

### 3. La riflessione sugli specchi curvi

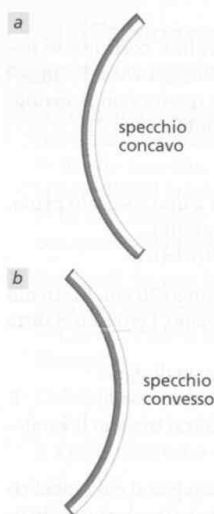


Figura 1. Specchio concavo e specchio convesso.

#### Un po' di nomenclatura

Uno specchio sferico è formato da una calotta sferica di materiale trasparente, che viene argentata da una parte per farla riflettere la luce. Se la superficie riflettente è rivolta dalla stessa parte del centro della sfera, lo specchio si dice **concavo** (figura 1a); se è rivolta dalla parte opposta, si dice **convesso** (figura 1b).

L'**asse ottico** dello specchio è una retta che passa per il centro della sfera da cui è stato ricavato lo specchio (centro di curvatura, C). L'asse ottico interseca la calotta sferica in un punto V, che si chiama **vertice** dello specchio.

Si chiama **apertura** dello specchio l'angolo formato dai raggi che congiungono il centro di curvatura con i punti estremi dello specchio. Nel seguito consideriamo solo specchi che hanno una piccola apertura. I raggi che incidono su uno specchio sferico concavo parallelamente all'asse ottico, come nella figura 2, vengono riflessi in un punto che si chiama **fuoco** dello specchio (F). La distanza di F dal vertice V si chiama **distanza focale** dello specchio.

Si può dimostrare che il fuoco si trova nel punto medio del segmento CV, cioè la distanza focale (f) è uguale alla metà del raggio r dello specchio:

$$f = \frac{r}{2}$$

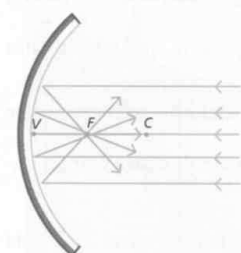


Figura 2. I raggi, paralleli all'asse, che incidono su uno specchio sferico concavo sono riflessi nel fuoco F.

#### Immagine formata da uno specchio concavo

Per trovare l'immagine di un oggetto posto davanti a uno specchio curvo, basta applicare le leggi della riflessione.

Cerchiamo di costruire l'immagine della punta di una freccia. Il raggio 1 (figura 3a) esce dalla punta, passa per il centro di curvatura C dello specchio e arriva sulla superficie riflettente con un angolo di incidenza nullo. Questo raggio viene riflesso e torna indietro nella stessa direzione di quello incidente.

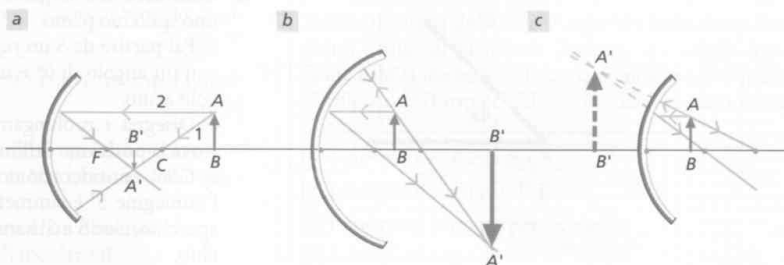
Il raggio 2 è parallelo all'asse ottico; incide con un certo angolo sullo specchio, viene riflesso con un angolo uguale a quello incidente e passa per il fuoco F. L'immagine della punta della freccia si trova nell'intersezione dei due raggi riflessi.

La freccia completa è un insieme di tante parti luminose puntiformi; per ognuna di esse si può trovare l'immagine con la stessa costruzione e si ottiene l'immagine completa dell'oggetto.

L'immagine della freccia trovata nella figura 3a è più piccola dell'oggetto ed è capovolta. Inoltre, l'immagine è reale perché su di essa arrivano i raggi luminosi.

