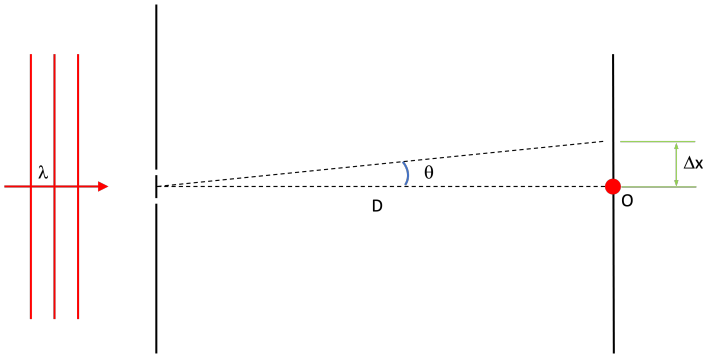
$$I = \left| I_{l.conv} I_{l.div} I_{specchio} \right| = \frac{q_1}{p_1} \cdot \frac{q_2}{p_2} \cdot \frac{q_s}{p_s} = \mathbf{0.113}$$

Per capire se l'immagine finale è reale o virtuale ci basta osservare che l'oggetto dello specchio si trova ad una distanza superiore al raggio dello specchio, in questo caso lo specchio concavo fornisce sempre un'immagine reale. Essendo questa anche l'immagine finale del sistema possiamo dire quindi che essa è ***REALE***.

Problema n.3

L'intensità nel caso dell'interferenza con due sorgenti è data da:

$$I = 4 I_0 cos^2\left(\frac{\delta}{2}\right)$$



Quando le sorgenti sono coerenti e in fase, la differenza di fase, dovuta al differente cammino ottico ad una generica distanza Δx dal centro dello schermo, si calcola come:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} d \operatorname{sen} \theta$$

Nel nostro caso, a questa differenza di fase deve essere aggiunta la fase aggiuntiva pari a $\phi = \pi/3$, quindi abbiamo:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} d \operatorname{sen}\theta + \phi$$

La condizione per i massimi è:

$$\frac{\delta}{2} = m\pi$$

Quindi:

$$\frac{\pi}{\lambda} d \operatorname{sen}\theta + \frac{\phi}{2} = m\pi$$

Da cui:

$$\operatorname{sen}\theta = \left(m - \frac{\phi}{2\pi}\right)\frac{\lambda}{d} = \left(m - \frac{1}{6}\right)\frac{\lambda}{d}$$

Il massimo ordine è quello per il quale ***sen θ=1***, quindi:

$$\left(m - \frac{1}{6}\right)\frac{\lambda}{d} = 1 \quad \Longrightarrow \quad m = \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{6} = 141.83$$

Quindi il massimo ordine osservabile per i massimi è ***m=141***.