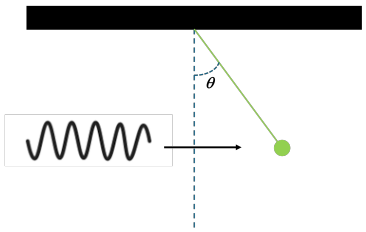
Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
11 febbraio 2025 – ore 08.30 aule A e C

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'onda elettromagnetica piana, $E_0=10^6\ Vm^{-1}$, investe una sfera, $r=1\ cm$, sospesa verticalmente al soffitto di una stanza tramite un filo ideale. Quando è investita dalla radiazione, la sfera ne riflette il 70% e forma un angolo $\theta=5°$ con la verticale, vedi figura. Calcolare la massa della sfera.



Problema 2 *[voto 8/30]*

Un sistema ottico è costituito da una lente convergente, $f=10\ cm$, e da un diottro concavo ($n=1.6$), che dista $d=f/2$ dalla lente. I raggi luminosi incontrano prima la lente e poi il diottro. Se si pone un oggetto nella posizione $p=3f$ rispetto alla lente, si osserva che l'ingrandimento del solo diottro è $I=2$, determinare il raggio del diottro (con segno) e costruire l'immagine fornita dal sistema.

Problema 3 *[voto 8/30]*

Il sistema di $N = 4$ fenditure viene investito da un'onda elettromagnetica piana. Le fenditure hanno larghezza a e distano $d=5\ mm$. Si osserva che nell'intervallo $0 \leq \theta \leq \pi/2$, oltre al massimo principale di ordine $m=0$, è visibile solo il massimo di ordine $m=1$ a $\theta=\pi/6$. Calcolare:

1) la frequenza della radiazione usata;
2) la larghezza, a, delle fenditure;
3) il rapporto tra le intensità dei due massimi principali osservati;

Quesito 1 *[voto 2/30]*

Quali sono le convenzioni su p, q, R e f che abbiamo usato in ottica geometrica?

Quesito 2 *[voto 2/30]*

Cosa è l'apertura numerica di una fibra ottica e cosa descrive? (Argomentare la risposta)

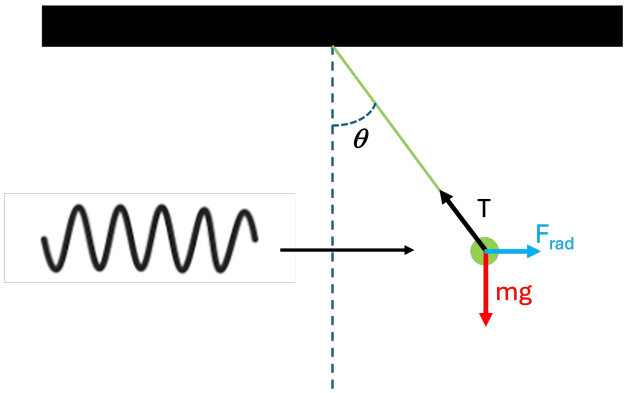
Quesito 3 *[voto 2/30]*

Scrivere le equazioni di Maxwell in forma differenziale e dare il significato fisico di ognuna di esse.

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Se il sistema è in equilibrio possiamo fare il diagramma delle forze. Si vede subito che:



$$\begin{cases} T \operatorname{sen}\theta = F_{rad} \\ T\cos\theta = mg \end{cases}$$

Dal rapporto otteniamo:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{F_{rad}}{mg}$$

Calcoliamo la forza orizzontale, $\boldsymbol{F_{rad}}$, indotta dalla pressione di radiazione sulla sfera. La superficie "vista" dalla radiazione EM sarà una circonferenza di raggio $\boldsymbol{r}$. La sfera riflette il 70% della radiazione che la investe; quindi abbiamo un coefficiente di riflessione $\boldsymbol{\eta=0.7}$:

$$F_{rad} = p \cdot \Sigma = \frac{I}{c}(1+\eta)\cdot\pi r^2 = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2(1+\eta)\cdot\pi r^2$$

Infine:

$$m = \frac{\varepsilon_0 E_0^2(1+\eta)\cdot\pi r^2}{2g\operatorname{tg}\theta} = \mathbf{2.75\times10^{-3}\ kg = 2.75\ g}$$

Problema n.2

Innanzi tutto, troviamo la posizione dell'immagine fornita dalla lente:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \quad\Rightarrow\quad \frac{1}{3f}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \quad\Rightarrow\quad q=\frac{3}{2}f$$

Poiché la distanza fra il vertice della lente e quello del diottro è $d=\frac{1}{2}f$, la posizione dell'oggetto per il diottro sarà data da:

$$p' = \frac{1}{2}f - \frac{3}{2}f = -f$$

L'oggetto si troverà al di là del diottro e sarà quindi un oggetto virtuale.

