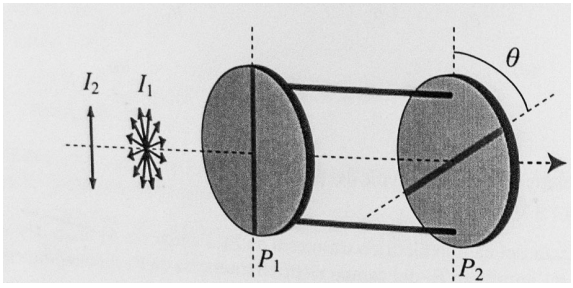
# Politecnico di Bari
# L3 in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
# Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica
# 11 Settembre 2024 – ore 08.30 - Aula A

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

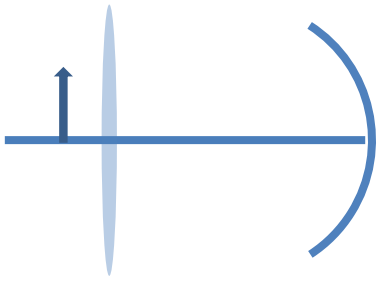
***Problema 1*** *[voto 8/30]*

Il sistema ottico in figura è costituito da due polarizzatori i cui assi ottici formano un angolo fisso $\theta=60°$. Sul sistema incidono due fasci di luce sovrapposti, il primo, di intensità $I_2$, è polarizzato verticalmente e parallelo alla posizione iniziale dell'asse ottico del primo polarizzatore $P_1$. Il secondo, di intensità $I_1$, non è polarizzato. Mantenendo fisso l'angolo $\theta$, si ruota il sistema e si misura l'intensità della luce dopo il secondo polarizzatore $P_2$, osservando che questa è compresa fra il massimo $I_{max}=4\ Wm^{-2}$ e il minimo $I_{min}=2\ Wm^{-2}$. Determinare il valore iniziale di $I_1$ e $I_2$.




***Problema 2*** *[voto 8/30]*

Si consideri un sistema ottico costituito da una lente convergente, di focale $f=10\ cm$, e da uno specchio concavo, di raggio $R=-20\ cm$, disposti come in figura. Sapendo che un oggetto si trova a distanza $p=2\ cm$ dalla lente e che la distanza fra la lente e lo specchio è $d=20\ cm$, costruire graficamente l'immagine dell'oggetto fornita dal sistema lente-specchio e calcolare l'ingrandimento totale del sistema.



***Problema 3*** *[voto 8/30]*

Un reticolo di diffrazione ($N=2500$), le cui fenditure sono larghe $b$ e distano fra loro $a$, è illuminato con luce di lunghezza d'onda $\lambda=0.6\ \mu m$ e intensità $I_0=4\ Wm^{-2}$. I primi tre massimi principali di interferenza (di ordine $m=0$, $m=1$ e $m=2$) si osservano agli angoli $\theta_0=0°$, $\theta_1=2.86°$ e $\theta_2=5.74°$. Il massimo di ordine $m=3$, **per effetto della diffrazione,** è invece assente. Calcolare: 1) il valore di $a$; 2) il valore di $b$; 3) l'intensità del massimo principale osservato a $\theta_2=5.74°$.

---

***Quesito 1*** *[voto 2/30]*

In un'onda elettromagnetica piana la densità di energia legata al campo elettrico E e al campo magnetico B sono uguali o diverse? (Argomentare la risposta)

***Quesito 2*** *[voto 2/30]*

La profondità apparente di un oggetto posto al disotto della superficie dell'acqua dipende dall'angolo di visuale dell'osservatore? (argomentare la risposta)

***Quesito 3*** *[voto 2/30]*

Nell'esperimento delle due fenditure di Young la sorgente è di luce bianca. Davanti ad una delle due fenditure viene posto un filtro che fa passare luce rossa ($\lambda_R=0.7\ \mu m$), mentre davanti all'altra è posto un filtro di luce blu ($\lambda_B=0.45\ \mu m$). Si osserverà ancora un sistema di frange d'interferenza? (argomentare la risposta)

SOLUZIONI dei problemi

**Problema n.1**

Quando il fascio non polarizzato attraversa il primo polarizzatore ($P_1$) l'intensità trasmessa si dimezza, il passaggio attraverso il polarizzatore $P_2$, fornirà, per la legge di Malus:

$$I_{non\ polar} = \left(\frac{I_1}{2}\right)\cos^2\theta$$

Il fascio polarizzato, che è inizialmente allineato con l'asse ottico del polarizzatore $P_1$ (vedi figura), attraverserà il polarizzatore stesso senza subire attenuazione, ma sarà attenuato dopo aver attraversato $P_2$, sempre per effetto della legge di Malus. Abbiamo quindi:

$$I_{polar} = I_2\cos^2\theta$$

Quando ruotiamo il sistema, l'intensità del fascio non polarizzato non cambierà, mentre cambierà l'intensità del fascio polarizzato. Infatti, quando la rotazione del sistema è tale che l'asse del primo polarizzatore è ortogonale alla direzione di polarizzazione del fascio $I_2$, non vi sarà alcuna trasmissione attraverso il primo polarizzatore e quindi non avremo nulla in uscita dal sistema.
Ricapitolando, l'intensità del fascio non polarizzato non cambia mai, mentre quella del fascio polarizzato passa dal valore massimo $I_{polar} = I_2\cos^2\theta$ a quello minimo $I_{polar} = 0$.
Abbiamo quindi un sistema di due equazioni:

$$I_{max} = \left(\frac{I_1}{2} + I_2\right)\cos^2\theta$$

e

$$I_{min} = \left(\frac{I_1}{2}\right)\cos^2\theta$$

Da cui otteniamo:

$$I_1 = \frac{2I_{min}}{\cos^2\theta} = \mathbf{16}\ {}^{\boldsymbol{W}}\!/_{\boldsymbol{m^2}}$$

$$I_2 = \frac{I_{max}}{\cos^2\theta} - \frac{I_1}{2} = \mathbf{8}\ {}^{\boldsymbol{W}}\!/_{\boldsymbol{m^2}}$$

