

3

LA LUCE



IrinaK/Shutterstock

1. I RAGGI DI LUCE

La velocità della luce

Come per tutte le onde, anche per la luce la velocità di propagazione dipende dal mezzo in cui essa si propaga.

Gli esperimenti mostrano che la velocità della luce è massima quando essa si propaga nel vuoto.

Il valore numerico della velocità della luce nel vuoto è

$$c = 2,99792458 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

La velocità della luce nell'aria differisce da quella nel vuoto di sole 3 parti su 1000. Per entrambe queste velocità si usa spesso il valore approssimato

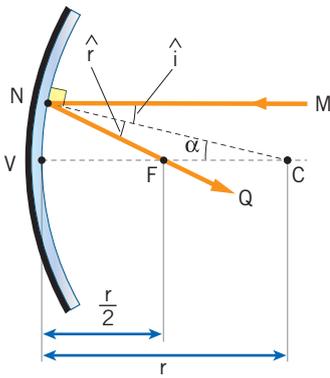
$$c = 3,00 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

La luce percorre trecentomila chilometri al secondo.

Questa velocità è la massima possibile ed è sempre la stessa, qualunque sia la velocità con cui si muovono la sorgente che emette la luce o il dispositivo che la riceve.

3. SPECCHI SFERICI

Dimostrazione del valore della distanza focale



Consideriamo un raggio di luce MN parallelo all'asse ottico CV dello specchio (figura a lato).

Quando il raggio incide sullo specchio nel punto N , si riflette in modo che l'angolo di incidenza $\hat{i} = \widehat{MNC}$ sia uguale all'angolo di riflessione $\hat{r} = \widehat{CNF}$.

L'angolo $\alpha = \widehat{FCN}$ è uguale a \hat{i} perché essi sono alterni interni delle rette parallele MN e CV , tagliate dalla trasversale CN . Quindi gli angoli α e \hat{r} sono entrambi uguali a \hat{i} e, quindi, sono uguali tra loro.

Di conseguenza il triangolo CFN è isoscele con $\overline{CF} = \overline{FN}$. Visto che lo specchio sferico è di piccola apertura, la distanza \overline{VN} è molto più piccola del raggio $r = \overline{CV}$; di conseguenza \overline{FN} è circa uguale a \overline{FV} ($\overline{FN} \cong \overline{FV}$).

Unendo le proprietà ricavate nei due punti precedenti otteniamo $\overline{CF} = \overline{FN} \cong \overline{FV}$. In questa approssimazione, quindi, F è il punto medio tra C e V e, quindi, si ha

$$\overline{CV} = r = 2\overline{FV} = 2f.$$

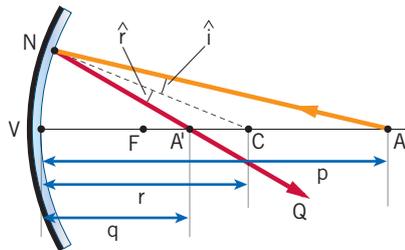
6. DIMOSTRAZIONI DELLE LEGGI RELATIVE AGLI SPECCHI

Ora dimostriamo le formule (2) e (6) che sono state enunciate nel paragrafo precedente.

Dimostrazione della legge dei punti coniugati

Consideriamo una sorgente puntiforme di luce posta nel punto A dell'asse ottico; come prima, $p = \overline{AV}$ è la sua distanza dallo specchio. Un raggio di luce esce da A , si riflette sullo specchio in N e interseca l'asse ottico in A' (figura sotto); qui si intersecano tutti gli altri raggi uscenti da A e, quindi, si forma l'immagine della sorgente puntiforme. A e A' sono detti *punti coniugati* e da loro ha origine il nome *legge dei punti coniugati*.

Indichiamo di nuovo con $q = \overline{A'V}$ la distanza dell'immagine dallo specchio.



PICCOLA APERTURA

Di solito si ritiene che lo specchio sia di piccola apertura se l'angolo \widehat{VCN} non supera la decina di gradi.

- L'angolo di incidenza $\widehat{ANC} = \hat{i}$ è uguale all'angolo di riflessione $\widehat{CNA'} = \hat{r}$: ciò significa che il segmento NC rappresenta la bisettrice dell'angolo $\widehat{ANA'}$.
- Per un teorema di geometria piana, in ogni triangolo la bisettrice di un angolo divide il lato apposto in due parti che sono direttamente proporzionali ai lati adiacenti; applicando questo teorema al triangolo ANA' si ottiene la proporzione

$$\frac{\overline{CA'}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{A'N}}{\overline{AN}}.$$

- Come abbiamo visto nella dimostrazione del valore della distanza focale, in uno specchio di piccola apertura il segmento AN è praticamente uguale al segmento AV e, nello stesso modo, $A'N$ è indistinguibile da $A'V$. Così la proporzione precedente diventa

$$\frac{\overline{CA'}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{A'V}}{\overline{AV}}. \quad (7)$$

- La distanza \overline{AC} è uguale a $p - r$. Alla stessa maniera la distanza $\overline{CA'}$ è uguale a $r - q$. Possiamo quindi riscrivere l'espressione (7) come

$$\frac{r - q}{p - r} = \frac{q}{p}. \quad (8)$$

- Moltiplicando entrambi i membri della (8) per il prodotto $p(p - r)$ otteniamo

$$p(r - q) = q(p - r) \text{ che dà } rq + rp = 2pq.$$

- Ora dividiamo tutti i termini dell'ultima equazione per pqr , in modo da ottenere

$$\frac{rq}{pqr} + \frac{rp}{pqr} = \frac{2pq}{pqr}.$$

- Dal momento che $r = 2f$, l'equazione precedente può essere scritta come:

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

che è la *legge dei punti coniugati* (equazione (2)).

Dimostrazione della formula per l'ingrandimento

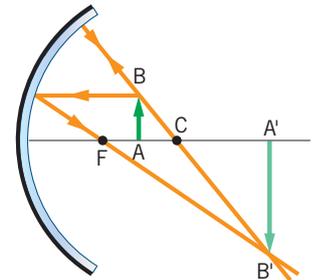
Dimostriamo la formula (6) nel caso che si riferisce alla figura a lato, ma lo stesso risultato si ottiene anche negli altri casi possibili.

- I due triangoli CAB e $CA'B'$ sono simili perché hanno entrambi un angolo retto e, inoltre, gli angoli \widehat{ACB} e $\widehat{A'CB'}$ sono uguali perché opposti al vertice. Quindi possiamo scrivere la proporzione

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CA'}}{\overline{AC}}. \quad (9)$$

- Il membro di sinistra della (9) è ciò che abbiamo chiamato G ; per la formula (7); il membro di destra della stessa equazione, cioè il rapporto $\overline{CA'}/\overline{AC}$, è uguale a $\overline{A'V}/\overline{AV}$, cioè a q/p .
- Abbiamo quindi ottenuto la relazione

$$G = \frac{q}{p}.$$

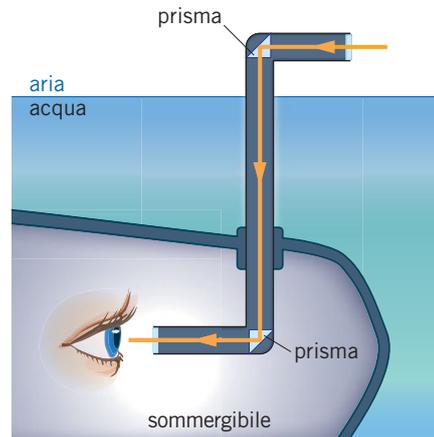


8. LA RIFLESSIONE TOTALE

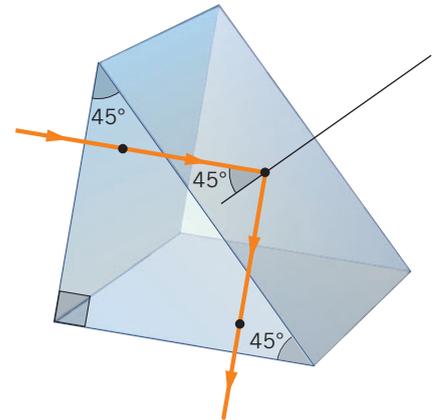
Il prisma

I periscopi montati nei sommergibili consentono di guardare al di sopra dell'acqua sfruttando il fenomeno della riflessione totale. Al loro interno vi sono dei prismi, che sono mezzi trasparenti limitati da superfici piane non parallele.

