

materiale	indice di rifrazione	materiale	indice di rifrazione
diamante	2,417	vetro	1,515 – 1,751
quarzo	1,458	alcol	1,361
acqua	1,333	ghiaccio	1,309
aria	1,000292	idrogeno	1,000132

PROBLEMI DI OTTICA

- La luce è emessa dagli atomi e dalle molecole. L'emissione dura circa 0,1 ns. Quanto è "lungo" il raggio di luce emesso? [3 m]
- Considera due specchi piani che formano un angolo β tra di loro. Mostra che l'angolo tra il raggio entrante e il raggio uscente è sempre $x = 2\beta - 180^\circ$, indipendentemente dal modo in cui il raggio entrante colpisce lo specchio. Che cosa accade se $\beta = 90^\circ$?
- Tra due specchi paralleli, lunghi ciascuno $L = 2,0$ m e distanti $h = 30$ cm, viene lanciato un raggio di luce laser avente un angolo α rispetto all'orizzontale. Il raggio si riflette tra i due specchi ed esce dall'altra parte. Trascura l'attenuazione del raggio di luce dovuta all'assorbimento delle superfici riflettenti. Determina la formula che dà il ritardo r con cui il raggio esce rispetto a un raggio che si propaga parallelamente agli specchi. Calcola il ritardo per $\alpha = 60^\circ$. $\left[r = \frac{L}{c} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right); r = 6,7 \text{ ns} \right]$
- Uno specchio sferico concavo ha un raggio di curvatura di 60 cm. A quale distanza forma l'immagine del Sole? [30 cm]
- Uno specchio sferico concavo ha un raggio di curvatura di 40 cm. Un oggetto è posto alle seguenti distanze dallo specchio: 100 cm, 40 cm, 20 cm, 10 cm. Utilizza la costruzione grafica per stabilire se l'immagine che si forma è reale o virtuale, dritta o rovesciata. Calcola la posizione dell'immagine. [25 cm, 40 cm, ∞ , -20 cm]
- Un telescopio utilizza uno specchio sferico concavo di raggio di 8,0 m per osservare la Luna, il cui diametro è di 3500 km e che dista 380 000 km. Calcola la posizione dell'immagine della Luna formata dallo specchio e il diametro dell'immagine. [q = 4.0 m; d = 3,7 cm]
- Misurato dalla Terra, il diametro angolare del Sole è di $32'$. Lo specchio sferico di un osservatorio, avente raggio di curvatura $r = 2,8$ m proietta l'immagine del Sole su uno schermo traslucido. A quale distanza dallo specchio si deve posizionare lo schermo per in modo che l'immagine del Sole sia a fuoco? Quanto vale il diametro dell'immagine del Sole sullo schermo? [1,4 m; 1,3 cm]
- Un ragazzo si rade davanti a uno specchio che forma un'immagine diritta, virtuale e ingrandita di 1,5 volte quando il viso è a 30 cm dallo specchio. Determina il tipo di specchio e la sua distanza focale. [90 cm]
- Un oggetto viene posto sull'asse ottico di uno specchio sferico concavo. La distanza tra l'oggetto e il vertice dello specchio è 78 cm e la distanza dell'immagine dal vertice è 28 cm. Calcola la distanza focale dello specchio. Determina il raggio di curvatura dello specchio. Individua il tipo di immagine formata. [21 cm; 41 cm]
- Uno specchio concavo ha un raggio di curvatura di 40 cm e un oggetto è disposto lungo l'asse ottico a 17 cm dal vertice, subisce un ingrandimento. Quanto vale il fattore di ingrandimento? [6,7]
- Uno specchietto (convesso) laterale di una bicicletta crea un'immagine riflessa che ha dimensioni pari all'8 % dell'oggetto. Fermo a un semaforo, osservi l'immagine di un palazzo, alta 1,2 cm e a -4,0 cm dalla superficie dello specchio. Calcola la distanza del palazzo. Determina la dimensione del palazzo. [50 cm; 15 m]
- Per rifarsi il trucco, una donna si mette a 50 cm da uno specchio concavo e nota che l'immagine del suo occhio è 3 volte più grande. Qual è il raggio di curvatura dello specchio? [75 cm]
- Uno specchio sferico concavo ha un raggio di 70 cm. Si vuole ottenere l'immagine capovolta di una candela oltre il centro dello specchio. A quale distanza d dal vertice bisogna porre la candela? Quanto vale il fattore di ingrandimento G in questa zona? [(35 cm, 70 cm); (∞ ; -1)]
- Uno specchio ha raggio di curvatura di 48 cm. Qual è la posizione dell'oggetto se l'immagine è tre volte più grande? [16 cm; 32 cm]
- Un punto luminoso, inizialmente situato al vertice d'uno specchio sferico concavo, avente raggio di 2,0 m si allontana dallo specchio nella direzione dell'asse ottico principale con moto uniformemente accelerato con accelerazione di 3 cm/s^2 . Si vuol sapere dopo quanto tempo l'immagine si trova a 3,0 m dallo specchio. [10 s]
- Un raggio laser subisce un ritardo di 3,6 ns nell'attraversare una vasca piena di liquido lunga 3,0 m. Calcola l'indice di rifrazione del liquido. [n = 1,35]
- Calcola lo spessore d'aria che deve attraversare un raggio di luce per subire lo stesso ritardo che avrebbe passando attraverso 10 cm d'acqua. [114 m]
- Un raggio di luce gialla è composto da $1,69 \cdot 10^3$ lunghezze d'onda al millimetro quando si propaga nel vuoto. Quante sono le lunghezze d'onda al millimetro quando attraversa dell'acqua? [$2,25 \cdot 10^3$]
- Un metodo grafico per disegnare il raggio rifratto nel passaggio da una sostanza con indice di rifrazione n_1 a una con indice n_2 ($n_1 < n_2$) consiste nel disegnare un sistema di assi cartesiani xOy con l'origine O nel punto in cui il raggio di luce colpisce la superficie di separazione, con l'asse x nella direzione della normale alla superficie di

