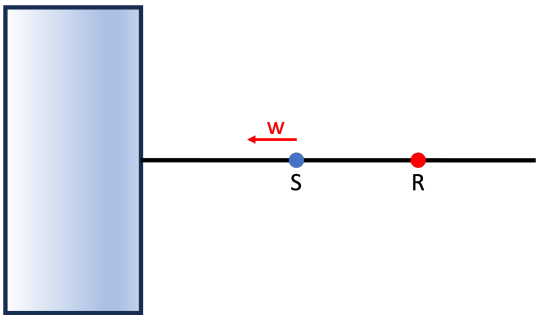
Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica – Fisica 3
08 Settembre 2023 – ore 08.30 - aula G

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]*

Una sorgente in movimento, ***S,*** emette onde sonore sferiche di frequenza f_0***=1 kHz***. La sorgente si muove verso una parete, che riflette l'onda emessa, con velocità ***w=5 m/s.*** Quali sono le frequenze delle onde che osserva il rivelatore ***R,*** fermo e disposto rispetto alla sorgente come in figura? Come cambiano le cose se la parete si muove con velocità ***w*** verso il rivelatore? (velocità del suono, ***v=340 m/s***)



Problema 2 *[voto 8/30]*

Abbiamo da due lenti sottili simmetriche, una convergente e una divergente. Il valore del raggio di curvatura è identico per tutte le superfici ed è pari a ***R=10 cm***. L'indice di rifrazione del materiale di cui è fatta la lente convergente è n_c***=1.70***, mentre quello della lente divergente è n_d***=1.51***. Le due lenti vengono addossate e poi immerse in acqua (n_a***=1.33***), qual è la lunghezza focale del sistema delle due lenti in acqua? Supponendo che vengano immerse in un liquido di indice di rifrazione ***n***, quale deve essere il valore di ***n*** perché la focale del sistema sia ***f=45 cm***?

Problema 3 *[voto 8/30]*

Una luce bianca (***0.4 μm*** $< \lambda <$ ***0.7 μm***) investe un reticolo di diffrazione che ha ***1600 righe/cm*** Lo spettro del primo ordine è osservato nel piano focale di una lente con ***f=20 cm***. Calcolare la larghezza Δx dello spettro del primo ordine.

Quesito 1 *[voto 2/30]*

Se si copre la metà superiore di una lente che fornisce un'immagine sul suo piano focale cose succeda all'immagine? (argomentare la risposta)

Quesito 2 *[voto 2/30]*

Potete spiegare perché in un reticolo di diffrazione la larghezza dei massimi principali, $\Delta\theta_m$, diminuisce all'aumentare del numero ***N*** di fenditure? (argomentare la risposta)

Quesito 3 *[voto 2/30]*

Perché gli anelli d'interferenza di Newton sono più fitti verso l'esterno? (argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Ricordiamo la formula generale per l'effetto Doppler:

$$f' = f_0 \frac{v \pm v_{riv}}{v \mp v_{sorg}}$$

Dove il segno + o meno dipende dal moto di sorgente e rivelatore. Nel nostro caso la parete è equivalente ad un rivelatore che rivela l'onda e la ritrasmette alla stessa frequenza.
Le onde emesse dalla sorgente in movimento, $\boldsymbol{v_{sorg} = w}$, sono sferiche e quindi si propagano sia verso la parete, che verso il rivelatore. L'onda emessa direttamente verso il rivelatore sarà percepita ad una frequenza diversa da quella di emissione e, poiché la sorgente si allontana dal rivelatore (segno + al denominatore), avremo:

$$f = f_0 \frac{v}{v + w} = \mathbf{985.5\ Hz}$$

Il rivelatore, tuttavia percepirà anche la frequenza dell'onda che si è riflessa sul muro e si propaga verso il rivelatore stesso. La frequenza "vista dal muro" e da esso riflessa sarà:

$$f' = f_0 \frac{v}{v - w} = \mathbf{1015\ Hz}$$

Se la parete si muove verso il rivelatore, non cambia nulla per la frequenza ***f***, perché essa dipende solo dalla sorgente e dal rivelatore. Cambia invece il calcolo per la frequenza ***f '***. Infatti, dobbiamo tenere conto che ora la parete si muove verso la sorgente ***S***, quindi nell'espressione generale scritta sopra, al numeratore si avrà il segno "+" e al denominatore il segno "-". In definitiva, la frequenza "vista" dalla parete e riemessa dalla parete stessa sarà:

$$f' = f_0 \frac{v + w}{v - w} = \mathbf{1030\ Hz}$$

Questa sarà la frequenza dell'onda emessa, per riflessione, dalla parete. Tale frequenza verrà percepita dal rivelatore come emessa da una sorgente in movimento verso il rivelatore, quindi:

$$f'' = f' \frac{v}{v - w} = f_0 \frac{v + w}{v - w} \frac{v}{v - w} = f_0 \frac{v(v + w)}{v^2 - w^2} = \mathbf{1045.4\ Hz}$$

Problema n.2

La lunghezza focale di una lente sottile ***immersa in aria*** è:

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

Essendo $\boldsymbol{R_1}$ ed $\boldsymbol{R_2}$ i raggi di curvatura delle due superfici diottriche ed ***n*** l'indice di rifrazione del materiale di cui è costituita la lente. Il problema ci dice che le due lenti sono simmetriche ($\boldsymbol{R_1 = R_2}$) che sono immerse in acqua, quindi avremo:

$$\frac{1}{f_c} = \left(\frac{n_c - n_a}{n_a}\right)\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{(-R)}\right) = \frac{2}{R}\left(\frac{n_c}{n_a} - 1\right)$$

E, per la lente divergente:

$$\frac{1}{f_d} = \left(\frac{n_d - n_a}{n_a}\right)\left(\frac{1}{(-R)} - \frac{1}{R}\right) = -\frac{2}{R}\left(\frac{n_d}{n_a} - 1\right)$$

Quando queste sono poste a contatto si ha un sistema di due lenti addossate la cui lunghezza focale complessiva è:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_c} + \frac{1}{f_d} = \frac{2}{R}\left(\frac{n_c}{n_a} - 1\right) - \frac{2}{R}\left(\frac{n_d}{n_a} - 1\right) = \frac{2}{R}\left(\frac{n_c - n_d}{n_a}\right)$$

Infine:

$$f = \frac{n_a R}{2(n_c - n_d)} = \mathbf{35\ cm}$$

Per rispondere alla seconda domanda, basta imporre che ***f=45 cm*** e dalla formula precedente otteniamo:

$$n = \frac{2f(n_c - n_d)}{R} = \mathbf{1.71}$$

Problema n.3

Calcoliamo prima di tutto il passo del reticolo:

$$d = \frac{1}{1600} = 6.25\ \mu m$$

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

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

Calcoliamo la posizione angolare del massimo del primo ordine (***m=1***) per le lunghezze d'onda estreme dell'intervallo, λ_1***=400 nm*** e per λ_2***=700 nm***:

$$sen\theta_1 = \frac{\lambda_1}{d} = 0.064$$

E:

$$sen\theta_2 = \frac{\lambda_2}{d} = 0.112$$

Entrambi i valori sono tali da poter assumere $sen\theta \approx \theta \approx tg\theta$. Infine:

$$\Delta x = f(tg\theta_2 - tg\theta_1) \approx f(\theta_2 - \theta_1) = \mathbf{9.6\ mm}$$