- A** La luce che penetra nel tubo è deviata due volte di 90° da due prismi che hanno la sezione a forma di triangolo rettangolo isoscele.



- B** Dentro ciascun prisma il raggio colpisce la faccia inclinata con un angolo superiore all'angolo limite ed è quindi riflesso totalmente.



10. LA FORMULA PER LE LENTI SOTTILI E L'INGRANDIMENTO

Dimostrazione delle formule

Dimostriamo ora le formule (13) e (14) facendo riferimento alle figure del paragrafo 10.

- I due triangoli OAB e $OA'B'$ sono simili per il primo criterio di similitudine, visto che hanno entrambi un angolo retto e che gli angoli $G = \frac{q}{p}$ e $A'\hat{O}B'$ sono uguali perché opposti al vertice. Di conseguenza possiamo scrivere la proporzione

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{AO}}. \quad (15)$$

- Il primo membro della formula (15) è l'ingrandimento lineare G , mentre il secondo membro è il rapporto q/p . Quindi la formula (14) è dimostrata.
- Anche i due triangoli OFL e $A'FB'$ sono simili per il primo criterio ($L\hat{O}F$ e $F\hat{A}'B'$ retti; $O\hat{F}L$ e $A'\hat{F}B'$ uguali perché opposti al vertice). Inoltre i due segmenti AB e OL sono uguali perché lati opposti del rettangolo $AOLB$; quindi possiamo scrivere le proporzioni

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{OL}} = \frac{\overline{FA'}}{\overline{FO}} \Rightarrow \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{FA'}}{\overline{FO}}. \quad (16)$$

- I primi membri delle equazioni (15) e (16) sono uguali; quindi possiamo uguagliare anche i secondi membri, ottenendo:

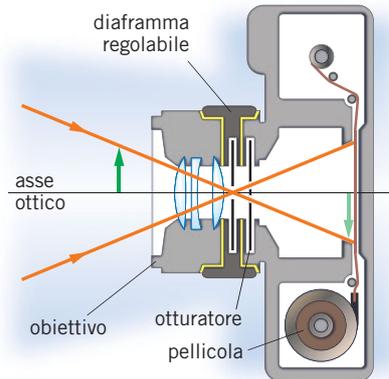
$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{AO}} = \frac{\overline{FA'}}{\overline{FO}} \Rightarrow \frac{q}{p} = \frac{q-f}{f}. \quad (5)$$

- Eliminando i denominatori nell'equazione precedente e dividendo poi tutti gli addendi per il prodotto pqf si ottiene infine la legge delle lenti sottili (formula (13))

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

11. MACCHINA FOTOGRAFICA E CINEMATOGRAFO

La *macchina fotografica* è costituita da una scatola in cui la luce entra da un'apertura (il diaframma) che si trova dietro un sistema di lenti (l'obiettivo). Queste lenti fanno convergere la luce sulla parete posteriore della scatola.



Lì si trova la pellicola, che è un sottile strato di plastica su cui è depositata una sostanza sensibile alla luce, oppure un rivelatore elettronico (detto *CCD*, *Charge Coupled Device*). In condizioni normali la pellicola è protetta da una tendina (l'otturatore) che ferma la luce. Quando scattiamo una fotografia, apriamo e chiudiamo rapidamente l'otturatore; in questo modo la luce giunge sulla pellicola e la impressiona.

Invece, in una fotocamera digitale è un congegno elettronico ad «accendere» e «spegnere» un rivelatore di luce.

Le pellicole devono essere sviluppate mediante un procedimento chimico, mentre i rivelatori elettronici (detti *CCD*) possono passare direttamente i segnali a un dispositivo di memoria.

L'obiettivo, che si comporta come una lente convergente, forma un'immagine reale e capovolta dell'oggetto fotografato.

Per ottenere una fotografia nitida è necessario che l'immagine si formi esattamente sul piano del rivelatore (pellicola o *CCD*). A tal fine, un dispositivo di messa a fuoco regola la distanza tra questo e l'obiettivo, spostando leggermente in fuori o in dentro l'obiettivo.

Il cinema

Per il *cinema* sono necessari sia una macchina da presa che uno speciale proiettore.

La *macchina da presa* è una macchina fotografica che scatta, una dopo l'altra, numerose fotografie del soggetto. La luce che proviene dall'otturatore può giungere a una pellicola che scorre, la quale memorizza le fotografie successive. Nelle videocamere digitali, invece, la luce incide su un *CCD* e le informazioni così ottenute possono essere conservate su un nastro magnetico o nel disco di un computer.



Il *proiettore* è in grado di proiettare velocemente le diverse fotografie, l'una dopo l'altra. Il nostro sistema visivo percepisce un'immagine continua (e non a scatti, come è in realtà) perché è incapace di distinguere cambiamenti di luce che si susseguono troppo rapidamente. È questo il fenomeno della *persistenza delle immagini*: il sistema visivo umano riesce a distinguere fino a 30 immagini al secondo. Al di sopra di questo valore le immagini sono «fuse» tra loro e si ha l'illusione del movimento continuo.

12. L'OCCHIO

L'*occhio* è un globo racchiuso da una spessa membrana opaca, che presenta sul davanti una superficie trasparente detta *cornea*. Dietro di essa vi è l'*iride*, un diaframma che ha nel centro un foro (la *pupilla*) attraverso cui penetra la luce. All'interno dell'iride si trova il *cristallino*, un corpo trasparente a forma di lente, circondato dal muscolo ciliare.

La pupilla è comandata, in modo inconscio, da un muscolo che ne regola il diametro (da circa 2 mm a 9 mm) a seconda dell'intensità della luce incidente. Nell'occhio si susseguono tre mezzi rifrangenti:

la cornea e l'umor acqueo, entrambi con indice di rifrazione $n_1=1,346$;

1. il cristallino, con indice di rifrazione $n_2=1,437$;
2. l'umor vitreo, con indice di rifrazione $n_1=1,346$.

Quando guardiamo un oggetto luminoso o illuminato, alcuni raggi di luce emessi dai suoi diversi punti entrano nell'occhio attraverso la pupilla.

Dopo essere stati rifratti dai diversi mezzi trasparenti che incontrano, essi formano un'immagine reale e capovolta sul fondo dell'occhio, dove si trova una superficie coperta di elementi sensibili alla luce, la *rètina*.

L'occhio mette a fuoco gli oggetti modificando la curvatura del cristallino e, quindi, la sua distanza focale. È questo il meccanismo dell'*accomodamento*, che avviene grazie all'azione del muscolo ciliare.

Quando l'occhio sano è a riposo, il muscolo ciliare è rilasciato e il cristallino ha la minima curvatura: si dice che l'occhio è accomodato all'infinito (*punto remoto*). Contraendo il muscolo ciliare si aumenta la curvatura del cristallino fino a formare sulla *rètina* l'immagine nitida di oggetti che si trovano alla distanza di 15 cm circa dall'occhio (*punto prossimo*). Ciò comporta, però, un certo sforzo; invece, l'occhio può rimanere accomodato senza sforzo sensibile alla *distanza della visione distinta* (circa 25 cm).

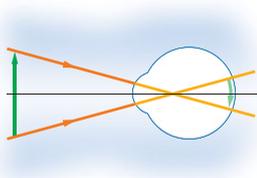
Presbiopia, miopia e ipermetropia

La distanza del punto prossimo aumenta in modo notevole con l'età. La perdita del potere di accomodamento dell'occhio con il procedere dell'età si chiama **presbiopia**.

Nell'occhio sano l'immagine di un oggetto molto lontano si forma spontaneamente sulla *rètina*.

Nell'occhio *miope* l'immagine di un oggetto lontano si forma prima della *rètina*. In quello *ipermetropo* si forma dietro di essa.

