

RIFLESSIONE, RIFRAZIONE E POLARIZZAZIONE DELLA LUCE

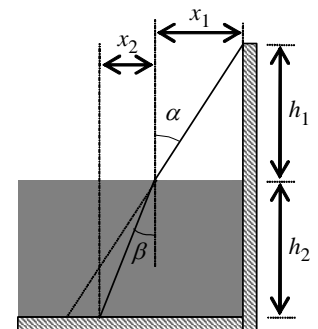
Ha1. Un cilindro di glicerina ($n_G = 1.47$) di raggio $R_1 = 20$ cm è posto al centro di un cilindro di solfuro di carbonio ($n_S = 1.63$) di raggio $R_2 = 30$ cm. Quanto tempo impiega la luce di una lampada al sodio ($\nu = 5.09 \times 10^{14}$ Hz) per attraversare diametralmente i due cilindri? ($c = 3 \times 10^8$ m/s)
 (A) 4.13 ns (B) 2.07 ns (C) 3.14 ns **(D) 3.05 ns** (E) 9.80 ns

Soluzione. Il tempo di percorrenza è

$$2R_1 \frac{n_G}{c} + 2(R_2 - R_1) \frac{n_S}{c} = \frac{0.4 \times 1.47 + 0.2 \times 1.63}{3 \times 10^8} \text{ s} \approx 3.05 \times 10^{-9} \text{ s}$$

Ha2. Una telecamera è situata sul bordo di una piscina ad un'altezza di due metri rispetto al pelo dell'acqua. Quando la telecamera punta verso la piscina formando un angolo di 30° con la verticale, nel centro del suo campo visivo è inquadrata una moneta che giace sul fondo della piscina, a due metri sotto il pelo dell'acqua. Se l'indice di rifrazione dell'acqua è $n = 4/3$, la distanza orizzontale tra moneta e bordo della piscina è pari a circa

- (A) 2.00 m **(B) 1.96 m** (C) 1.62 m
 (D) 2.31 m (E) 1.94 m



Soluzione. I dati geometrici del problema sono $h_1 = h_2 = 2$ m e $\alpha = 30^\circ$.

L'angolo di rifrazione β si ottiene dalla legge di Snell: $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{4/3} = \frac{3}{8} \Rightarrow \beta = 22^\circ 01'$. La distanza

orizzontale della moneta sul fondo è

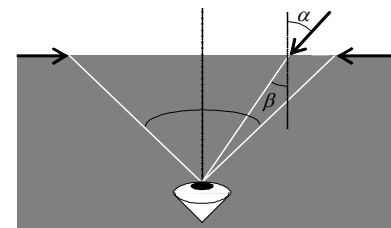
$$d = x_1 + x_2 = h_1 \tan \alpha + h_2 \tan \beta = (1.155 + 0.8093) \text{ m} \approx 1.96 \text{ m}$$

Ha3. Guardando di giorno il cielo dal fondo di una piscina ($n = 4/3$), si vede la superficie dell'acqua bene illuminata entro un cono che ha un angolo di apertura pari a circa

- (A) 90° (B) 45° **(C) $97^\circ 10'$**
 (D) $48^\circ 35'$ (E) indeterminato

Soluzione. L'angolo richiesto è pari al doppio dell'angolo di rifrazione β (angolo limite) in corrispondenza di un angolo di incidenza α pari a 90° per la luce proveniente dall'aria. Per la legge di Snell si ha

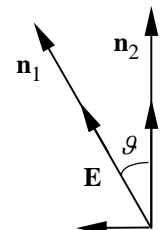
$$\frac{\sin 90^\circ}{\sin \beta} = \frac{4}{3} \Rightarrow \sin \beta = \frac{3}{4} \Rightarrow \beta = 48^\circ 35'$$



La soluzione è perciò $97^\circ 10'$

Ha4. Due polarizzatori vengono attraversati da un raggio luminoso. Quando sono orientati con assi paralleli, l'intensità luminosa emergente vale I_0 ; quando il secondo polarizzatore viene ruotato di $\vartheta = 30^\circ$ rispetto al primo, l'intensità luminosa emergente vale circa

