Politecnico di Bari
L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
06 novembre 2023 – ore 08.30 - aula D

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.

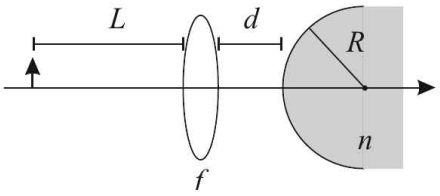
Problema 1 *[voto 8/30]*

Detta $d_{TS}=1.59x10^{11}$ **m** la distanza fra la Terra e il Sole ($M_S=1.99x10^{30}$ **kg**) e sapendo che l'intensità della radiazione EM solare, misurata sulla superficie terrestre, è $I_S=1380$ **W/m²**, calcolare:

a) l'intensità alla generica distanza ***d***;
b) il raggio ***r*** che deve avere una particella di forma sferica e densità $\rho=10^3$ **kg/m³**, perfettamente assorbente, perché la forza ***F*** esercitata su di essa dalla pressione di radiazione sia uguale in modulo alla forza F_G di attrazione gravitazionale verso il sole ($\gamma=6.67x10^{-11}$ **Nm²/kg²**).

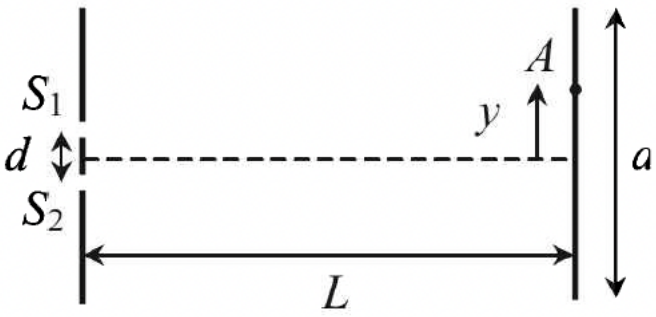
Problema 2 *[voto 8/30]*

In figura è illustrato un sistema ottico costituito da una lente sottile convergente e un diottro sferico. Sapendo che la focale della lente è ***f=5 cm***, che ***d=3 cm,*** che ***R=4 cm*** e che l'indice di rifrazione del diottro è ***n=1.6***, **costruire l'immagine** di un oggetto posto a distanza ***p=L=10 cm*** a sinistra della lente. Calcolare inoltre l'ingrandimento complessivo del sistema ottico.



Problema 3 *[voto 8/30]*

In figura è mostrato un dispositivo di Young realizzato con due fenditure, investite da un fascio di luce la cui lunghezza d'onda è $\lambda=600$ **nm**, distanti ***d=0.4 mm*** e da uno schermo posto a ***L=2 m*** dal piano che contiene le fenditure. Se una delle fenditure viene chiusa, si osserva che l'intensità della luce sullo schermo è $I_0=3$ **W/m²** Determinare, quando le fenditure sono entrambe aperte, l'intensità che si ha nel punto A dello schermo, distante ***y=5.4 mm*** dal centro dello schermo stesso.



Quesito 1 *[voto 2/30]*

Come è definito il vettore di Poynting e cosa rappresenta? (argomentare la risposta)

Quesito 2 *[voto 2/30]*

E' possibile che la luce provenendo dall'aria possa riflettersi totalmente incidendo sull'acqua? (argomentare la risposta)

Quesito 3 *[voto 2/30]*

Che cosa dimostrò Hertz nel suo esperimento? (argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

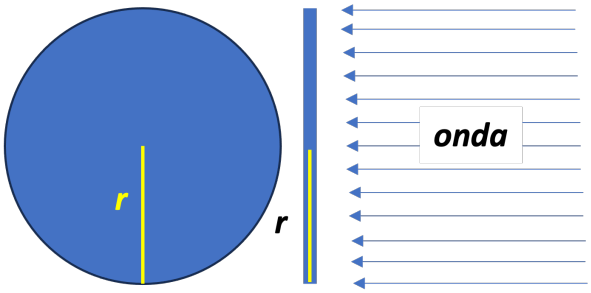
Problema n.1

Immaginando il sole come una sorgente di onde elettromagnetiche, sappiamo che la potenza emessa è costante:

$$\mathcal{P} = I\Sigma = cost. \quad \longrightarrow \quad I_d(4\pi d^2) = I_S\left(4\pi {d_{TS}}^2\right)$$

E quindi l'intensità alla generica distanza ***d*** sarà:

$$I_d = I_S\left(\frac{{d_{TS}}^2}{d^2}\right)$$



In prossimità della particella la forza sarà:

$$F = p_{rad} \cdot \pi r^2 = \frac{I_d}{c} \cdot \pi r^2 = I_S\left(\frac{{d_{TS}}^2}{d^2}\right) \cdot \frac{\pi r^2}{c}$$

Essendo ***r*** il raggio della superficie investita dall'onda. La forza con cui la particella è attirata dal sole sarà (in modulo):

$$F_g = \gamma \frac{M_s m}{d^2} = \gamma \frac{M_s}{d^2} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$

Infine:

$$\gamma \frac{M_s}{d^2} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \rho = I_S\left(\frac{{d_{TS}}^2}{d^2}\right) \cdot \frac{\pi r^2}{c}$$