separazione e verso il mezzo di indice n_2 e due semicirconferenze di raggi n_1 e n_2 nella parte del mezzo di indice n_2 . Si prolunga poi il raggio incidente fino ad incontrare la semicirconferenza di raggio n_1 nel punto A. Da qui si traccia la parallela all'asse x fino ad incontrare la semicirconferenza di raggio n_2 nel punto B. La semiretta che parte da O e passa per B è il raggio rifratto. Verifica la correttezza di tale metodo.

20. Considera in metodo grafico descritto nel quesito precedente; questo metodo funziona anche per il raggio rifratto nel caso in cui $n_1 > n_2$? Se sì, in che modo?

21. Un cubo è formato da due prismi uguali di diverso materiale trasparente, rispettivamente di indice di rifrazione n_a e n_b . Un raggio colpisce il cubo perpendicolarmente sulla faccia del materiale n_a . Determina l'angolo di deviazione α del fascio. $\left[\alpha = \frac{1}{2} \left(\sqrt{2n_b^2 - n_a} - n_a \right) \right]$

22. Per ogni materiale trasparente è possibile utilizzare l'equazione di Cauchy per determinare una relazione empirica che lega l'indice di rifrazione n alla lunghezza d'onda λ . La sua forma generale è: $n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$ dove

A, B, C, ... sono dei coefficienti che possono essere determinati per un materiale misurando l'indice di rifrazione in corrispondenza di lunghezze d'onda note. Di solito è sufficiente utilizzare la forma semplificata $n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$.

Si determini i parametri A e B per il vetro crown borosilicato se con $\lambda = 700$ nm si ha $n_1 = 1,5132$, mentre con $\lambda = 500$ nm si ha $n_2 = 1,5214$. [A = 1,505; B = 4185 nm²]

23. I vetri crown sono vetri con minore indice di rifrazione e bassa dispersione, mentre i vetri flint sono quelli con maggiore indice di rifrazione e più alta dispersione. Per caratterizzare la dispersione del vetro si usano tre colori e perciò tre indici di rifrazione: quello principale si misura usando luce verde, (esattamente la lunghezza d'onda del mercurio $\lambda_v = 546$ nm) e si indica con n_e . Poi si usano due colori ai lati dello spettro: il rosso del cadmio ($\lambda_r = 644$ nm) con indice di rifrazione n_c e il blu del cadmio ($\lambda_b = 480$ nm), con indice di rifrazione n_f . Con questi indici si

costruisce un parametro detto numero di Abbe: $n = \frac{n_e - 1}{n_f - n_c}$. Questo numero è basso quando la dispersione è alta e viceversa. I vetri con n_e piccolo e n maggiore di 55 sono chiamati vetri crown, quelli con n_e grande e con valori di n inferiori a 50, vetri flint. Usa la formula di Cauchy e determina il numero di Abbe per il vetro crown borosilicato (A = 1,505 e B = 4185 nm²) e per il vetro flint denso (A = 1,7280 e B = 13 400 nm²). [$n_{crown} = 64$; $n_{flint} = 30$]

24. Un raggio di luce incide sulla faccia di un parallelepipedo di vetro con indice di rifrazione n e subisce poi una riflessione totale sulla faccia successiva. Chiamo α il minimo angolo di incidenza per il quale ciò avviene e mostra che $n = \sqrt{1 + \sin^2 \alpha}$.