- (A) **$0.75 I_0$** (B) I_0 (C) $0.5 I_0$
 (D) $0.33 I_0$ (E) 0



Soluzione. All'uscita dal primo polarizzatore, il vettore campo elettrico \mathbf{E} vibra nella direzione indicata con n_1 ; scomponiamo \mathbf{E} nella direzione parallela all'asse n_2 del secondo polarizzatore. Tale componente, la cui ampiezza è $E \cos \vartheta$ passerà attraverso il secondo polarizzatore, mentre la componente perpendicolare a n_2 , di ampiezza $E \sin \vartheta$, verrà assorbita. L'intensità emergente dal secondo polarizzatore sarà perciò:

$$I_f = c \varepsilon_0 \frac{(E_0 \cos \vartheta)^2}{2} = I_0 (\cos \vartheta)^2 = 0.75 I_0$$

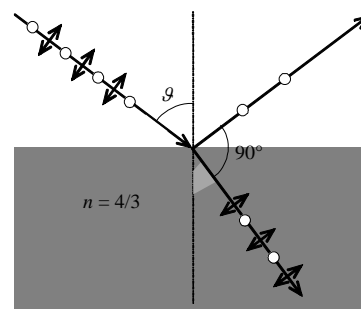
Ha5. La luce riflessa dalla superficie di un lago ($n_{\text{acqua}} = 4/3$) è completamente polarizzata in un piano orizzontale solo se l'angolo di incidenza della luce vale circa

- (A) 53° (B) 27° (C) 45°
 (D) 62° (E) 33°

Soluzione. Si ha polarizzazione completa dell'onda riflessa quando le direzioni dell'onda riflessa e rifratta sono fra loro perpendicolari; in questo caso, gli angoli di incidenza e di rifrazione sono tra loro complementari (vedi figura), e la legge di Snell comporta:

$$\frac{\sin \vartheta}{\cos \vartheta} = \tan \vartheta = n \Rightarrow \vartheta = \tan^{-1} n \approx 53^\circ$$

(e in queste condizioni l'angolo di incidenza ϑ si dice angolo di Brewster)



Ha6. La luce di una lampada al sodio ($\lambda_0 = 589 \text{ nm}$) passa attraverso una bottiglia di glicerina (indice di rifrazione $n = 1.47$) percorrendo in questo mezzo un cammino di 0.2 m. Assumendo la velocità della luce nel vuoto $c = 3(10^8) \text{ m/s}$, il tempo impiegato dalla luce ad attraversare la bottiglia è approssimativamente

- (A) **0.98 ns** (B) 3.0 ms (C) $3.14(10^{-10}) \text{ s}$ (D) $2.1(10^{-4}) \text{ s}$ (E) 0.002 s

Ha7. L'indice di rifrazione di una lastra di ghiaccio trasparente che ricopre un laghetto vale $n_{\text{ghiaccio}} = 1.304$. Dal fondo del lago ($n_{\text{acqua}} = 4/3$) i raggi del sole al tramonto formano con la verticale un angolo di circa (approssimare al grado)

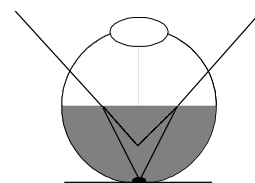
- (A) 50° (B) **49°** (C) 53° (D) 90° (E) 37°

Ha8. L'indice di rifrazione del diamante è $n_{\text{diamante}} = 2.42$. La luce proveniente da un diamante immerso in acqua ($n_{\text{acqua}} = 4/3$) viene completamente riflessa dalla superficie del diamante quando incide con un angolo maggiore di

- (A) **$33^\circ 26'$** (B) $24^\circ 24'$ (C) $48^\circ 35'$ (D) $53^\circ 7'$ (E) $37^\circ 48'$

Ha9. Una moneta si trova sul fondo di una boccia d'acqua ($n = 4/3$) riempita fino a un'altezza di 12 cm. Vista dall'alto, la moneta appare a una profondità dal pelo dell'acqua pari a

- (A) 12 cm (B) 16 cm (C) **9 cm**
 (D) 6.75 cm (E) 21.3 cm



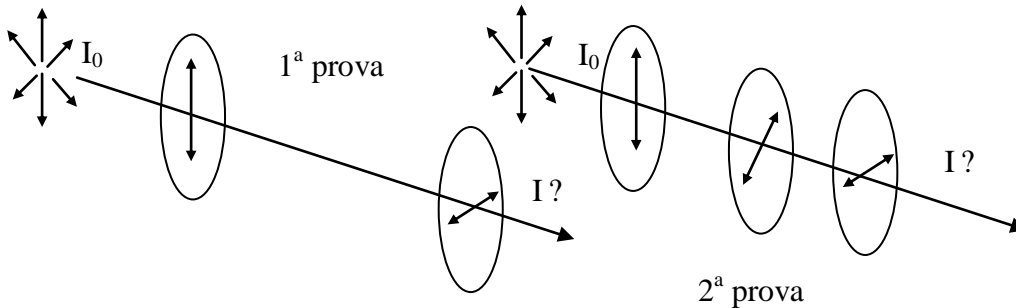
Ha10. La profondità apparente di una piscina piena d'acqua ($n = 4/3$) profonda 2 metri osservata dall'alto è circa