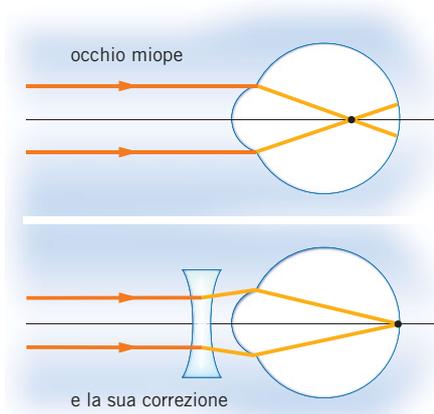
Questi due difetti della visione si correggono ponendo davanti all'occhio una lente, che riporta l'immagine proprio sulla *rètina*.



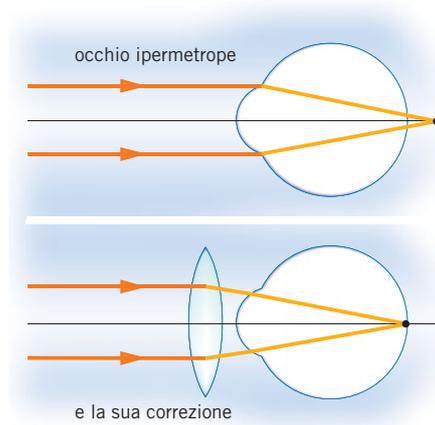
PUNTO PROSSIMO

A 20 anni il punto prossimo è a 10 cm, ma a 50 anni può arrivare a 40 cm dall'occhio.

A Nell'occhio miope il sistema è troppo convergente e l'immagine si forma prima della retina. Il difetto si corregge con una lente divergente.



B Nell'occhio ipermetrope il sistema è poco convergente e l'immagine si forma al di là della retina. Il difetto si corregge con una lente convergente.



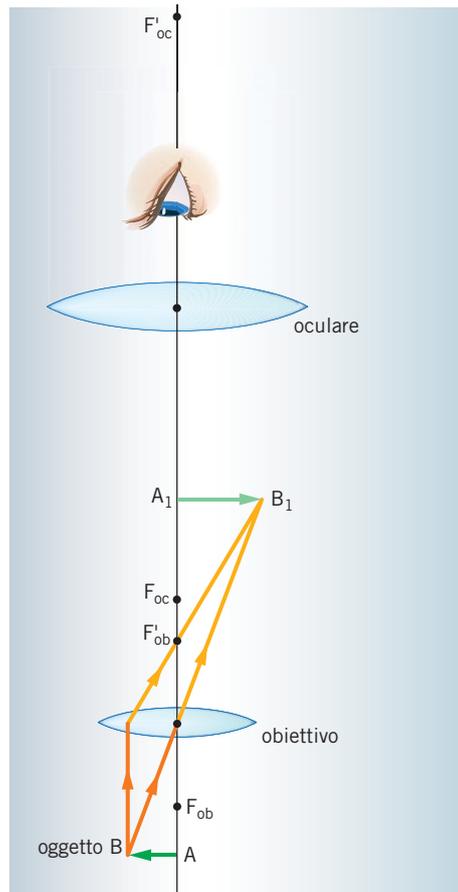
13. MICROSCOPIO E CANNOCCHIALE

Due strumenti che permettono di estendere le potenzialità della nostra vista sono il *microscopio* e il *cannocchiale*. Entrambi gli strumenti sono costituiti da due lenti, in genere convergenti: l'*obiettivo*, quella più vicina all'oggetto, e l'*oculare*, quella più vicina all'occhio.

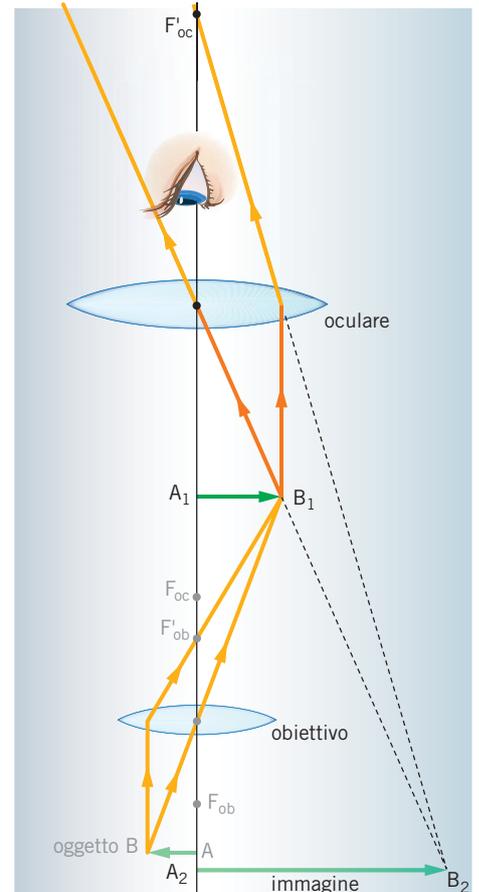
Il microscopio

Nel *microscopio*, l'oggetto AB che si vuole osservare è posto appena al di là del fuoco F_{ob} dell'obiettivo.

A Questa lente forma una prima immagine A_1B_1 reale, ingrandita e capovolta in una posizione intermedia tra l'oculare e il suo fuoco F_{oc} .



B A_1B_1 costituisce l'oggetto per l'oculare, che ne forma una seconda immagine A_2B_2 virtuale, ingrandita e diritta rispetto a A_1B_1 (cioè capovolta rispetto ad AB).



Il microscopio è progettato in modo che l'immagine A_2B_2 si formi a una distanza dall'occhio pari alla distanza della visione distinta.

Nel microscopio si forma un'immagine virtuale e ingrandita.

Con i migliori microscopi si ottengono ingrandimenti di un migliaio di volte. È così possibile vedere oggetti dell'ordine del micrometro (10^{-6} m), come le cellule e i batteri.

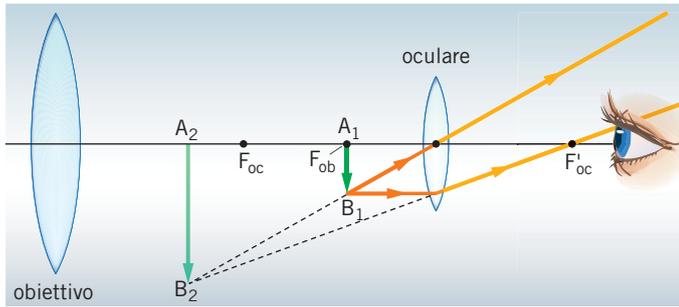
SISTEMA DI LENTI

Oculare e obiettivo sono spesso costituiti da un appropriato sistema di lenti.

Il cannocchiale

Il *cannocchiale astronomico* serve per osservare oggetti che si trovano molto lontani. Per le proprietà delle lenti convergenti, l'immagine A_1B_1 di un oggetto molto lontano (che

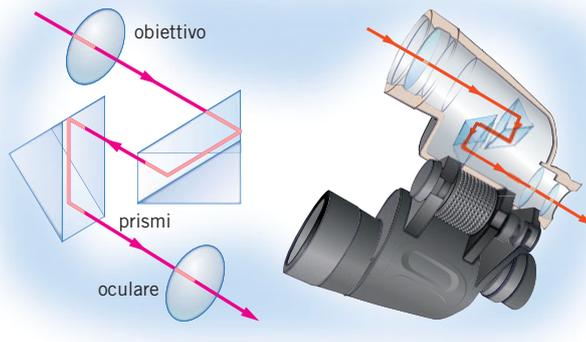
nella figura non si vede) è reale, capovolta e rimpicciolita e si forma proprio in corrispondenza del secondo fuoco F_{ob} dell'obiettivo.



Il punto F_{ob} è posto tra l'oculare e il suo primo fuoco F_{oc} ; così l'oculare funziona da lente d'ingrandimento e forma un'immagine A_2B_2 di A_1B_1 che è virtuale, ingrandita e diritta (cioè capovolta rispetto all'oggetto osservato).

