

# Fisica Sperimentale Elettromagnetismo

## Lezione 9

### Onde EM, Ottica, Interferenza, Diffrazione

---

Elisabetta Comini Università di Brescia  
Versione: 01 Novembre, 2012

Testo: P.Mazzoldi – M. Nigro – C. Voci  
Elementi di Fisica Elettromagnetismo

10.1 Un'onda elettromagnetica piana di frequenza  $\nu = 180$  MHz e ampiezza  $E_0 = 2$  mV/m si propaga lungo l'asse  $x$  ed è polarizzata nel piano  $xy$ . Calcolare: a) la lunghezza d'onda  $\lambda$ , il numero d'onda  $k$  e la pulsazione  $\omega$ . b) Scrivere l'equazione del campo elettrico  $\mathbf{E}$  e del campo magnetico  $\mathbf{B}$ ; calcolare: c) la densità d'energia elettromagnetica media  $u$ , d) l'intensità  $I$  ed e) la quantità di moto media per unità di superficie  $p$  trasportata.

10.2 Un'onda elettromagnetica piana polarizzata rettilineamente è descritta dall'equazione  $\mathbf{E} = 100 \cos(2.09x - 2\pi \cdot 10^8 t) \mathbf{u}_y$  V/m. Calcolare: a) il valore efficace  $E_{\text{eff}}$  del campo elettrico, b) del campo magnetico  $B_{\text{eff}}$ , c) la lunghezza d'onda  $\lambda$ , d) la frequenza  $\nu$ , e) l'intensità  $I$ .

**10.4** In una certa regione della terra la radiazione solare ha un campo magnetico di ampiezza  $B_0 = 1.8 \mu\text{T}$ . Calcolare:  
a) l'ampiezza  $E_0$  del campo elettrico, b) la densità massima  $u_{\text{max}}$  di energia e c) l'intensità massima della radiazione  $I_{\text{max}}$ .

- 10.6** Un'antenna parabolica ha un'apertura  $2R = 15$  m e riceve in direzione normale un segnale radio proveniente da una sorgente molto lontana, di ampiezza efficace  $E_{\text{eff}} = 2.83 \cdot 10^{-7}$  V/m. Assumendo che l'antenna assorba tutta la radiazione che la colpisce, calcolare la forza  $F$  esercitata dalla radiazione sull'antenna.

**10.10** Nel 1965 Penziac e Wilson scoprirono la *radiazione di microonde cosmica*, proveniente dall'espansione dell'universo iniziata dopo il Big-Bang. La densità media di energia elettromagnetica rilevata  $u_m = 4 \cdot 10^{-14} \text{ J/m}^3$  fu successivamente misurata con grandissima precisione con un rivelatore montato su un satellite. Calcolare l'ampiezza del campo elettrico  $E_0$  e del campo magnetico  $B_0$  della radiazione cosmica.

## PROBLEMI

11.1 Due onde luminose, di lunghezza d'onda  $\lambda_0 = 0.4 \mu\text{m}$ , attraversano due sottili lamine trasparenti di ugual spessore  $L = 4 \mu\text{m}$  e indici di rifrazione rispettivamente  $n_1 = 1.4$  e  $n_2 = 1.6$ . Calcolare: a) la lunghezza d'onda  $\lambda_i$  e b) il numero d'onde  $k_i$  all'interno dei due mezzi e c) la differenza di tempo di percorrenza  $\Delta t$ .

$$11.1 \quad \text{a) } \lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n_1} = 0.286 \mu\text{m} \quad , \quad \lambda_2 = \frac{\lambda_0}{n_2} = 0.25 \mu\text{m} \quad ; \quad \text{b) } k_1 = k_0 n_1 = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_1 =$$