- (A) 1.2 m (B) 1.36 m (C) **1.5 m** (D) 1.6 m (E) 2 m

Ha11. Una luce non polarizzata di intensità I_0 passa attraverso due polarizzatori; l'asse di trasmissione del secondo polarizzatore forma un angolo di 30° rispetto all'asse del primo. L'intensità della luce emergente dai due polarizzatori è

- (A) $0.125 I_0$ (B) $0.1875 I_0$ (C) $0.250 I_0$ (D) **$0.375 I_0$** (E) $0.5 I_0$

Ha12. In un esperimento di ottica un raggio di luce non polarizzata di intensità I_0 viene dapprima fatto passare attraverso due polarizzatori con assi di polarizzazione ortogonali fra loro; in un secondo tempo, fra i due polarizzatori ne viene inserito un terzo, con asse di polarizzazione orientato a 45° rispetto a quelli dei primi due. Qual è nei due casi l'intensità I del raggio uscente dal sistema?



- (A) $\frac{I_0}{4}, 0$ (B) $\frac{I_0}{2}, \frac{I_0}{4}$ (C) $0, \frac{I_0}{4}$ (D) $\frac{I_0}{4}, \frac{I_0}{8}$ (E) $0, I_0/8$

Ha13. L'angolo di incidenza α di un raggio di luce che raggiunge la superficie di uno specchio d'acqua ($n = 4/3$) per il quale il raggio riflesso e il raggio rifratto formano un angolo di 90° è pari a circa

- (A) 37° (B) 31.4° (C) 48.6° (D) **53°** (E) 90°

Ha14. Se l'angolo di Brewster per il quale la luce riflessa da un dielettrico opaco è completamente polarizzata vale 62° , la costante dielettrica ϵ_r del materiale è

- (A) 1.88 (B) 1.47 (C) **3.54** (D) 2.13 (E) 1.13

SPECCHI E LENTI

Convenzioni per le superfici di discontinuità sia catottriche sia diottriche.

- La luce proviene da sinistra;
- $p > 0$ se l'oggetto è a sinistra del vertice V ; $p < 0$ se l'oggetto è a destra del vertice V ;
- $q < 0$ se l'immagine è a sinistra del vertice V ; $q > 0$ se l'immagine è a destra del vertice V ;
- $R < 0$ se il centro di curvatura della superficie è a sinistra del vertice V ; $R > 0$ se il centro di curvatura della superficie è a destra del vertice V .

Equazione standard e ingrandimento:

per gli specchi:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = -\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{q} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f} \qquad I = -\frac{q}{p}$$

per le lenti:

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

In entrambi i casi se $I > 0$ l'immagine è capovolta; se $I < 0$ l'immagine è diritta

Hc1. Lo specchietto concavo del dentista ha un raggio di curvatura di $R = -24$ mm. A che distanza da un dente deve trovarsi per consentire di osservarne una immagine virtuale diritta e ingrandita di tre volte?

- (A) 12 mm (B) 16 mm (C) 4 mm (D) 10 mm (E) **8 mm**

Soluzione. L'ingrandimento per gli specchi è $I = -\frac{q}{p}$, e, dato che l'immagine è virtuale,

$I = -\frac{q}{p} = -3$, da cui $q = 3p$; sostituendo tali valori nella relazione dei punti coniugati degli specchi

si ha:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = -\frac{2}{R} \Rightarrow \frac{1}{p} - \frac{1}{3p} = \frac{2}{24} \Rightarrow p = 8\text{mm}$$

Hc2. Il sistema di lenti di un proiettore di diapositive ha una distanza focale di 20 cm mentre la diapositiva è posta nella posizione $p = 22$ cm dal sistema di lenti. La distanza ottimale dello schermo è pari a

- (A) 2 cm (B) 100 cm (C) 200 cm (D) **220 cm** (E) 440cm

Soluzione. La relazione dei punti coniugati per le lenti sottili è $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ che, nel caso

dell'esercizio diventa:

$$\frac{1}{22} + \frac{1}{q} = \frac{1}{20} \Rightarrow q = 220 \text{ cm.}$$

L'ingrandimento per le lenti è $I = \frac{q}{p}$ che in questo caso vale dieci.

