Politecnico di Bari
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
4 settembre 2026 – ore 08.30 – Aula A

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 prova non sufficiente o svolgimento della prova non esaustivo, il docente si riserva la possibilità di effettuare un colloquio individuale per definire l'esito dell'esame.

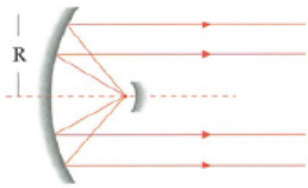
Problema 1 *[voto 8/30]*

Consideriamo un recipiente appoggiato su un tavolo. Sul fondo del recipiente vi è uno strato di materiale solido, trasparente, il cui indice di rifrazione è $n_2=1.3$, di spessore $d=20$ cm. Sopra tale strato è posto un secondo strato di materiale il cui indice di rifrazione è $n_1=1.6$, di spessore D. Un raggio luminoso arriva sullo strato superiore con un angolo di incidenza $\theta_1=40°$. Sapendo che il raggio impiega lo stesso tempo per attraversare entrambi gli strati, determinare lo spessore D dello strato superiore.

Problema 2 *[voto 8/30]*

Si consideri un sistema ottico composto da una lente sottile convergente e da uno specchio concavo. Il sistema è tale che la luce proveniente dall'oggetto incontra prima la lente e poi lo specchio. Sapendo che la lente ha focale f, che la distanza lente-specchio è pari a $d=3f$, che lo specchio ha un raggio di curvatura pari a f, ***si costruisca graficamente l'immagine finale*** di un oggetto posto a distanza $p=f/3$ dalla lente e si calcoli l'ingrandimento della lente e dello specchio e il valore assoluto dell'ingrandimento complessivo del sistema ottico.

Problema 3 *[voto 8/30]*



Una sorgente di microonde produce impulsi di frequenza $\nu=5$ GHz e durata $\Delta t=3$ ns. Al fine di ottenere un fascio di microonde il cui fronte d'onda è piano, la sorgente, assunta puntiforme, è posta nel fuoco di un paraboloide conduttore di apertura $2R=100$ cm. La potenza media di ogni impulso è $P=40$ kW. Calcolare: a) la lunghezza d'onda del fascio di microonde; b) l'energia totale di ciascun impulso; c) l'intensità del fascio di microonde; d) l'ampiezza del campo elettrico e del campo magnetico; e) la forza F esercitata durante un impulso su una superficie perfettamente riflettente ortogonale al fascio.

Quesito 1 *[voto 2/30]*

Illustrare il principio di funzionamento di un trattamento antiriflesso applicato a una lastra di vetro. Per quale lunghezza d'onda è conveniente studiare i parametri del sistema?

Quesito 2 *[voto 2/30]*

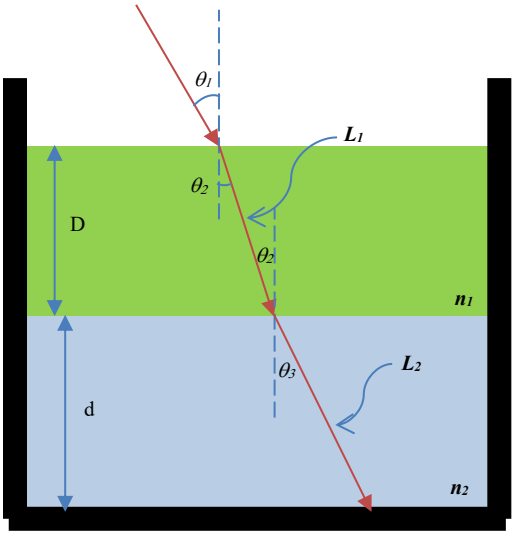
Spiegare cosa accade a un'onda non polarizzata che attraversa una lamina polarizzatrice. Come cambia l'intensità trasmessa quando l'angolo dell'asse della lamina viene ruotato?

