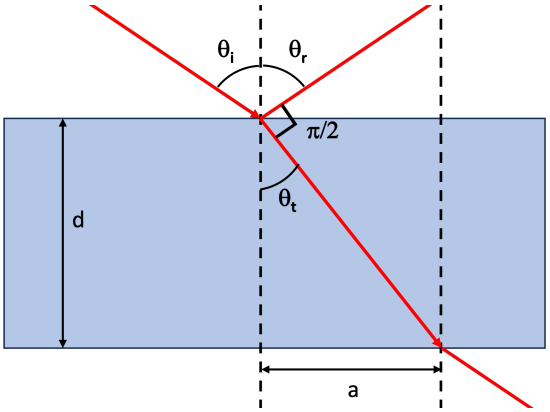
Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica – Fisica 3
24 Luglio 2023 – ore 08.30

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 raggio di luce incide su una lastra trasparente. Lo spessore della lastra è ***d=3 cm***. L'angolo che si forma fra il fascio riflesso è quello trasmesso è pari a ***90°***. Successivamente, il raggio di luce emerge dalla parete posteriore della lastra ad una distanza ***a=2 cm*** dal punto di ingresso (vedi figura) Calcolare l'indice di rifrazione del materiale della lastra.



Problema 2 *[voto 8/30]*

Abbiamo un sistema ottico costituito da due lenti sottili biconvesse (convergenti e con raggio di curvatura di uguale modulo per entrambe le superfici), di focale f_1 e f_2, poste in modo che la distanza fra esse sia ***d=30 cm***. Si osserva che un raggio luminoso che si propaga parallelamente all'asse ottico (proviene da un punto all'infinito), emerge dal sistema, dopo aver attraversato le due lenti, ancora parallelo all'asse ottico. Sappiamo inoltre che se si sposta la seconda lente in modo che la distanza fra le due lenti sia ***d+a*** (***a=10 cm)***, il raggio luminoso che emergeva parallelo quando la distanza era ***d***, forma un'immagine reale a distanza ***b=15 cm*** dalla seconda lente. Sapendo che il raggio di curvatura della seconda lente è ***R=30 cm***, determinare:

a. Il valore di f_1 e f_2;
b. l'indice di rifrazione della seconda lente.

Problema 3 *[voto 8/30]*

Un'onda piana (***λ= 632.8 nm***) incide ortogonalmente su uno schermo su cui sono state aperte due fenditure parallele. Una lente (***f=50 cm***) è posta immediatamente dopo le fenditure in modo che la figura di interferenza si formi su uno schermo che si trova nel piano focale della lente. Sapendo che la distanza fra due frange successive è ***Δx=1,58 mm***, determinare:

a. La distanza tra le fenditure;
b. la larghezza delle fenditure, osservando che, a causa della diffrazione, il massimo di interferenza di ordine ***m=8*** non è visibile.

Sapendo inoltre che, se si pone una lamina di spessore uniforme (***s=50 μm***) davanti ad una delle fenditure si osserva uno spostamento delle frange di ***N=20 ordini***, determinare l'indice di rifrazione del materiale.

Quesito 1 *[voto 2/30]*
L'immagine fornita da un cannocchiale è reale o virtuale? (spiegare nel dettaglio)

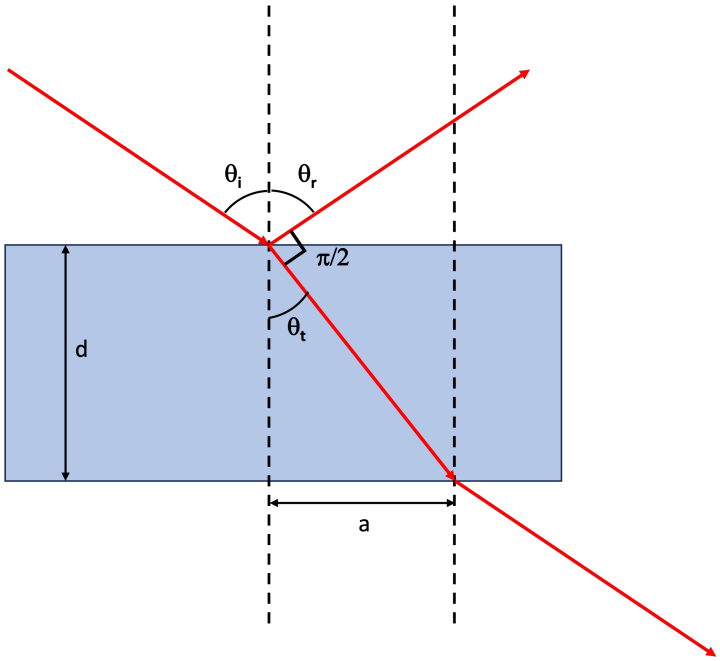
Quesito 2 *[voto 2/30]*
Che differenza c'è tra gli angoli δ e θ che compaiono nella formula per calcolare la differenza di cammino ottico nell'esperimento di Young? Quale dei due si misura direttamente?