Scriviamo ora l'equazione del diottro ($\boldsymbol{n_1=1}$ e $\boldsymbol{n_2=n}$):

$$\frac{1}{p}+\frac{n}{q}=\frac{n-1}{R} \quad\Rightarrow\quad -\frac{1}{f}+\frac{n}{q}=\frac{n-1}{R}$$

Dall'ingrandimento, sempre tenendo conto degli indici di rifrazione, abbiamo che:

$$I=\frac{q}{np} \quad\Rightarrow\quad q = nIp = -nIf$$

Da cui:

$$-\frac{1}{f}-\frac{n}{nIf}=\frac{n-1}{R} \quad \Rightarrow \quad R=-fI\frac{n-1}{I+1}=\mathbf{-4\ cm}$$

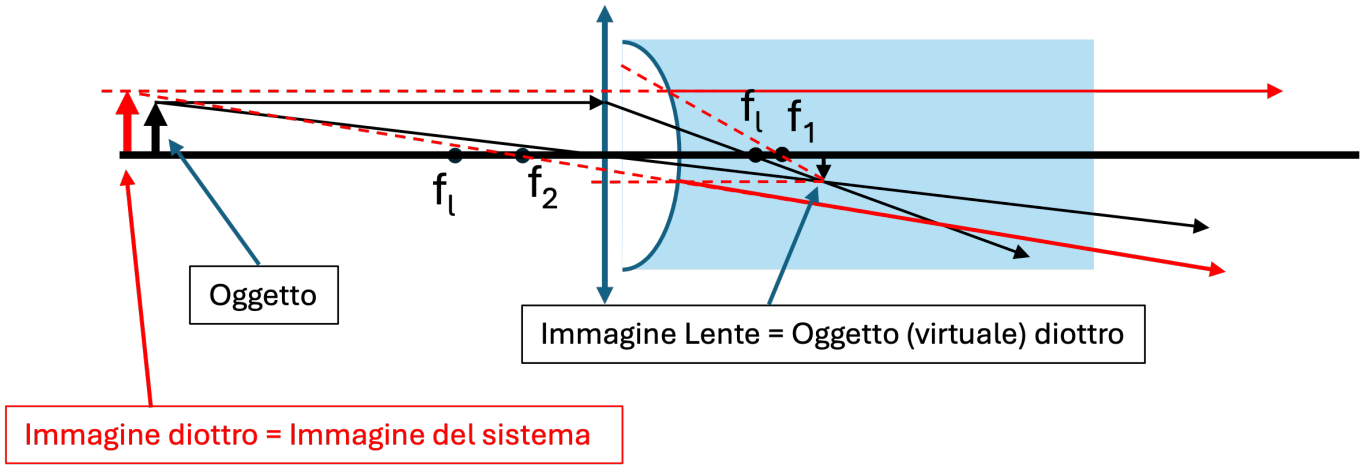
Per la costruzione dell'immagine è opportuno calcolare i fuochi del diottro:

$$f_2=\frac{n}{n-1}R=\mathbf{-10.66\ cm}$$

e

$$f_1=\frac{1}{n-1}R=\mathbf{-6.66\ cm}$$

Essendo entrambi i valori negativi, $\boldsymbol{f_2}$ si troverà davanti alla superficie diottrica e $\boldsymbol{f_1}$ si troverà dietro la superficie diottrica.
Nella costruzione dell'immagine, in nero i raggi relativi alla lente e in rosso quelli relativi al diottro.



Problema n.3

Abbiamo un reticolo con ***N=4*** fenditure, i massimi di interferenza si trovano usando la formula:

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

Sappiamo l'angolo, $\boldsymbol{\theta_1}$, del primo massimo, ***m=1***, quindi:

$$\lambda=\frac{d\cdot sen\theta_1}{m}=2.5\ mm$$

Da cui:

$$f=\frac{c}{\lambda}=\mathbf{120\ GHz}$$

Sempre a partire dalla espressione dei massimi, $d\cdot sen\theta=m\lambda$, sappiamo che $sen\theta\leq 1$, da cui:

$$m\frac{\lambda}{d}\leq 1 \quad \Rightarrow \quad m\leq\frac{d}{\lambda}=2$$

Quindi il massimo di ordine due (***m=2***), che sarebbe visibile in assenza di diffrazione, non essendolo, deve coincidere con il primo minimo di diffrazione:

$$sen\theta_1=2\frac{\lambda}{d} \quad e \quad sen\theta_1=1\frac{\lambda}{a}$$

Da cui:

$$2\frac{\lambda}{d} = \frac{\lambda}{a} \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{d}{2} = \mathbf{2.5\ mm}$$

Per il calcolo del rapporto fra l'intensità del massimo centrale e quello di ordine ***m=1***, ricordiamo che in assenza di diffrazione le loro intensità sarebbero identiche. Tuttavia, la diffrazione modula la loro intensità, quindi:

$$\frac{I_1}{I_0} = \left[\frac{sen\left(\frac{\pi a}{\lambda} sen\theta_1\right)}{\frac{\pi a}{\lambda} sen\theta_1}\right]^2 = \left[\frac{sen\left(\frac{\pi m a}{d}\right)}{\frac{\pi m a}{d}}\right]^2 = \left[\frac{sen\left(\frac{\pi a}{d}\right)}{\frac{\pi a}{d}}\right]^2 = \mathbf{0.405}$$