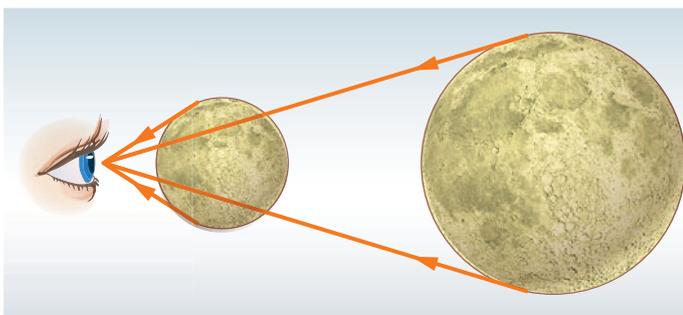
Nei *cannocchiali terrestri* si pongono, lungo il cammino dei raggi, altre lenti o prismi che ribaltano una seconda volta l'immagine, in modo che l'immagine finale sia diritta.

I *binocoli* sono formati da due cannocchiali terrestri fissati l'uno all'altro alla distanza degli occhi.



L'ingrandimento angolare del cannocchiale

Il cannocchiale non ingrandisce gli oggetti, come fa il microscopio. Per esempio, l'immagine della Luna vista nel cannocchiale è molto più piccola della Luna stessa. Però il cannocchiale crea un'immagine che è molto più vicina al nostro occhio dell'oggetto osservato.



Ciò ci permette di vedere la Luna (e ogni altro corpo) sotto un angolo visuale maggiore e quindi di vedere molti più dettagli; infatti l'immagine della Luna che si forma sulla retina è più grande di quella che si ottiene osservando la Luna a occhio nudo.

Il rapporto tra gli angoli sotto cui l'occhio vede l'immagine con o senza cannocchiale si chiama *ingrandimento angolare*.

ESERCIZI

1. I RAGGI DI LUCE

DOMANDE SUI CONCETTI

- 1** È corretto dire che la Luna è una sorgente luminosa?
- 2** Quali fra i seguenti materiali sono traslucidi?
- ▶ Vetro smerigliato, carta oleata, policarbonato, alabastro, ghiaccio.

ESERCIZI NUMERICI

- 6** Per una installazione artistica un vecchio disco in vinile viene appeso a una fune a 2,6 m di distanza dalla parete della sala, in modo da stare parallelo ad essa. Quando il disco viene illuminato da un faro luminoso posto sul suo asse a 1,0 m da essa, l'ombra proiettata sulla parete della sala ha raggio 1,1 m.
- ▶ Calcola il raggio del disco.
 - ▶ Successivamente la sorgente luminosa viene fatta oscillare avanti e indietro. Quando il faro si avvicina al disco, il raggio dell'ombra aumenta o diminuisce?
 - ▶ Calcola a quale distanza dal disco si trova la sorgente luminosa quando l'area dell'ombra risulta il triplo della superficie del disco.

[0,31 m; 3,6 m]

2. LE LEGGI DELLA RIFLESSIONE E GLI SPECCHI PIANI

DOMANDE SUI CONCETTI

- 7** In ambienti di piccole dimensioni, per dare l'impressione di spazi più ampi, si possono posizionare degli specchi. Perché?
- 8** Il camerino di un negozio di abiti ha come pareti due specchi piani tra loro perpendicolari. Carlotta si mette davanti ad essi.
- ▶ Quante immagini di Carlotta si formano?

[3]

3. SPECCHI SFERICI

DOMANDE SUI CONCETTI

- 13** La tabella si riferisce a uno specchio sferico di piccola apertura. Scegli dall'elenco la conseguenza corretta.

UN RAGGIO CHE...

VIENE RIFLESSO

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. passa per il fuoco | |
| 2. passa per il centro | |
| 3. arriva parallelo all'asse ottico | |
| 4. incide nel vertice | |
- a. su se stesso, dato che l'angolo di incidenza è zero.
- b. nel fuoco dello specchio.
- c. parallelamente all'asse ottico.
- d. in modo simmetrico rispetto all'asse ottico.

- 14** Se l'uomo non fosse dotato della vista, le immagini virtuali esisterebbero ugualmente? E quelle reali? Motiva le risposte.

4. COSTRUZIONE DELL'IMMAGINE PER SPECCHI SFERICI

DOMANDE SUI CONCETTI

- 21** Carla vuole individuare sperimentalmente la posizione del centro e del fuoco di uno specchio concavo. Per farlo fa scorrere una penna sull'asse ottico dello specchio e ne osserva le immagini catturate su uno schermo.
- ▶ Da cosa può dedurre la posizione indicativa del centro?
 - ▶ Carla non conosce la relazione tra raggio e fuoco. Come può individuare la posizione del fuoco dello specchio a partire dalle immagini della penna?
- 22** Monica utilizza uno specchio di distanza focale 24 cm per vedere l'immagine ingrandita dei suoi occhi.
- ▶ Lo specchio di Monica è concavo o convesso?
 - ▶ A quale distanza dallo specchio deve porsi per avere l'ingrandimento massimo?
 - ▶ Monica si allontana dallo specchio: fino a quale distanza riesce ancora a vedere un'immagine ingrandita dei suoi occhi?
 - ▶ Costruisci graficamente l'immagine.
- 23** Marco si trova in un grande supermercato dove è collocato uno specchio convesso per la vigilanza.

Non riuscendo a leggere l'etichetta di un prodotto, lo avvicina allo specchio per vederne l'immagine ingrandita.

- ▶ Marco riesce a vedere l'immagine ingrandita dell'etichetta? Motiva la risposta.
- ▶ Il suo amico Stefano si trova a qualche corsia di distanza dietro a Marco. È possibile che Marco veda nello specchio l'immagine di Stefano? Motiva la risposta.

24 Filippo e Lucia posizionano due scatole uguali sull'asse ottico di due specchi identici. Le due scatole sono posizionate a distanze diverse dai rispettivi specchi. L'immagine ottenuta da Filippo ha le stesse dimensioni di quella ottenuta da Lucia.

- ▶ Le due immagini sono reali o virtuali? Ingrandite o rimpicciolite? Motiva la risposta.
- ▶ Gli specchi sono concavi o convessi?
- ▶ Costruisci graficamente la formazione delle due immagini.

25 Paola vuole posizionare in salotto uno specchio che rifletta l'immagine rimpicciolita di un vaso di fiori.

- ▶ Paola può usare sia uno specchio concavo che uno convesso?
- ▶ A quale distanza dallo specchio deve posizionare il vaso nel caso in cui utilizzi lo specchio concavo? Dove si forma l'immagine del vaso rispetto all'oggetto? A quale distanza dallo specchio? Guardando lo specchio si vede l'immagine del vaso?
- ▶ Se Paola utilizza uno specchio convesso, quali sono le caratteristiche dell'immagine?

26 Completa la tabella.

TIPO DI SPECCHIO	OGGETTO	IMMAGINE	INGRANDIMENTO
sferico concavo	nel centro		
sferico convesso	davanti allo specchio		
sferico concavo	oltre il centro		
sferico concavo		reale, capovolta	ingrandita
sferico concavo	tra il fuoco e lo specchio		

27 Un barattolo si trova sull'asse ottico di uno specchio concavo e viene lentamente allontanato da esso.

- ▶ In quale punto tende a formarsi l'immagine?

- ▶ Avvicinando il barattolo al fuoco dello specchio, a quale distanza tende a formarsi l'immagine? Vale sia se il barattolo si avvicina a sinistra che a destra del fuoco?

28 Un'asticella si riflette in uno specchio sferico concavo di raggio 80 cm posto a 30 cm di distanza.

- ▶ Costruisci graficamente l'immagine dell'asticella.
- ▶ L'asticella viene ora allontanata dallo specchio di altri 60 cm. Costruisci graficamente l'immagine nella nuova posizione.

5. LA LEGGE DEI PUNTI CONIUGATI E L'INGRANDIMENTO

ESERCIZI NUMERICI

35 Per truccarsi gli occhi, Martina utilizza uno specchio da estetista di raggio di curvatura 48 cm e si posiziona a una distanza doppia della distanza focale.

- ▶ Di quanto risulta ingrandito il suo occhio?
- ▶ Per vedere attraverso lo specchio il suo occhio di dimensioni doppie, deve avvicinarsi o allontanarsi dallo specchio? Di quanti centimetri?