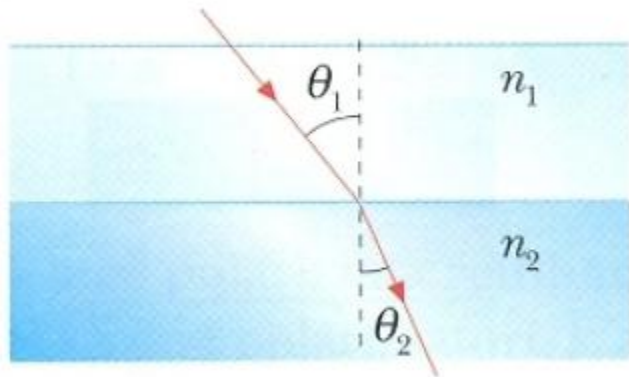
$$= 1.57 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \quad , \quad k_2 = k_0 n_2 = 2.51 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \quad ;$$

$$\text{c) } \Delta t = \frac{L}{c} (n_2 - n_1) = 2.67 \cdot 10^{-15} \text{ s} \quad ; \quad \text{d) } \Delta\phi = (k_2 - k_1)L =$$

$$= k_0 L (n_2 - n_1) = 4\pi : \text{ sono in fase .}$$

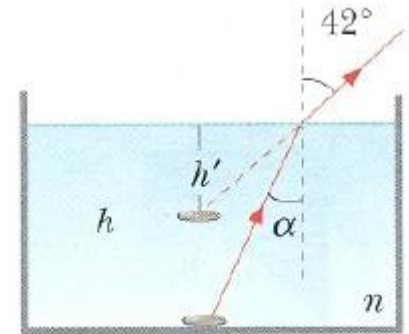


- 11.3 Un fascio di luce inizialmente in acqua ( $n_1 = 1.33$ ) entra in una sostanza trasparente con un angolo di incidenza  $\theta_1 = 37^\circ$  e il fascio rifratto esce ad un angolo  $\theta_2 = 25^\circ$ . Calcolare la velocità  $v_2$  della luce nella sostanza.

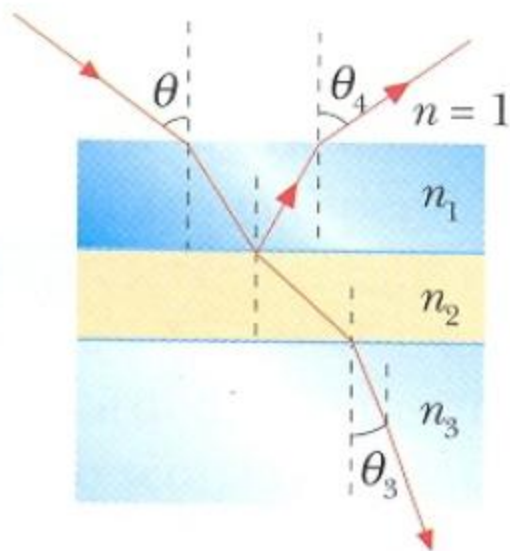




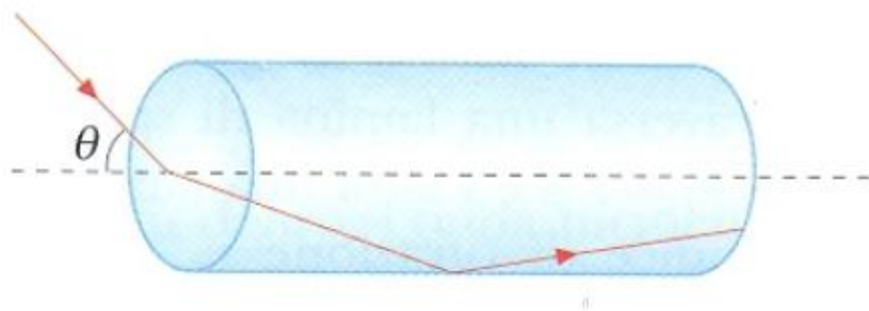
11.4 Un piccola moneta è posta sul fondo di una piscina piena d'acqua ( $n = 1.33$ ), profonda  $h = 2$  m. Calcolare la profondità  $h'$  apparente della moneta se essa viene osservata ad un angolo  $\theta = 42^\circ$  rispetto alla normale alla superficie dell'acqua.