Hc3. Si vuole che una diapositiva di $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ appaia sullo schermo con dimensioni $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$. Se la distanza focale del proiettore è $f = 25$ cm, la distanza q della diapositiva dallo schermo è di circa

- (A) 5 m (B) 10 m (C) **10.25 m** (D) 31.4 m (E) _____

Soluzione. Le relazioni dell'ingrandimento e dei punti coniugati per le lenti costituiscono un sistema di due equazioni che consentono di ricavare sia q , sia p .

$$\begin{cases} \frac{q}{p} = \frac{200}{5} = 40 \\ \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{0.25} \end{cases} \Rightarrow q = 41 \cdot 0.25 = 10.25\text{m}$$

Hc4. La distanza focale f di uno specchio convesso, che produce una immagine diritta ridotta di un fattore 5 di un oggetto a 8 cm dallo specchio, è pari in valore assoluto a

- (A) 4 cm (B) 1.6 cm (C) **2 cm** (D) 1.4 cm (E) 3.3 cm

Hc5. Nel radersi il mento posto a 40 cm da uno specchio concavo un uomo vede il suo mento con un ingrandimento lineare di due volte e mezzo. Il raggio di curvatura dello specchio è, in valore assoluto, circa

- (A) 57 cm (B) 104 cm (C) **133 cm** (D) 266 cm (E) non determinabile

Hc6. Una candela di 15 cm è posta a 30 cm da uno specchio sferico concavo con distanza focale $f = -10$ cm. L'immagine sarà

- (A) virtuale e rimpicciolita
- (B) virtuale e ingrandita
- (C) reale e ingrandita
- (D) reale, rimpicciolita e capovolta**

Hc7. Un oggetto alto 10 cm si trova a 50 cm da uno specchio concavo con distanza focale di $f = -20$ cm. La posizione dell'immagine vale

- (A) non determinabile
- (B) 10 cm
- (C) 30 cm
- (D) -33 cm**
- (E) 25 cm

Hc8. Utilizzando uno specchio distante 3 m dallo schermo, si forma su uno schermo l'immagine di una lampada ingrandita di quattro volte. Il raggio di curvatura dello specchio misura in valore assoluto

- (A) 1.2 m**
- (B) 1.6 m
- (C) 2 m
- (D) 3 m
- (E) 12 m

Hc9. Un oggetto si trova nell'aria ad una distanza di 25 cm dal vertice della superficie sferica ($R = 10$ cm) di un diottro di vetro ($n = 1.52$). Calcolare la posizione q dell'immagine.

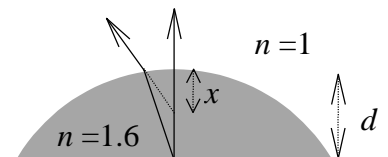
- (A) 126 cm**
- (B) 65 cm
- (C) -126 cm
- (D) 48 cm
- (E) 72 cm

Hc10. Un pesce rosso nuota in una boccia di vetro con raggio di 20 cm e piena d'acqua. Se il pesce si trova ad una distanza di 15 cm dalla parete laterale del vaso, dove si formerà la sua immagine?

- (A) 9 cm
- (B) 13.8 cm
- (C) -13.8 cm**
- (D) -9 cm
- (E) 11 cm

Hc11. Una porzione di sfera di cristallo ($n = 1.6$) di raggio $R = 5$ cm e altezza $d = 2.5$ cm è appoggiata con la parte piatta su di una monetina. Vista da sopra la superficie curva la monetina sembra essere distante dall'apice della superficie sferica di un tratto x pari a circa

- (A) 1.52 cm
- (B) 1.71 cm
- (C) 1.92 cm**
- (D) 2.31 cm
- (E) 2.84 cm



Hc12. Una macchina fotografica con distanza focale di 6 cm fotografa una scena molto lontana. La distanza tra lenti ed immagine vale circa

- (A) 6 cm**
- (B) 12 cm
- (C) 24 cm
- (D) 48 cm
- (E) 72 cm

Hc13. Una lente divergente con $f = -10$ cm forma l'immagine di un oggetto distante 15 cm rimpicciolita di un fattore

- (A) 0.8
- (B) 0.67
- (C) 0.5
- (D) 0.4**
- (E) 0.3

Hc14. A che distanza da una lente convergente di distanza focale $f = 5$ cm deve essere posto un oggetto per avere una immagine virtuale diritta ingrandita due volte?

- (A) 5/3 cm
- (B) 2.5 cm**
- (C) 3.14 cm
- (D) 5 cm
- (E) 10 cm