[36 cm]

36 Luca posiziona una bottiglia di fronte ad uno specchio sferico di distanza focale 15 cm in modo da proiettarne l'immagine tre volte più grande su uno schermo.

- ▶ A quale distanza dallo specchio deve posizionare lo schermo?
- ▶ Matteo prende la bottiglia per bere e quando la risistema l'immagine che si forma nello specchio è ancora ingrandita di tre volte. Matteo osserva lo schermo sul quale però non si forma alcuna immagine. Di quanti centimetri ha spostato la bottiglia rispetto allo specchio?
- ▶ Guardando attraverso lo specchio, l'immagine di Matteo differisce da quella di Luca? In cosa? Rappresenta graficamente le due situazioni.

7. LE LEGGI DELLA RIFRAZIONE

DOMANDE SUI CONCETTI

38 È corretto dire che aumentando l'angolo di incidenza su una superficie di separazione tra due mezzi, anche l'angolo rifratto aumenta?

39 Bernardo è in viaggio in automobile e all'improvviso un sasso rimbalza sul parabrezza (che ha indice di

rifrazione 1,5) incrinandolo. Per tentare di ripararlo, il carrozziere invece di sostituire l'intero vetro, inietta nella fessura provocata dal sasso una resina sintetica. Per rendere invisibile la fessura, la luce deve continuare in linea retta quando passa dal vetro alla resina.

- ▶ Per ottenere questo effetto, quanto deve valere l'indice di rifrazione della resina iniettata nella fessura?

- 40** Che cosa succede quando il raggio incidente è perpendicolare alla superficie di separazione?

8. LA RIFLESSIONE TOTALE

DOMANDE SUI CONCETTI

- 51** Tommaso è in una stanza con il soffitto in vetro. Al centro c'è un divisorio di altezza di poco maggiore a quella di Tommaso.

- ▶ Tommaso riesce a vedere cosa c'è dietro il divisorio osservando il soffitto e sfruttando il fenomeno della riflessione totale?

- 52** Per quale motivo il fenomeno della riflessione totale non si verifica nel passaggio da un mezzo meno rifrangente ad uno più rifrangente?

ESERCIZI NUMERICI

- 57 NATURA** L'acqua che non c'è

★★★ L'indice di rifrazione della luce in aria non è costante ma è inversamente proporzionale alla temperatura, e quindi dipende dalla densità dell'aria che attraversa. Esso risulta quindi minore negli strati d'aria più caldi e maggiore nelle strati d'aria più freddi. Una conseguenza di ciò sono i fenomeni ottici del Miraggio (o miraggio inferiore) e della Fata Morgana (o miraggio superiore).

Miraggio

Durante delle giornate particolarmente afose, in zone molto calde, può capitare che la superficie terrestre si surriscaldi; gli strati d'aria a contatto con essa, di conseguenza, diventano più caldi e meno densi degli strati superiori.

Quando gli strati d'aria più bassi sono più caldi, e quindi meno rifrangenti, un raggio luminoso che si propaga attraverso essi viene progressivamente deviato dalla perpendicolare fino a quando, raggiunto l'angolo limite, si riflette totalmente. A un osservatore che guarda un oggetto in lontananza arrivano di conseguenza due raggi: uno diretto, che attraversa

uno strato a temperatura costante e uno rifratto, che attraversa strati man mano più caldi. L'effetto è quello di uno specchio: l'osservatore ha l'impressione che l'oggetto si specchi in una pozza d'acqua (immagine del cielo) e ne vede in essa l'immagine capovolta.

Esempi di miraggi inferiori sono le oasi nei deserti e l'immagine schiacciata del Sole durante il tramonto sul mare.

Fata Morgana

Viceversa, in zone superficiali fredde come grandi distese di acqua fredda o ghiacciata, gli strati atmosferici più bassi possono subire bruschi raffreddamenti. In questo caso, più si sale più la temperatura aumenta e l'indice di rifrazione diminuisce. All'osservatore che guarda un oggetto in lontananza arrivano ancora due raggi, uno diretto e uno riflesso: l'immagine viene vista fluttuare in cielo.

Esempi di miraggi superiori sono le immagini di città fluttuanti in aria (fenomeno tipico nello stretto di Messina) e l'avvistamento di navi e isole in mare prima ancora che esse siano all'orizzonte.

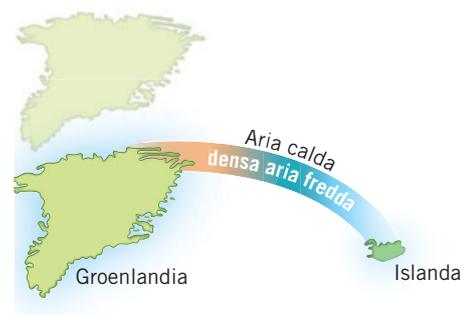
Durante una giornata molto afosa, Jacopo è in autostrada e vede in lontananza un'auto muoversi e specchiarsi su una strada bagnata.

- ▶ Si verifica un miraggio inferiore o superiore?
- ▶ Come cambia l'immagine dell'automobile man mano che Jacopo si avvicina ad essa? Motiva la risposta rappresentando graficamente la formazione dell'immagine rispetto ad almeno due distanze diverse dall'oggetto.

- 58 NATURA** L'isola che non c'è

★★★ Secondo una saga nordica, il norvegese Eric il Rosso navigò dall'Islanda e scoprì la Groenlandia dopo aver visto l'isola in un miraggio.

- ▶ Di che tipo di miraggio si tratta?
- ▶ Come è stato possibile? Nella figura, disegna il cammino dei raggi luminosi per spiegare il miraggio.



9. LENTI SFERICHE

DOMANDE SUI CONCETTI

- 59** Con una lente convergente è possibile ottenere un'immagine reale e diritta? E virtuale e rimpicciolita?
- 60** Una lente convergente produce un'immagine reale che può essere raccolta su uno schermo.
- ▶ Dove e come deve essere posizionato uno schermo per vedere su esso l'immagine a fuoco dell'oggetto?
 - ▶ Una volta che l'immagine si forma sullo schermo, se allontanano quest'ultimo dalla lente, l'immagine si vede lo stesso? Come risulta l'immagine?
 - ▶ Per modificare le dimensioni dell'immagine mantenendo fissa la lente, devo spostare l'oggetto, lo schermo o entrambi? Motiva la risposta fornendone anche una rappresentazione grafica.
- 61** Marta vuole produrre l'immagine reale rimpicciolita di un bicchiere utilizzando una lente che ha raggio di curvatura 24 cm.
- ▶ Che tipo di lente deve usare?
 - ▶ A quali distanze dalla lente deve porre il bicchiere? Rappresenta graficamente la situazione.
- 62** Quando si osserva un foglio di giornale con una lente d'ingrandimento si vede l'immagine diritta e ingrandita delle lettere.
- ▶ Che tipo di lente produce questo effetto?
 - ▶ Se la lente ha una distanza focale di 8 cm, a quale distanza da essa bisogna posizionare il foglio?
 - ▶ L'immagine che si vede delle lettere è virtuale o reale? Rispetto all'oggetto, l'immagine da che parte della lente si forma? Rappresenta graficamente la formazione dell'immagine.
- 63** Franco è in casa quando suonano al campanello. Guardando attraverso la lente dello spioncino della porta di ingresso, Franco vede l'immagine dell'ospite rimpicciolita.
- ▶ La lente dello spioncino è convergente o divergente?
 - ▶ L'immagine che Franco vede è reale o virtuale? Rispetto all'ospite, da che parte della lente si forma? Rappresentane graficamente la formazione.
 - ▶ L'immagine dell'ospite può essere impressa su uno schermo?

64 DOMANDA SVOLTA

Il collezionista

Un collezionista vuole osservare un francobollo attraverso una lente d'ingrandimento con distanza focale pari a 16 cm.

- ▶ In quali regioni dell'asse ottico il collezionista può posizionare la lente affinché si formi un'immagine di dimensioni triple di quelle del francobollo?
- ▶ Quali sono le caratteristiche delle immagini che si formano? Il collezionista riesce ad osservare attraverso la lente tutte le immagini di dimensione tripla individuate del francobollo?