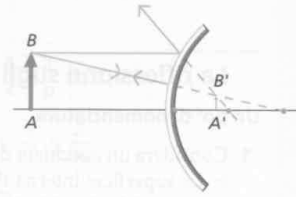
Se però spostiamo la freccia verso lo specchio (figura 3b e 3c), l'immagine cambia. La forma, le dimensioni e il tipo (reale o virtuale) dell'immagine che fornisce uno specchio concavo dipendono sia dalla distanza focale sia dalla distanza dell'oggetto dallo specchio.

Figura 3. a) Il raggio che passa per il centro C viene riflesso e torna indietro lungo la direzione d'incidenza; il raggio parallelo all'asse ottico è riflesso nel fuoco F. b) L'oggetto è posto fra il centro e il fuoco: l'immagine è reale, capovolta, più grande. c) L'oggetto è posto fra il fuoco e il vertice: l'immagine è virtuale, diritta, più grande.



## Immagine formata da uno specchio convesso

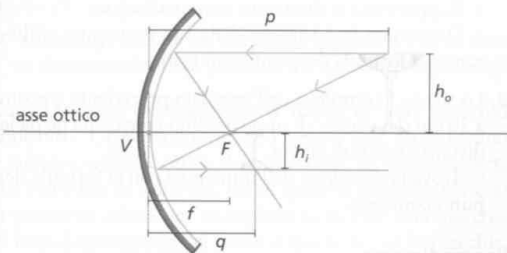
Nella figura 4 è illustrata la costruzione dell'immagine data da uno specchio convesso. I raggi riflessi divergono dallo specchio e quindi non si incontrano. L'immagine si trova sui prolungamenti dei raggi riflessi ed è, quindi, un'immagine virtuale.



**Figura 4.** L'immagine data da uno specchio convesso si trova sui prolungamenti dei raggi riflessi, quindi è virtuale. L'immagine è più piccola dell'oggetto.

## La formula dei punti coniugati

Indichiamo con  $p$  la distanza dell'oggetto dallo specchio, con  $q$  la distanza dell'immagine (misurate entrambe rispetto al punto  $V$ ), con  $f$  la distanza focale dello specchio (figura 5).



**Figura 5.** Le grandezze  $p$ ,  $q$  e  $f$  sono misurate rispetto al vertice  $V$  dello specchio; esse sono legate dalla formula dei punti coniugati.

Si può dimostrare che, per specchi di piccola apertura, vale la seguente relazione (**formula dei punti coniugati**):

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

distanza dell'oggetto da  $V$  (m)      distanza focale (m)      distanza dell'immagine da  $V$  (m)

La formula serve per calcolare una delle tre distanze, note le altre due.

La formula vale sia per gli specchi concavi che per quelli convessi, con la seguente convenzione: la distanza di ciò che si trova davanti allo specchio è positiva, la distanza di ciò che si trova dietro lo specchio è negativa.

Pertanto,  $p$  è sempre positiva perché l'oggetto sta in ogni caso davanti allo specchio;  $q$  è positiva per le immagini reali, negativa per quelle virtuali. La distanza focale  $f$  è positiva per lo specchio concavo, negativa per quello convesso.

## L'ingrandimento

L'ingrandimento lineare  $G$  che fornisce lo specchio è il rapporto fra l'altezza dell'immagine e l'altezza dell'oggetto (figura 5).

$$G = \frac{h_i}{h_o}$$

Si può dimostrare che l'ingrandimento si calcola con la formula:

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

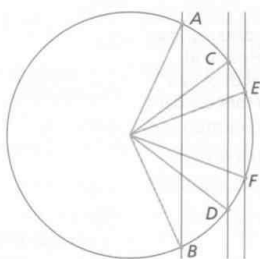
ingrandimento      distanza immagine (m)      distanza oggetto (m)

## Verifiche

### La riflessione sugli specchi curvi

#### Un po' di nomenclatura

- 1 Considera un cucchiaino di acciaio.
  - ▶ La superficie interna del cucchiaino è assimilabile a uno specchio convesso?
  - ▶ La superficie esterna dello stesso cucchiaino è assimilabile a uno specchio concavo?
- 2 Una sfera riflettente viene tagliata da 3 piani come in figura, ottenendo 3 specchi sferici.