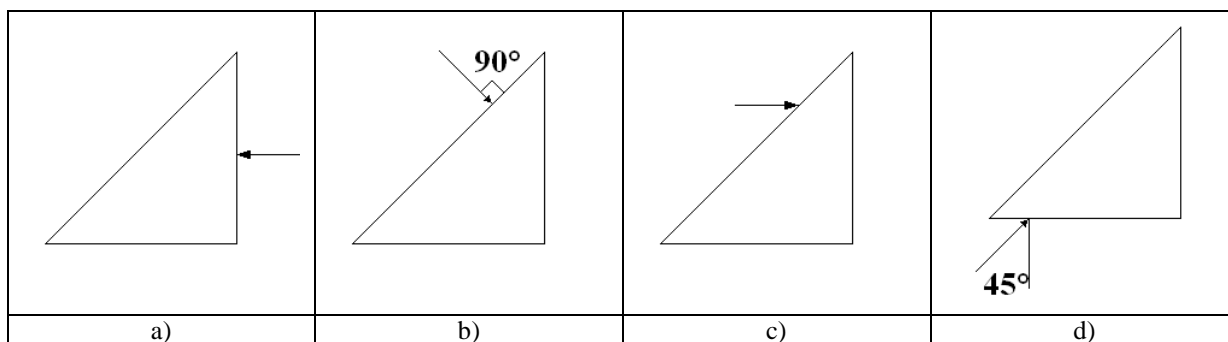
25. Un raggio di luce attraversa la superficie di separazione tra un vetro ($n = 1,657$) e il quarzo. Se l'angolo di incidenza è di $30,0^\circ$, qual è l'angolo di rifrazione? Qual è la velocità della luce nei due mezzi? [$34,6^\circ$; $1,81 \cdot 10^8$ m/s; $2,06 \cdot 10^8$ m/s]

26. Un raggio di luce passa dall'aria al diamante formando un angolo di incidenza di $50,0^\circ$; qual è l'angolo di rifrazione? qual è la velocità della luce nel diamante? [$18,5^\circ$; $1,24 \cdot 10^8$ m/s]

27. Un raggio di luce passa dall'alcol al vetro ($n = 1,550$). Se l'angolo di rifrazione risulta di $35,0^\circ$, quanto vale l'angolo di incidenza? [$40,8^\circ$]

28. Sul fondo di una vaschetta piena d'acqua profonda 30,0 cm c'è una sorgente luminosa (si può considerare puntiforme, che emette luce in tutte le direzioni. Calcolare il diametro della macchia di luce che emerge dalla superficie dell'acqua. [68,1 cm]

29. I prismi delle figure sono di vetro con indice di rifrazione $n = 1,600$ ed hanno come sezione un triangolo rettangolo isoscele. Disegnare il percorso dei raggi luminosi fino a quando non ritornano nell'aria e calcolare l'angolo con cui escono. [a) 90° ; b) 90° ; c) $31,0^\circ$; d) $45,0^\circ$]