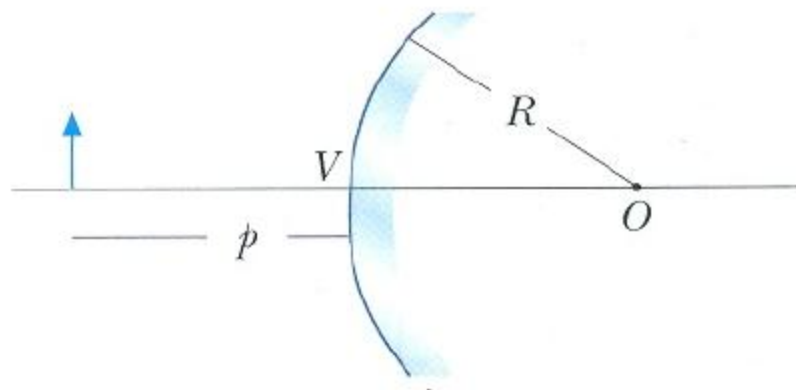
- 11.8 In figura un sottile fascio di luce incide su un sistema di tre lastre piane sovrapposte, aventi indici di rifrazione rispettivamente  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3 = 1.55$ , con un angolo d'incidenza  $\theta = 60^\circ$ . Calcolare: a)  $\theta_3$  e b)  $\theta_4$ .



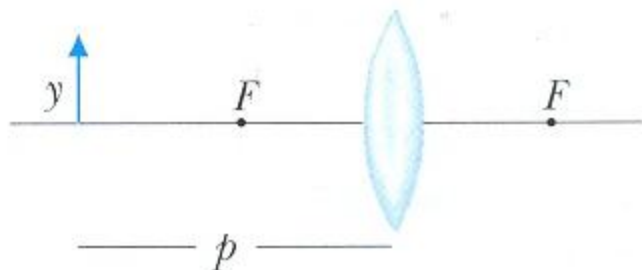
**11.13** In figura un sottile fascio di luce incide con un angolo  $\theta = 45^\circ$  sulla faccia di un cilindro di materiale trasparente avente indice di rifrazione  $n$ . Il fascio rifratto incide sulla superficie laterale del cilindro, riflettendosi totalmente. Calcolare l'indice di rifrazione minimo  $n$ , affinché ciò sia possibile.



- 12.8** Uno specchio sferico convesso ha raggio di curvatura  $R = 50$  cm. Un piccolo oggetto è posto sull'asse ottico a distanza  $p = 50$  cm dal vertice  $V$ . Calcolare la posizione  $q$  dell'immagine e il suo ingrandimento trasversale.



**12.24** Una lente sottile convergente ha focale  $f = 40$  cm. Calcolare le dimensioni dell'immagine di un oggetto di altezza  $y = 4$  cm, posto sul suo asse ottico alle distanze:  $p_1 = 50$  cm,  $p_2 = 60$  cm e  $p_3 = 200$  cm.



- 13.3** In un dispositivo di Young la distanza tra le fenditure è  $d = 5 \text{ mm}$  e queste distano  $L = 1.2 \text{ m}$  dallo schermo. Si osservano due figure d'interferenza, dovute una a luce con  $\lambda_1 = 0.48 \text{ }\mu\text{m}$  e l'altra con  $\lambda_2 = 0.6 \text{ }\mu\text{m}$ . Calcolare: a) la distanza  $\Delta x$  sullo schermo delle frange d'interferenza del quinto ordine delle due lunghezze d'onda e b) quali frange delle due figure si sovrappongono.

14.23 Confrontando due lunghezze d'onda di raggi X  $\lambda_1$  e  $\lambda_2 = 92$  pm, si nota che  $\lambda_1$  dà un massimo del primo ordine per un angolo di radenza  $\theta_1 = 30^\circ$ , mentre  $\lambda_2$  dà un massimo del terzo ordine per  $\theta_2 = 60^\circ$ . Calcolare: a) la distanza  $d$  tra i piani reticolari interessati e b) il valore di  $\lambda_1$ .