- 65** Utilizzando una lente, Chiara vuole bruciare un foglio con i raggi del sole.
- ▶ Che tipo di lente deve usare?
 - ▶ A quale distanza dal foglio deve posizionare la lente? Motiva la risposta dando anche una rappresentazione grafica della situazione.
 - ▶ Chiara come può sapere quando la lente è alla distanza giusta dal foglio?

ESERCIZI NUMERICI

- 66** Su un banco ottico da laboratorio, un cubo è fissato a 10 cm dal supporto di una lente sferica. Enrico ha a disposizione tre lenti di distanze focali di -8 m, 15 m e 7 m e vuole imprimere l'immagine del cubo a fuoco su uno schermo posto dalla parte opposta della lente.
- ▶ Le tre lenti sono convergenti o divergenti?
 - ▶ Quali lenti può utilizzare per vedere l'immagine del cubo sullo schermo?
- 67** Roberto posiziona un bottone davanti ad una lente convergente per studiarne l'immagine su uno schermo.
- ▶ Osservando lo schermo, Roberto non vede alcuna immagine. Quali sono i due motivi che possono portare all'assenza dell'immagine sullo schermo?
 - ▶ Come può verificare in quale delle due situazioni si trova?
 - ▶ Come può determinare il fuoco della lente?
 - ▶ Roberto decide poi di produrre l'immagine ingrandita del bottone. Deve allontanare o avvicinare il bottone alla lente? Qual è l'intervallo di distanze possibili per vedere l'immagine ingrandita?

10. LA FORMULA PER LE LENTI SOTTILI E L'INGRANDIMENTO

ESERCIZI NUMERICI

75 Un barattolo alto 19,5 cm viene posto davanti ad una lente di distanza focale 14,4 cm. L'immagine reale si forma a 23,7 cm dalla lente. Senza spostare l'oggetto si sostituisce la lente con una nuova lente di distanza focale +23,4 cm.

- ▶ La seconda lente è convergente o divergente?
- ▶ L'immagine prodotta dalla seconda lente è reale o virtuale? È diritta o capovolta rispetto all'immagine prodotta dalla prima lente? E rispetto al barattolo? Motiva la risposta.
- ▶ Quale lente produce un'immagine più grande del barattolo? Calcola l'altezza dell'immagine più grande del barattolo.

[34,3 cm]

76 Durante un lavoro, a un falegname entra una scheggia di legno nel dito. Un suo collaboratore per estrargliela si aiuta con una lente che forma un'immagine a una distanza dalla lente di 18 cm e ingrandita del doppio.

- ▶ Calcola la posizione della lente e rappresenta graficamente la formazione dell'immagine.
- ▶ Calcola la distanza focale della lente.

[9,0 cm; 18 cm]

77 Per proiettare su un muro l'immagine ingrandita di un drago alto 22 cm, un illusionista interpone tra il muro e il drago una lente convergente. Quando la distanza tra la lente e il drago è di 23 cm, il drago sul muro è alto 2,0 m.

- ▶ Determina la posizione dell'immagine e rappresenta graficamente la formazione dell'immagine.
- ▶ Calcola la distanza focale della lente.
- ▶ L'illusionista riesce nel suo intento o c'è qualcosa

di non corretto nell'immagine che produce? Come deve posizionare il drago?

[2,1 m; 21 cm]

78 Sara osserva una pietra con una lente convergente di distanza focale 12 cm. L'immagine della pietra si forma dalla parte opposta dell'oggetto rispetto alla lente, ad una distanza di 23 cm.

- ▶ Guardando la pietra attraverso la lente, riesce Sara a vedere l'immagine? Rappresenta graficamente la formazione dell'immagine.
- ▶ Calcola la posizione della pietra.

11. MACCHINA FOTOGRAFICA E CINEMATOGRAFO

DOMANDE SUI CONCETTI

79 Un proiettore di diapositive è costituito da una lente convergente posta di fronte ad uno schermo che cattura l'immagine prodotta. Per vedere l'immagine a fuoco sullo schermo, la diapositiva viene posta ad una distanza dalla lente compresa tra f e $2f$. Come deve essere inserita la diapositiva? Motiva la risposta e rappresenta graficamente la formazione dell'immagine.

80 L'ingrandimento in larghezza della lente di una macchina fotografica è uguale a quello in altezza?

81 Sul corpo macchina di una fotocamera non automatica si possono selezionare diversi valori della velocità dell'otturatore, che controlla la quantità di luce che arriva sulla pellicola: 1000, 500, 250, 125, 60, 30, 15, 8, 4, 2, 1. Un fotografo ha scelto di utilizzare una velocità di 1/125: ciò indica che ad ogni scatto l'otturatore rimane aperto per 1/125 di secondo.

- ▶ Se si vuole aumentare la quantità di luce che entra nella fotocamera, quali valori di velocità occorre scegliere?

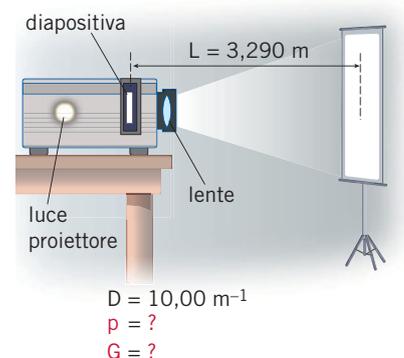
ESERCIZI NUMERICI

82 PROBLEMA SVOLTO

Distanza lente-oggetto e ingrandimento

Un proiettore di diapositive funziona grazie a una lente convergente che ha un potere diottrico di 10,00 diottrie. La distanza tra la diapositiva e lo schermo è di 3,290 m.

- ▶ Quale deve essere la distanza tra lente e diapositiva perché la sua immagine sia a fuoco sullo schermo?
- ▶ Quanto vale l'ingrandimento della diapositiva quando la sua immagine è a fuoco?



DATI E INCOGNITE

	Grandezze	Simboli	Valori	Commenti
DATI	Potere diottrico della lente	D	$10,00 \text{ m}^{-1}$	
	Distanza diapositiva-schermo	L	$3,290 \text{ m}$	
INCOGNITE	Distanza diapositiva-lente	q	?	La diapositiva è l'oggetto; l'immagine si forma sullo schermo
	Ingrandimento	G	?	

RAGIONAMENTO

- La distanza $L = 3,290 \text{ m}$ tra diapositiva e schermo è uguale alla somma di p e di q :

$$p + q = L \Rightarrow q = L - p.$$

- Tenendo conto di ciò e del fatto che vale $1/f = D = 10,00 \text{ m}^{-1}$, l'equazione delle lenti sottili può essere scritta come

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{L-p} = D.$$

- Se si eliminano i denominatori nella formula precedente si ottiene la relazione

$$Dp^2 - DLp + L = 0$$

- Quella trovata è un'equazione di secondo grado nella variabile p . Le sue soluzioni sono

$$p_{1,2} = \frac{DL \pm \sqrt{(DL)^2 - 4DL}}{2D}$$

- Un'equazione di secondo grado ha due soluzioni, ma soltanto una di quelle che troveremo ha significato fisico.

RISOLUZIONE

Dai dati del problema otteniamo

$$DL = (10,00 \text{ m}^{-1}) \times (3,290 \text{ m}) = 32,90.$$

Ora possiamo calcolare i valori numerici delle soluzioni

$$\begin{aligned} p_{1,2} &= \frac{32,90 \pm \sqrt{(32,90)^2 - 4 \times 32,90}}{2 \times (10,00 \text{ m}^{-1})} = \\ &= \frac{32,90 \pm 30,84}{20,00} \text{ m} \Rightarrow \begin{cases} p_1 = 0,103 \text{ m} \\ p_2 = 3,187 \text{ m} \end{cases} \end{aligned}$$

La soluzione fisicamente accettabile è p_1 : in un proiettore, diapositiva e lente distano pochi centimetri. Quindi la soluzione del problema è data da

$$\begin{cases} p = 0,103 \text{ m} = 10,3 \text{ cm} \\ q = L - p = (3,290 - 0,103 \text{ m}) = 3,187 \text{ m} \end{cases}$$

Siamo in grado di calcolare l'ingrandimento

$$G = \frac{q}{p} = \frac{3,187 \text{ m}}{0,103 \text{ m}} = 30,9.$$

CONTROLLO DEL RISULTATO

La lente del proiettore di diapositive ha una distanza focale $f = 1/10,00 \text{ m} = 10,00 \text{ cm}$. La diapositiva è posta a $10,3 \text{ cm}$ dalla lente, cioè a una distanza dalla lente compresa tra f e $2f$. Quindi l'immagine che si forma è reale, ingrandita e capovolta. È per questo che, per vedere l'immagine in modo corretto nello schermo, la diapositiva va inserita nel proiettore «a testa in giù».