30. Una lente convergente ha una distanza focale di 12,0 cm. Un bastoncino alto 6,00 cm si trova alla distanza di 36,0 cm dalla lente. Dopo aver realizzato la costruzione grafica dell'immagine del bastoncino, determinare la distanza dalla lente in cui si forma l'immagine e la sua altezza [18,0 cm; 3,00 cm]
31. Sapendo che una lente convergente ha una distanza focale di 8,00 cm, calcola la posizione rispetto alla lente in cui si forma l'immagine di un oggetto posto rispettivamente a 4,00 cm, 8,00 cm, 12,0 cm, 24,0 cm. Per ognuno dei casi esegui la costruzione grafica dell'immagine. [-8,00 cm; . . . ; 24,0 cm; 12,0 cm]
32. L'immagine di un oggetto si forma a 30,0 cm da una lente convergente che ha una distanza focale di 10,0 cm. a) Determinare la posizione dell'oggetto; b) Se l'oggetto è alto 14,0 cm, quanto è alta la sua immagine? [a) 15,0 cm; b) 28,0 cm]
33. La distanza focale dell'obiettivo (lente convergente) di una macchina fotografica è di 80 mm. L'immagine si forma sulla pellicola posta a 10,0 cm dall'obiettivo. A che distanza si trova il soggetto da fotografare? qual è l'ingrandimento dell'immagine sulla pellicola? [40,0 cm; 1/4]
34. L'immagine di un oggetto posto a 40,0 cm da una lente convergente risulta virtuale, dritta, ingrandita e posizionata a 60,0 cm dalla lente. Determina: a) la distanza focale; b) l'ingrandimento della lente; c) l'altezza dell'immagine nell'ipotesi che l'oggetto sia alto 18,0 cm; d) l'immagine tramite la costruzione grafica. [a) 120 cm; b) 1,5; c) 27,0 cm]
35. Un oggetto posto a 25,0 cm da una lente convergente genera un'immagine reale alla distanza di 1,00 m. Individua: a) la distanza focale; b) l'ingrandimento della lente; c) l'altezza dell'immagine nell'ipotesi che l'oggetto sia alto 7,50 cm; d) l'immagine tramite la costruzione grafica. [a) 20,0 cm; b) 4; c) 30,0 cm]
36. Determina dove si forma l'immagine di un oggetto posizionato a 72,0 cm da una lente divergente che ha la distanza focale di 18,0 cm. [-14,4 cm]
37. Una lente divergente ha una distanza focale di 25,0 cm. Trova: a) la distanza alla quale si forma l'immagine di un oggetto che si trova ad 1,00 m di distanza; b) l'ingrandimento della lente; c) l'altezza dell'immagine nell'ipotesi che l'oggetto sia alto 40,0 cm; d) l'immagine tramite la costruzione grafica. [a) -20,0 cm; b) 1/5; c) 8,00 cm]
38. Quando la luce passa in un mezzo, la sua intensità decresce con lo spazio percorso. La relazione tra l'intensità iniziale I_0 e quella a una distanza generica x è data: $I = I_0 e^{-k\rho x}$, dove ρ è la densità del materiale e k l'opacità, una costante che dipende dal materiale e dalla lunghezza d'onda della luce. Il vetro ($\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$) di colore marrone di un bottiglia di birra riesce a dimezzare l'intensità luminosa della luce con $\lambda = 550 \text{ nm}$. Stimare k nel caso che lo spessore del vetro sia di 3 mm. [0,1 m²/kg]
39. La luce di una laser ($\lambda = 600 \text{ nm}$) attraversa due fenditure separate da 0,20 mm e raggiunge uno schermo distante 10 m. Nel punto a distanza $y = 60 \text{ mm}$ dal centro dello schermo c'è una frangia chiara? [Si]
40. In un esperimento con due fenditure la sorgente luminosa non è monocromatica, ma mescola un rosso di lunghezza d'onda di 672 nm con un giallo di lunghezza d'onda 576 nm. La figura di interferenza è una sovrapposizione di due figure di interferenza. Qual è la prima posizione in cui i due colori sono ben distinti, nel senso che la frangia luminosa del giallo cade dove c'è una zona buia del rosso? [Terza frangia del rosso]
41. In un esperimento con due fenditure separate da 0,26 mm si ottengono, su uno schermo, frange distanziate di 2,50 mm. Se lo schermo è allontanato di 20 cm, le frange aumentano la distanza reciproca a 3,00 mm. Di che colore è la luce usata? [Rossa: $\lambda = 6,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$]
42. In un esperimento con due fenditure metti davanti a una delle due una sottile lastra, di spessore h , fatta di materiale con indice di rifrazione n . Come cambia la figura di interferenza? [Il cammino ottico di una delle due onde si allunga di un tratto $h(n-1)$ quindi la figura di interferenza risulta traslata di tale quantità; inoltre l'intensità persa per riflessione da parte di un raggio indebolisce la figura di interferenza]
43. Una luce rossa ($\lambda = 680 \text{ nm}$) viene proiettata su uno schermo, distante 1 m, attraverso un foro di diametro 1 mm. quanto vale il diametro della macchia centrale che si crea sullo schermo? [$\approx 1 \text{ mm}$]
44. Una fenditura, illuminata da una luce rossa ($\lambda = 680 \text{ nm}$), dà origine, su uno schermo distante 1 m, a una figura di diffrazione avente una fascia centrale larga 1 cm. Quanto vale la larghezza della fenditura? [0,14 mm]
45. Mediante luce rossa ($\lambda = 680 \text{ nm}$) si realizza una figura di interferenza con fenditure di larghezza b . La figura è proiettata su uno schermo distante 4,0 m. La parte centrale della figura di diffrazione è larga 1,2 cm e contiene 10 frange di interferenza. Calcola la larghezza delle fenditure e la loro distanza. [$b = 0,45 \text{ mm}$; $d = 0,23 \text{ mm}$]
46. Il numero- f (denotato di solito con $f/\#$) è il rapporto adimensionale f/d tra la focale f di un sistema ottico e il diametro d della sua apertura. Per esempio, un obiettivo $f/2,8$ ha la lunghezza focale 2,8 volte maggiore del diametro. Se usi un sistema ottico per mettere a fuoco un'immagine su uno schermo, la distanza focale f è approssimativamente l'equivalente della distanza del sistema dallo schermo, cioè $L \approx f$. Con l'equazione $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{d}$ mostra che per un obiettivo il cui numero f è $f/\#$, l'immagine di un punto luminoso, per effetto della diffrazione, è un dischetto di diametro $D_s \approx 2,44\lambda(f/\#)$. Determina il diametro, per unità di $f/\#$, del dischetto prodotto dalla luce visibile. [1,0 ÷ 1,3 $\mu\text{m} / (f/\#)$]
47. L'obiettivo di una fotocamera è regolato su $f/16$. Quanto misura il diametro di un punto di luce rossa ($\lambda = 680 \text{ nm}$) sul sensore CCD? Se il sensore CCD è da 6 Mpixel con dimensioni 7,2 mm x 5,3 mm, quanti pixel sono colpiti dalla luce? [27 μm ; circa 86 pixel]