- ▶ Dove si trova il fuoco dello specchio AB?
  - ▶ E il fuoco dello specchio CD?
  - ▶ E quello dello specchio EF?
- 3 Accanto a ognuna delle frasi seguenti scrivi se è vera o falsa.
 

[a] L'asse ottico di uno specchio sferico convesso passa per il centro e per il vertice.  V  F

[b] Il fuoco di uno specchio sferico si trova sempre dalla parte della superficie riflettente.  V  F

[c] Il fuoco di uno specchio sferico convesso è il punto in cui sono riflessi i raggi che incidono parallelamente all'asse ottico.  V  F

[d] Il fuoco di uno specchio convesso può essere reale oppure virtuale.  V  F

#### Immagine formata da uno specchio concavo

- 4 Una sorgente puntiforme invia su uno specchio concavo un fascio di luce che viene riflesso dallo specchio.
  - ▶ Quanti raggi sono necessari per individuare la posizione dell'immagine di un oggetto puntiforme?
- 5 Un raggio di luce passa per il fuoco di uno specchio sferico concavo.
  - ▶ Come si comporta il raggio riflesso?
- 6 ▶ Disegna una freccia posta tra il vertice e il fuoco di uno specchio concavo.
  - ▶ Costruisci l'immagine della punta della freccia.
  - ▶ Poi costruisci il resto della freccia per punti.
  - ▶ Caratterizza l'immagine che ottieni: è reale o virtuale, è diritta o capovolta, è ingrandita o rimpicciolita?

#### Immagine formata da uno specchio convesso

- 7 Una candela si trova sull'asse ottico di uno specchio convesso.
  - ▶ Costruisci l'immagine della candela.
  - ▶ Prova a cambiare la posizione della candela lungo l'asse ottico, poi costruisci di nuovo l'immagine.

#### La formula dei punti coniugati

- 8 Un fiammifero è posto sull'asse ottico di uno specchio sferico concavo ( $f = 50$  cm) a una distanza di 30 cm dal vertice dello specchio.
  - ▶ Rappresenta la situazione con un disegno.
  - ▶ Determina la posizione della sua immagine, utilizzando la formula dei punti coniugati.
- 9 Lo stesso fiammifero dell'esercizio precedente è posto a 30 cm dal vertice di uno specchio convesso che ha la distanza focale di 50 cm.
  - ▶ Trova la posizione dell'immagine con la formula dei punti coniugati.

#### L'ingrandimento

- 10 Un chiodo è posto sull'asse ottico di uno specchio concavo. La distanza chiodo-vertice è doppia della distanza focale dello specchio.
  - ▶ Determina la posizione dell'immagine.
  - ▶ Quanto vale l'ingrandimento?
- 11 Il chiodo dell'esercizio precedente è alto 5 cm.
  - ▶ Determina l'altezza dell'immagine.
  - ▶ Costruisci l'immagine del chiodo per via grafica e verifica i risultati trovati mediante la legge dei punti coniugati.

#### Test a scelta multipla

- 12 Per ottenere un'immagine reale di un oggetto si può utilizzare:
  - A) uno specchio piano;
  - B) uno specchio sferico concavo;
  - C) uno specchio sferico convesso;
  - D) la combinazione di due specchi piani disposti tra loro a  $90^\circ$ .
- 13 Con riferimento alla formula dei punti coniugati, con quale delle seguenti formule puoi calcolare la distanza focale di uno specchio concavo?
  - A)  $f = pq/(p + q)$ .
  - B)  $f = p/q(p + q)$ .
  - C)  $f = q/p(q + p)$ .
  - D)  $f = (p + q)/pq$ .

## Quesiti

**Specchi e magia.** Un oggetto può essere visto perché da esso partono dei raggi luminosi che arrivano sul nostro occhio oppure perché dalla sua immagine divergono dei raggi che arrivano sull'occhio. L'occhio non ha la possibilità di distinguere un oggetto da un'immagine. È solo il contesto che gli permette di discriminare tra oggetto e immagine. L'inganno della vista è sfruttato nei trucchi teatrali per creare situazioni drammatiche o comiche e dai "maghi" che, scegliendo opportunamente specchi, posizione e illuminazione, riescono a far credere al pubblico quello che vogliono.