83 ★★★ Durante uno spettacolo teatrale due spettatori fotografano la scena sul palco. Il primo spettatore si trova a 7,00 m dal palco e utilizza una macchina fotografica con teleobiettivo di distanza focale 0,480 m. Il secondo spettatore si trova a 30,0 m dal palco.

- ▶ Quale dovrebbe essere la distanza focale dell'obiettivo del secondo spettatore affinché la sua fotografia abbia le stesse dimensioni di quella del primo?

[22,3 cm]

84 ★★★ Alessandro vuole proiettare una diapositiva da 40,0 mm che lo ritrae in piedi su uno sgabello. Per farlo sistema un proiettore costituito da una lente di focale 28,0 cm di fronte ad uno schermo quadrato di lato 2,50 m.

- ▶ A quale distanza dallo schermo Alessandro deve posizionare il proiettore affinché l'immagine copra tutto lo schermo?

[18,0 m]

85 ★★★ Un fotografo utilizza una fotocamera dotata di una lente di potere diottrico 8,3 diottrie e di una pellicola di dimensione 42 mm.

- ▶ A quale distanza da un edificio alto 8,0 m si deve posizionare il fotografo perché sulla pellicola si formi l'immagine intera dell'edificio?

[14 cm]

86 ★★★ Una macchina fotografica restituisce immagini rimpicciolite di $12,8 \times 10^{-3}$. Un oggetto è a fuoco quando dista 1,85 m dalla macchina fotografica.

- ▶ Calcola la distanza focale della lente.

[23,4 mm]

87 ★★★ Lucia, in riva al mare, vuole fotografare la sua amica Arianna che si trova in acqua a 2,1 m da lei. Dietro ad Arianna, a 6,0 km di distanza dalla riva è ancorata una barca. La macchina fotografica di Lucia è costituita da una lente con potere diottrico pari a 22 diottrie e distante 4,6 cm dalla pellicola. Lucia scatta una foto.

- ▶ Sulla fotografia sarà perfettamente a fuoco Arianna o la barca?
- ▶ Per mettere a fuoco l'altro soggetto è necessario variare la posizione della lente rispetto alla pellicola? Di quanto?

[1 mm]

88 ★★★ Paolo inserisce una diapositiva a 10 cm dalla lente di un proiettore di focale 15 cm. La lente dista 3,8 m da uno schermo.

- ▶ Paolo vede l'immagine sullo schermo?

- ▶ A quale distanza dallo schermo Paolo deve porre la diapositiva per vedere l'immagine a fuoco?
- ▶ Calcola l'ingrandimento del proiettore.

[4,0 m; 24]

12. L'OCCHIO

DOMANDE SUI CONCETTI

89 Un ottico prescrive a un paziente miope la sua correzione per il suo difetto in termini di distanze focali delle lenti.

- ▶ La correzione è la stessa sia che il paziente indossi occhiali o lenti a contatto? Motiva la risposta.
- ▶ L'immagine formata dalle due diverse lenti si forma alla stessa distanza dal cristallino? Motiva la risposta.

90 Anna e Alice vogliono accendere un fuoco con un paio di occhiali, utilizzando la luce del Sole. Anna è miope, Alice è ipermetrope.

- ▶ Quale paio di occhiali devono usare, quello di Anna o quello di Alice? Perché?

91 Completa la tabella. Per ciascun difetto della vista, indica la sua origine scegliendo la frase opportuna dall'elenco, e il tipo di lente per la correzione del difetto.

	ORIGINE DEL DIFETTO	CORREZIONE DEL DIFETTO
1. miopia		
2. ipermetropia		
3. presbiopia		

- a. l'immagine si forma dietro la retina
- b. il punto prossimo si allontana
- c. l'immagine si forma davanti alla retina

92 Nella prescrizione per costruire occhiali è scritto $f = +60$ cm. Che tipo di difetto di vista ha la persona?

ESERCIZI NUMERICI

93 ★★★ Durante una lezione di danza, la maestra e un gruppo di allieve ballano di fronte ad una parete a specchio. La maestra riesce a vedere in modo chiaro fino a 5,0 m.

- ▶ A quale distanza dallo specchio deve porsi per vedere nitidamente una ragazza che balla 3,5 m dietro di lei?

[0,75 m]

94 STORIA Il difetto di Nerone

★★★ Plinio il Vecchio racconta che Nerone guardava i gladiatori con uno smeraldo di sezione concava.

- ▶ A quale tipo di difetto di vista si può supporre fosse soggetto Nerone?
- ▶ L'immagine dei gladiatori che combattevano a 25 m di distanza si formava a 12 cm dalla lente, tenuta a 2,0 cm dal suo occhio. Con quale raggio doveva essere forgiato lo smeraldo?

[20 cm]

95 Pietro trova un paio di occhiali le cui lenti hanno distanza focale 31 cm. Attraverso una lente osserva una sedia che appare tre volte più piccola.

- ▶ Il padrone degli occhiali è miope o ipermetrope?
- ▶ Per vederla rimpicciolita di 4 volte, deve avvicinare o allontanare la lente dalla sedia?

96 Quando Margherita mette a fuoco oggetti molto lontani, il raggio di curvatura dell'occhio è 30 mm.

- ▶ Calcola la distanza retina-cristallino.

[1,5 cm]

97 Elena, che ha il punto prossimo a 1,2 m di distanza dagli occhi, usa un paio di occhiali per leggere un libro alla distanza della visione distinta. La distanza tra le lenti e gli occhi è di circa 2,0 cm.

- ▶ Che tipo di lenti usa Elena? Che difetto di vista ha?
- ▶ A quale distanza dagli occhi devono formare l'immagine le lenti correttive?
- ▶ Qual è il punto remoto di Elena senza occhiali? Cambia quando si mette gli occhiali?

13. MICROSCOPIO E CANNOCCHIALE**DOMANDE SUI CONCETTI**

98 Rispondi alle seguenti domande.

- ▶ In un microscopio, dove si trova (rispetto all'obiettivo) l'immagine fornita dall'obiettivo?
- ▶ E in un cannocchiale?

99 Una persona miope deve mettere gli occhiali per osservare un oggetto attraverso un cannocchiale? Se non ha con sé gli occhiali, come si deve comportare?

100 Un astrofilo vuole costruire un cannocchiale artigianale. In casa ha tre lenti rispettivamente di potenza 3 diottrie, 14 diottrie e -2 diottrie.

- ▶ Quali lenti deve utilizzare?
- ▶ Quale lente deve utilizzare come obiettivo?

ESERCIZI NUMERICI

101 Un microscopio è composto da due lenti convergenti. L'obiettivo ha una distanza focale di 12 mm; l'oculare ha una distanza focale di 32 mm. La distanza fra le lenti è di 72 mm. La cellula embrionale di un pesce da osservare è posta su un vetrino a una distanza di 16 mm dall'obiettivo.

- ▶ Costruisci graficamente l'immagine finale della cellula.
- ▶ Quanto dista l'immagine virtuale risultante dall'oculare?

[96 mm]

102 Un biologo vuole analizzare un insetto di 3,0 mm al microscopio. Pone l'insetto a 2,5 cm dalla lente obiettivo di distanza focale 2,0 cm. Per osservare l'immagine alla distanza della visione distinta, il biologo regola le due lenti ad una distanza di 20 cm.

- ▶ Calcola le dimensioni dell'immagine virtuale che si forma dell'insetto.