48. Il numero- f dell'occhio non è costante perché il diametro della pupilla aumenta in condizioni di scarsa luminosità. La lunghezza focale dell'occhio è circa 25 mm, mentre il diametro della pupilla varia da 3 mm fino a 8 mm circa. Determina la variazione del numero- f per l'occhio. Nella notte vedi un lontano lumino rosso: qual è il diametro del dischetto di luce che si proietta sulla tua retina? [Da $f/8,3$, in condizioni di luce intensa, a $f/3,1$ in condizioni di scarsa luminosità; $5\mu\text{m}$]
49. La Luna dista circa $3,8 \cdot 10^8$ m dalla Terra. Quale distanza devono avere due oggetti sulla Luna per essere risolti dall'occhio umano (quando osservi la Luna piena, il diametro della tua pupilla è circa 5 mm)? E per essere risolti da un telescopio del diametro 8,2m? [56km;34m]
50. La larghezza angolare α della fascia centrale di una figura di diffrazione è data dall'equazione $\alpha = 2\lambda/b$, dove b è la larghezza della fenditura. Più sottile è b , più larga è la fascia. Se si realizza l'esperimento di Young con fenditure estremamente sottili e distanziate della quantità d , l'interferenza origina una serie di frange luminose in corrispondenza degli angoli $\theta_m = m \frac{\lambda}{d}$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$). Se si realizza l'interferenza con due fenditure di larghezza b , poste a una distanza d molto più grande di b , allora α contiene molti θ_m . Mostra che se $d = kb$, con k numero naturale, dentro la fascia centrale della figura di diffrazione ci sono $2k$ frange chiare dovute all'interferenza.
51. Considera un reticolo con 500 righe al centimetro. Quanto vale l'angolo del primo massimo ($m = 1$) della luce arancione ($\lambda = 600$ nm) prodotto dal reticolo? [$\approx 2^\circ$]
52. Un reticolo produce il primo massimo a un angolo di 5° quando è investito da una luce verde con $\lambda = 550$ nm. Calcola il numero di righe al centimetro del reticolo. [≈ 1600 righe/cm]
53. Considera un reticolo da 5000 righe/cm. Qual è la separazione angolare tra le due righe del sodio $\lambda = 589,6$ nm e $\lambda = 589,0$ nm ottenuta con il reticolo? [$\approx 1'$]
54. L'atomo di idrogeno emette radiazione elettromagnetica a diverse lunghezze d'onda. Le lunghezze d'onda nel visibile furono osservate da Fraunhofer nel 1814 e appartengono ad un insieme di lunghezze d'onda, associate ai numeri interi, detto *serie di Balmer*: $\lambda_n = (637,889\text{nm}) \frac{n^2}{n^2 - 4}$ ($n = 3, 4, 5, \dots$). Determina quante righe al cm deve avere un reticolo per separare di $5'$ le lunghezze d'onda con $n = 8$ e $n = 9$. (usa l'approssimazione $\cos 5' = 1$) [≈ 2700 righe/cm]