Quesito 3 *[voto 2/30]*

Come si dimostra che le onde elettromagnetiche possono essere solo trasversali? (discutere nel dettaglio)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1



Se $\boldsymbol{\theta_1}$ è l'angolo con cui la luce incide sullo strato superiore e $\boldsymbol{\theta_2}$ l'angolo del fascio rifratto:

$$\text{sen}\,\theta_1 = n_1\,\text{sen}\,\theta_2 \quad \Longrightarrow \quad \text{sen}\,\theta_2 = \frac{\text{sen}\,\theta_1}{n_1}$$

Da cui, in radianti:

$$\boldsymbol{\theta_2 = 0.413\ (23.68°)}$$

Alla superficie di separazione fra i due materiali avremo una ulteriore rifrazione e chiamando $\boldsymbol{\theta_3}$ l'angolo dopo la seconda rifrazione:

$$n_1\text{sen}\,\theta_2 = n_2\,\text{sen}\,\theta_3 \quad \Longrightarrow \quad \text{sen}\,\theta_3 = \frac{n_1\text{sen}\,\theta_2}{n_2} = \frac{\text{sen}\,\theta_1}{n_2} \quad \Longrightarrow \quad \boldsymbol{\theta_3 = 0.517\ (29.63°)}$$

Il tempo impiegato per attraversare lo strato superiore sarà:

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{D/\cos\theta_2}{c/n_1}$$

Mentre per il secondo:

$$t_2 = \frac{L_2}{v_2} = \frac{d/\cos\theta_3}{c/n_2}$$

Dovendo essere uguali:

$$t_1 = t_2 \quad \Longrightarrow \quad \frac{\frac{D}{\cos\theta_2}}{\frac{c}{n_1}} = \frac{\frac{d}{\cos\theta_3}}{\frac{c}{n_2}} \quad \Longrightarrow \quad D\frac{n_1}{\cos\theta_2} = d\frac{n_2}{\cos\theta_3}$$

E quindi:

$$\boldsymbol{D = d\frac{n_2}{n_1}\frac{\cos\theta_2}{\cos\theta_3} = 17.12\ cm}$$

Problema n.2

Sappiamo che per la lente vale la formula:

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

da cui otteniamo:

$$\frac{3}{f}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

Da cui:

$$\boldsymbol{q=-\frac{f}{2}}$$

L'ingrandimento sarà quindi:

$$\boldsymbol{I=\frac{q}{p}=-\frac{f}{2}*\frac{3}{f}=\frac{3}{2}}$$

Poiché l'immagine si forma a sinistra della lente, la distanza dallo specchio sarà:

$$p'=|q|+d=\frac{f}{2}+3f=\frac{1+6}{2}f=\frac{7}{2}f$$

E quindi, per lo specchio:

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

Ricordando che specchio concavo significa R<0:

$$\frac{2}{7f}-\frac{1}{q'}=-\left(-\frac{2}{f}\right)$$

E:

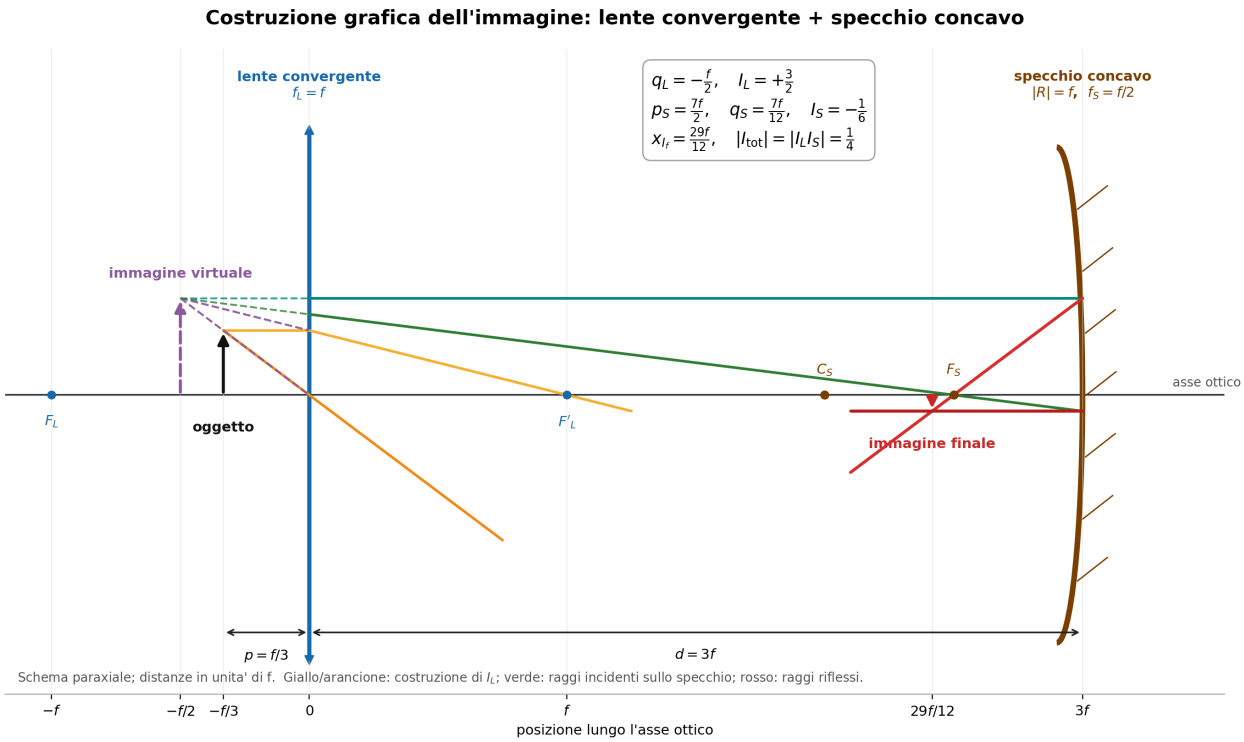
$$\boldsymbol{q'=-\frac{7}{12}f}$$

L'ingrandimento dello specchio sarà:

$$\boldsymbol{I'=-\frac{q'}{p'}=-\left(-\frac{7f}{12}\right)*\frac{2}{7f}=\frac{2}{12}=\frac{1}{6}}$$

L'ingrandimento complessivo sarà:

$$\boldsymbol{I_{tot}=|I*I'|=\frac{3}{2}*\frac{1}{6}=\frac{1}{4}=0.25}$$



Problema n.3

La lunghezza d'onda è data da:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8\ m\ s^{-1}}{20 \cdot 10^9\ s^{-1}} = 1.5 \cdot 10^{-2}\ m = \mathbf{6.0\ cm}$$

Detta $\mathcal{P}$ la potenza, pari a ***40 kW***, l'intensità, l'energia per impulso sarà:

$$E = \mathcal{P}t = 25 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}\ J = \mathbf{120\ \mu J}$$

Se l'apertura del paraboloide è ***2R*** si può assumere che la superficie "vista" dalla radiazione sia un cerchio di raggio ***R***, quindi:

$$I = \frac{\mathcal{P}}{\pi R^2} = \mathbf{5.09 \cdot 10^4\ \frac{W}{m^2}}$$

Sapendo poi che:

$$I = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2$$

Otteniamo:

$$E_0 = \sqrt{\frac{2I}{c\varepsilon_0}} = \mathbf{6.19 \cdot 10^3\ \frac{V}{m}}$$

E:

$$B_0 = \frac{E_0}{c} = \mathbf{2.06 \cdot 10^{-5}\ T}$$

Infine, la pressione di radiazione sarà:

$$p = \frac{2I}{c}$$

E infine, detta considerata una superficie di generica area ***r***, la forza è:

$$F = pS = \frac{2I}{c}\pi r^2 = \frac{2}{c}\frac{\mathcal{P}}{\pi r^2}\pi r^2 = \frac{2\mathcal{P}}{c} = \mathbf{2.67 \cdot 10^{-4}\ N}$$