[3,0 cm]

103 L'oculare del telescopio acromatico di Ramsed è costituito da due lenti piano-convexe di uguale distanza focale, disposte con le parti convexe l'una di fronte all'altra. Quando l'immagine dell'obiettivo del telescopio si forma ad una distanza pari a $f/4$ dalla prima lente del sistema oculare, l'immagine finale si forma all'infinito.

- ▶ Calcola, in funzione del fuoco, la distanza tra le due lenti formanti l'oculare.

Suggerimento: le lenti sono entrambe convergenti.

[2/3 f]

104 Linda osserva la Luna con un cannocchiale il cui oculare ha distanza focale di 8,5 cm e distante 30,0 cm dall'obiettivo. L'immagine reale si forma a 5,6 cm dall'oculare.

- ▶ Calcola il fuoco della lente obiettivo.
- ▶ Per osservare l'immagine prodotta dal cannocchiale l'occhio di Linda si deve sforzare?

[24 cm]

PROBLEMI GENERALI

6 ★★★ La scrivania di Federica è posta a 1,2 m di distanza da una finestra. Quando Federica è seduta alla scrivania vede dalla finestra, all'altezza dei suoi occhi, l'insegna luminosa alta 60 cm di un negozio. Per oscurarla attacca sul vetro una striscia di cartoncino alta 8,5 cm.

- ▶ Quanto dista l'insegna dalla finestra?
- ▶ Federica avvicina la scrivania alla finestra di 50 cm: l'insegna rimane coperta? Qual è la massima altezza di un'insegna che il cartoncino riesce a coprire?

[7,3 m; 97 cm]

7 ★★★ Dario vuole proiettare la sua immagine riflessa da uno specchio sferico su uno schermo posto a 1,2 m dietro di lui. Si mette a 80 cm da esso e la sua immagine si forma a 48 cm dallo specchio.

- ▶ Dario riesce a vedere la sua immagine a fuoco sullo schermo?
- ▶ Per vedere l'immagine a fuoco sullo schermo deve avvicinarsi o allontanarsi dallo specchio? Di quanti centimetri?
- ▶ In questa nuova posizione l'immagine riflessa è ingrandita o rimpicciolita? Di quante volte?
- ▶ Dario dimezza la sua distanza dallo specchio. Se sposta lo schermo riesce ancora a catturare la sua immagine?

[40 cm; 3;]

8 **FACCIAMO DUE CONTI** Di chi sono gli occhiali?

★★★ Francesca trova in classe un paio di occhiali e osserva che tenendoli sotto la luce solare diretta, ogni lente produce sul banco l'immagine del Sole a circa 40 cm dalle lenti. Quando Francesca indossa gli occhiali, la loro distanza dagli occhi è di 1,5 cm.

- ▶ Quale difetto di vista correggono gli occhiali? Motiva la risposta.
- ▶ Quanto vale la distanza focale delle lenti?

[40 cm]

9 ★★★ Un palo è piantato in mare a una profondità di 150 cm e sporge di 220 cm dalla superficie dell'acqua. Il Sole è a un'altezza di 40° sull'orizzonte.

- ▶ Calcola l'angolo rispetto alla perpendicolare alla superficie dell'acqua con il quale i raggi solari si rifrangono in acqua.

[35°]

10 ★★★ Giorgio, Alberto e Francesco sono di fronte a uno specchio piano come mostrato in figura.

- ▶ Disegna i raggi che permettono a Giorgio e ad Alberto di vedere Francesco attraverso lo specchio.
- ▶ I raggi individuati incidono sullo specchio distanziati di 0,60 m. Quanto sono distanti tra loro Giorgio e Alberto?

[1,4 m]

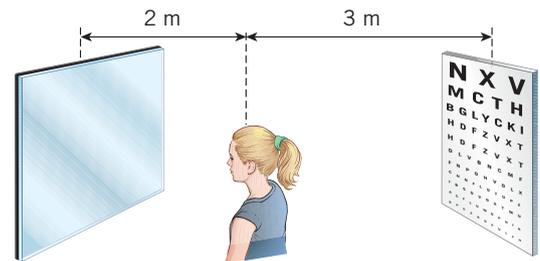
11 ★★★ Due lenti convergenti sono poste in modo che il fuoco della prima lente coincida con il fuoco della seconda. Rappresenta graficamente la situazione e costruisci l'immagine che si forma dei raggi del Sole.

- ▶ Quanto vale il potere diottrico dello strumento?

GIOCHI DI ANACLETO

5 In figura è rappresentata una prova della vista. Alle spalle della paziente sta una tabella con delle lettere che essa legge in uno specchio piano parallelo alla tabella.

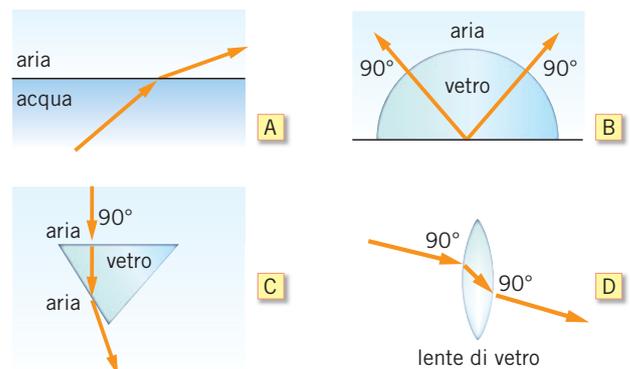
- ▶ A che distanza dagli occhi della paziente si trova l'immagine della tabella nello specchio?



- a. 2 m
- b. 4 m
- c. 5 m
- d. 7 m

(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2009)

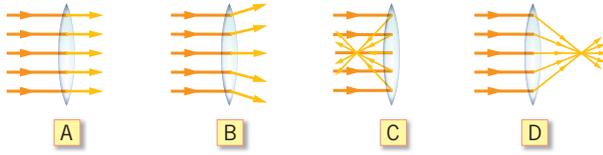
6 In quale delle seguenti figure il disegno che mostra il cammino del raggio luminoso NON è corretto?



(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2009)

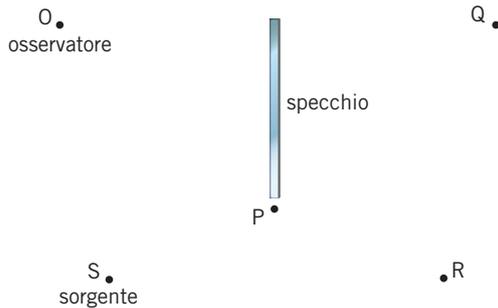
7 Un fascio di raggi paralleli di luce viene inviato su una lente convergente.

► Quale dei seguenti schemi rappresenta ciò che accade ai raggi di luce?



(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2009)

8 Un osservatore O , di fronte ad uno specchio, vede una sorgente di luce S . Considerando la figura, in quale punto gli apparirà posizionata l'immagine della sorgente S ?



- a. P
- b. Q
- c. R
- d. L'immagine non si può vedere da O .

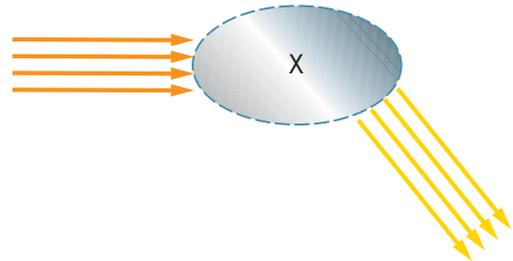
(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2007)

9 Un pesce si trova ad una certa profondità. Una persona lo osserva dal punto O' proprio sulla sua verticale. La persona stima che il pesce sia ...

- a. ... ad una profondità maggiore di quella a cui è realmente.
- b. ... alla stessa profondità di quella reale.
- c. ... ad una profondità minore di quella a cui è realmente.
- d. ... ad una profondità che appare maggiore, uguale o minore di quella reale a seconda della profondità a cui sta il pesce.

(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 20049)

10 In figura sono schematizzati due fasci di raggi luminosi: uno incide su un dispositivo ottico e l'altro emerge da esso. L'immagine del dispositivo però è stata coperta.



Quale dei seguenti dispositivi potrebbe essere quello criptato?

- a. Una lente convergente.
- b. Una lastra di vetro molto spessa.
- c. Uno specchio piano.
- d. Una lente divergente.

(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2005)