**Problema n.2**

Scriviamo equazione della lente:

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

Nel nostro caso otterremo ***q= -2.5 cm.*** Questo vuole dire che l'immagine si forma prima della lente. Quindi la posizione dell'oggetto per lo specchio sarà:

$$p_s = d + |q| = 22.5\ cm$$

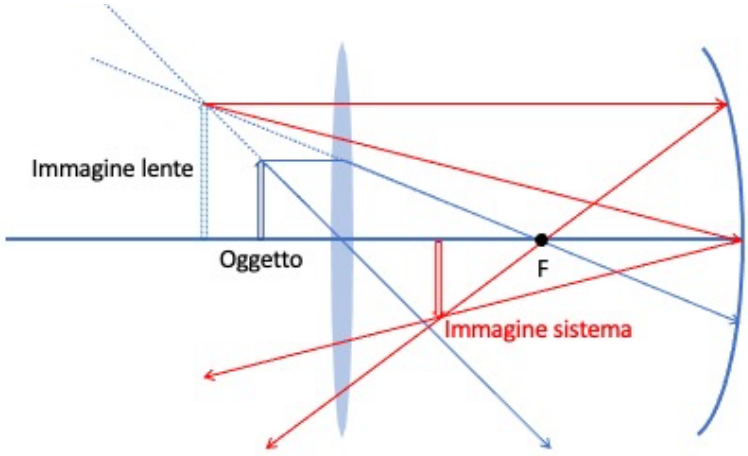
L'equazione dello specchio è:

$$\frac{1}{p_s} - \frac{1}{q_s} = -\frac{2}{R}$$

Da cui otteniamo $\boldsymbol{q_s}$***= -18 cm***.
L'ingrandimento totale è:

$$I = I_{lente}\cdot I_{specchio} = \frac{q}{p}\cdot\left(-\frac{q_s}{p_s}\right) = \left(\frac{-2.5\ cm}{2\ cm}\right)\left(-\frac{-18\ cm}{22.5\ cm}\right) = (-1.25)\cdot 0.8 = \mathbf{1}$$

Per la costruzione dell'immagine osserviamo che il fuoco della lente e quello dello specchio coincidono nel punto ***F***. In blu sono indicati i raggi utilizzati per la costruzione dell'immagine della lente, mentre in rosso quelli per la costruzione dell'immagine dello specchio. L'oggetto per lo specchio è l'immagine (virtuale) della lente. L'immagine finale è sicuramente reale.




**Problema n.3**

Per un reticolo di diffrazione i massimi principali si hanno quando:

$$a \operatorname{sen}\theta = m\lambda \overset{m=1}{\Longrightarrow} a = \frac{\lambda}{\operatorname{sen} 2.86} = \mathbf{12\ \mu m}$$

Il massimo di interferenza di ordine ***m=3*** non si osserva perché evidentemente coincide con il primo minimo di diffrazione ***m'=1***, quindi:

$$\begin{cases} a \operatorname{sen}\theta_3 = 3\lambda \\ b \operatorname{sen}\theta_3 = \lambda \end{cases} \Rightarrow \frac{3\lambda}{a} = \frac{\lambda}{b} \Rightarrow b = \frac{a}{3} = \mathbf{4\ \mu m}$$

Per rispondere all'ultima domanda dobbiamo ricordare quanto vale l'intensità quando si tiene conto dei fenomeni combinati di diffrazione e interferenza:

$$I(\theta) = I_0 \left[\frac{\operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{\lambda} b \operatorname{sen}\theta\right)}{\frac{\pi}{\lambda} b \operatorname{sen}\theta}\right]^2 \left[\frac{\operatorname{sen}\left(N\frac{\pi}{\lambda} a \operatorname{sen}\theta\right)}{\operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{\lambda} a \operatorname{sen}\theta\right)}\right]^2$$

Sappiamo, dalla teoria, che la componente di intensità dovuta alla sola interferenza è sempre uguale per tutti i massimi principali, incluso il massimo centrale e vale:

$$\left[\frac{\operatorname{sen}\left(N\frac{\pi}{\lambda} a \operatorname{sen}\theta\right)}{\operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{\lambda} a \operatorname{sen}\theta\right)}\right]^2 = N^2$$

Inoltre, per un massimo principale vale:

$$a \operatorname{sen}\theta = m\lambda \Rightarrow \frac{\pi}{\lambda} b \operatorname{sen}\theta = \frac{\pi}{\lambda} b \frac{m}{a}\lambda = \pi m \frac{b}{a}$$

Quindi ancora:

$$I(\theta) = N^2 I_0 \left[\frac{\operatorname{sen}\left(\pi m \frac{b}{a}\right)}{\pi m \frac{b}{a}}\right]^2$$

Nel nostro caso ***m=2*** e ***a=3b***:

$$I(\theta) = N^2 I_0 \left[\frac{\operatorname{sen}\left(\frac{2}{3}\pi\right)}{\frac{2}{3}\pi}\right]^2 = \mathbf{4.45\ \frac{MW}{m^2}}$$