- ▶ Volendo proiettare un'immagine capovolta e delle stesse dimensioni di una persona, che specchio sceglieresti?

**Come trovare praticamente il fuoco di uno specchio concavo.** Orientato lo specchio verso il Sole, muovi avanti e indietro, sull'asse ottico dello specchio, un foglio di carta che funziona da schermo. Dopo qualche tentativo troverai la posizione adatta per raccogliere su di esso una macchia di luce. La posizione del fuoco è quella in cui la macchia, che è l'immagine del Sole, si staglia più nitida sullo schermo. I raggi del Sole provengono da molto lontano.

- ▶ Come arrivano rispetto all'asse ottico?
- ▶ Dove vanno a finire dopo la riflessione sullo specchio?
- ▶ Si può usare lo stesso metodo per trovare il fuoco di uno specchio convesso?

**Per non sbagliare.** Nell'applicazione della formula dei punti coniugati bisogna fare attenzione ai segni. Quando l'immagine si forma dietro lo specchio è virtuale e in tal caso la distanza  $q$  è negativa.

- ▶ Nel caso di uno specchio convesso quali grandezze sono negative?

## Problemi

**Problema svolto.** Uno spillo è posto a 30 cm dal vertice di uno specchio concavo di piccola apertura. Lo spillo è alto 2 cm. Il raggio di curvatura dello specchio è 20 cm.

- [a] Determiniamo per via algebrica la posizione dell'immagine.
- [b] Calcoliamo la dimensione dell'immagine.
- [c] Verifichiamo i risultati mediante costruzione grafica.

**Soluzione.**

[a] La distanza focale è la metà del raggio di curvatura:  $f = 10$  cm.

La distanza dell'immagine si ricava dalla formula dei punti coniugati:

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

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

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{2}{30}$$

$$q = \frac{30 \text{ cm}}{2} = 15 \text{ cm.}$$

Poiché  $q$  è positivo, l'immagine è reale.

[b] L'ingrandimento dello specchio è:

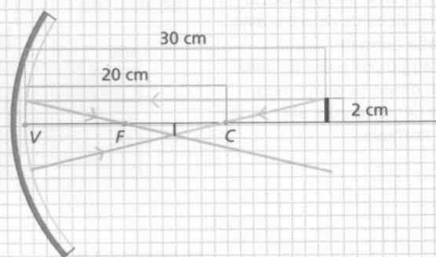
$$G = \frac{q}{p} = \frac{15 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = 0,5.$$

Poiché l'ingrandimento è anche  $G = \frac{h_i}{h_o}$ , si ricava:

$$h_i = 0,5 \times (2 \text{ cm}) = 1 \text{ cm.}$$

[c] La costruzione grafica è nella figura.

Riassumendo, l'immagine è reale, capovolta, rimpicciolita.



- 14** Uno specchio da trucco è uno specchio concavo. Una ragazza si trucca gli occhi stando a 10 cm da uno specchio concavo di distanza focale 30 cm.
- ▶ Quanto sono ingranditi gli occhi a questa distanza?
  - ▶ Se la ragazza si allontana dallo specchio la sua immagine si ingrandisce o si rimpicciolisce?
- 15** Una bottiglia alta 40 cm è posta davanti a uno specchio convesso, a 10 cm dal vertice. La distanza focale dello specchio è di 50 cm.
- ▶ Determina la posizione dell'immagine con la formula dei punti coniugati.
  - ▶ Calcola l'altezza dell'immagine.
  - ▶ Descrivi le caratteristiche dell'immagine.
- 16** Una matita è posta a 12 cm da uno specchio convesso. L'immagine è virtuale e la sua altezza è uguale a un terzo di quella dell'oggetto.
- ▶ Qual è l'ingrandimento dello specchio?
  - ▶ A quale distanza si forma l'immagine?
  - ▶ Qual è il raggio di curvatura dello specchio?
- 17** Lo specchietto retrovisore di un camion ha una distanza focale di -16 cm. Un ragazzo di altezza 160 cm si trova davanti allo specchietto a 2,2 m di distanza.
- ▶ Se l'autista osserva l'immagine del ragazzo, quanto lo vede alto?