Quesito 3 *[voto 2/30]*
Quando si parla di fenomeni di diffrazione si fa una distinzione tra diffrazione di Fresnel e diffrazione di Fraunhofer. Pensate che si basino sullo stesso principio fisico o su principi fisici diversi?

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Riportiamo la figura per semplicità. Si vede immediatamente che:



$$\theta_r + \theta_t = \frac{\pi}{2}$$

Inoltre:

$$\text{sen}\,\theta_i = n\,\text{sen}\,\theta_t$$

E anche:

$$\tan\theta_t = \frac{a}{d}$$

Da cui:

$$\theta_t = arc\ tan\frac{a}{d} = 33.69° = 0.588\ rad$$

Da cui ancora:

$$\theta_r = \theta_i = \frac{\pi}{2} - \theta_t = 56.31° = 0.983\ rad$$

E infine:

$$\boldsymbol{n = \frac{sen\,\theta_i}{sen\,\theta_t} = 1.50}$$

Problema n.2

Se il raggio luminoso è parallelo all'asse ottico, dopo aver attraversato la prima lente, sarà deviato in modo da passare nel fuoco della stessa. Inoltre, per poter emergere parallelamente all'asse ottico dovrà provenire dal fuoco della seconda. L'unica configurazione possibile è quindi che i fuochi delle due lenti coincidano, si ha quindi che:

$$d = f_1 + f_2$$

Il problema ci dice che se spostiamo la seconda lente, passando da ***d*** a ***d+a***, si forma una immagine a distanza b dalla seconda lente. Avere spostato la seconda lente significa che i fuochi non coincidono più e il punto nel quale il raggio luminoso attraversa l'asse ottico costituisce l'oggetto per la seconda lente. Abbiamo quindi che:

$$p = (d + a) - f_1 \quad , \quad q = b$$

Quindi:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f_2} \implies \frac{1}{(d+a) - f_1} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2} \implies \frac{1}{(f_1 + f_2 + a) - f_1} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2}$$

Semplificando otteniamo una equazione di secondo grado:

$$f_2^2 + af_2 - ab = 0$$

Che fornisce:

$$\boldsymbol{f_2 = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4ab}}{2} = 8.23\ cm}$$

Da cui otteniamo immediatamente f_1:

$$\boldsymbol{f_1 = d - f_2 = 21.77\ cm}$$

Ricordando la relazione fra il raggio di curvatura e la focale di una lente immersa in aria e osservando che nel nostro caso $R_2 = -R$ e $R_1 = R$:

$$\frac{1}{f_2} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = (n-1)\frac{2}{R}$$

Da cui:

$$\boldsymbol{n = \frac{R}{2f_2} + 1 = 2.82}$$

Problema n.3

Il massimo di interferenza di ordine m si calcola dalla formula:

$$d \cdot sen\theta_m = m\lambda \xrightarrow{angolo\ piccolo} \theta_m = \frac{m\lambda}{d}$$

La distanza, sullo schermo, fra due frange successive è data da:

$$\Delta x = f(\theta_{m+1} - \theta_m) = f\left((m+1)\frac{\lambda}{d} - m\frac{\lambda}{d}\right) = f\frac{\lambda}{d}$$

Da cui otteniamo:

$$\boldsymbol{d = f\frac{\lambda}{\Delta x} = 0.2\ mm}$$

Sappiamo che il minimo di diffrazione si trova a partire dall'espressione:

$$a \cdot sen\theta_{m'} = m'\lambda \xrightarrow{angolo\ piccolo} \theta_{m'} = \frac{m'\lambda}{a}$$

Dove a è la larghezza delle fenditure.
Se il massimo di interferenza di ordine $m=8$ non è visibile, deve accadere che tale massimo coincide con il minimo di diffrazione di ordine $m'=1$, quindi abbiamo che:

$$\theta_{m'=1} = \frac{\lambda}{a} = \theta_{m=8} = \frac{8\lambda}{d} \implies \frac{\lambda}{a} = \frac{8\lambda}{d} \implies \boldsymbol{a = \frac{d}{8} = 25\ \mu m}$$

Infine, sapendo che il posizionamento di una lastra davanti ad una delle due fenditure provoca uno spostamento dei massimi di ***20 ordini***. La differenza di fase introdotta dalla lamina sarà:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}ns - \frac{2\pi}{\lambda}s = \frac{2\pi}{\lambda}(n-1)s$$

E anche:

$$\Delta\phi = 20 \cdot 2\pi$$

Da cui:

$$\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)s = 20 \cdot 2\pi \quad \Longrightarrow \quad \boldsymbol{n = \frac{20\lambda}{s} + 1 = 1.25}$$