Da cui:

$$r = I_S \frac{3{d_{TS}}^2}{4\rho\gamma c M_s} = \mathbf{6.57 \cdot 10^{-8}\ m}$$

Problema n.2

Determiniamo l'immagine prodotta dalla lente sottile:

$$\frac{1}{L} + \frac{1}{q_l} = \frac{1}{f}$$

Da cui:

$$q_l = \frac{fL}{L - f} = \mathbf{10\ cm}$$

L'immagine della lente è l'oggetto del diottro, la cui equazione è:

$$\frac{n_1}{p_d} + \frac{n_2}{q_d} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Nel nostro caso, $\boldsymbol{n_1 = 1}$ (il sistema è in aria), $\boldsymbol{n_2 = n}$ (indice di rifrazione del diottro), $\boldsymbol{R}$ è il raggio di curvatura del diottro e infine $\boldsymbol{p_d = d - q_l = -7\ cm}$:

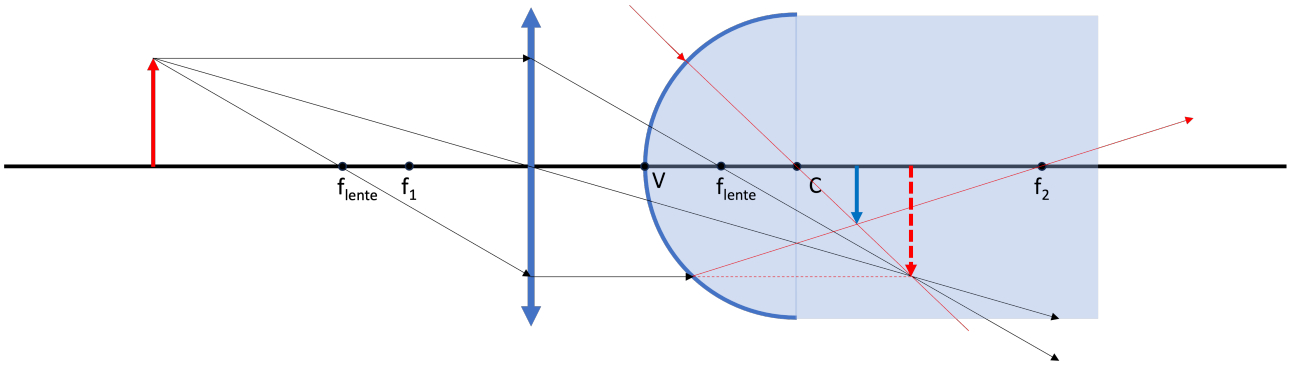
$$\frac{1}{d - q_l} + \frac{n}{q_d} = \frac{n-1}{R} \quad \Rightarrow \quad q_d = \frac{nR(d - q_l)}{(n-1)(d - q_l) - R} = \mathbf{5.46\ cm}$$

Per la costruzione dell'immagine ci servo i fuochi del diottro che sono dati da:

$$f_1 = \frac{n_1}{n_2 - n_1} R \qquad f_2 = \frac{n_2}{n_2 - n_1} R$$

Da cui:

$$f_1 = \frac{1}{(n-1)} R = \mathbf{6.67\ cm} \quad e \quad f_2 = \frac{n}{(n-1)} R = \mathbf{10.67\ cm}$$



(In ROSSO, linea tratteggiata, l'immagine della sola lente che è l'oggetto del diottro, in BLU l'immagine finale del sistema)

L'ingrandimento trasversale (in modulo) è il prodotto dell'ingrandimento dei singoli sistemi ottici:

$$I = I_{lente} \cdot I_{diottro} = \left(-\frac{q_l}{p_l}\right) \frac{n_1 q_d}{n_2 p_d}$$

Che nel nostro caso diventa:

$$I = \left(-\frac{q_l}{L}\right) \frac{q_d}{n_2 (d - q_l)} = \mathbf{0.49}$$

Osservazione: *L'immagine della lente, che costituisce l'oggetto per il diottro è all'interno del diottro. Per il diottro, quindi, l'oggetto è virtuale. Tuttavia, l'indice di rifrazione da usare nel primo termine dell'equazione del diottro (n_1/p) è $n_1=1$ perché lo spazio immagine è comunque in aria e quell'indice di rifrazione non dipende dalla natura virtuale o reale dell'oggetto.*

Problema n.3

In generale, l'ampiezza sullo schermo è data da:

$$I = I_1 + I_2 + \sqrt{I_1 I_2} \cos\delta$$

Tuttavia, il problema ci dice che se si chiude una fenditura si osserva che l'intensità sullo schermo è pari a $\boldsymbol{I_0}$. Questo implica che l'intensità è identica per la luce che proviene da entrambe le fenditure. Siamo quindi in grado di scrivere che l'intensità è:

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

Calcoliamo il valore di $\boldsymbol{\delta}$:

$$\delta = k(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) \cong \frac{2\pi}{\lambda} d \operatorname{sen} \theta$$

Per angoli piccoli:

$$\operatorname{sen} \theta \approx \operatorname{tg} \theta = \frac{y}{L}$$

Infine:

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\pi dy}{\lambda L} = \mathbf{7.86}\ \frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2}}$$