

ESPERIENZA 7

Effetto convergente di uno specchio concavo: osservazione

1. Argomenti

- Dimostrare la riflessione di raggi paralleli su uno specchio concavo

2. Montaggio

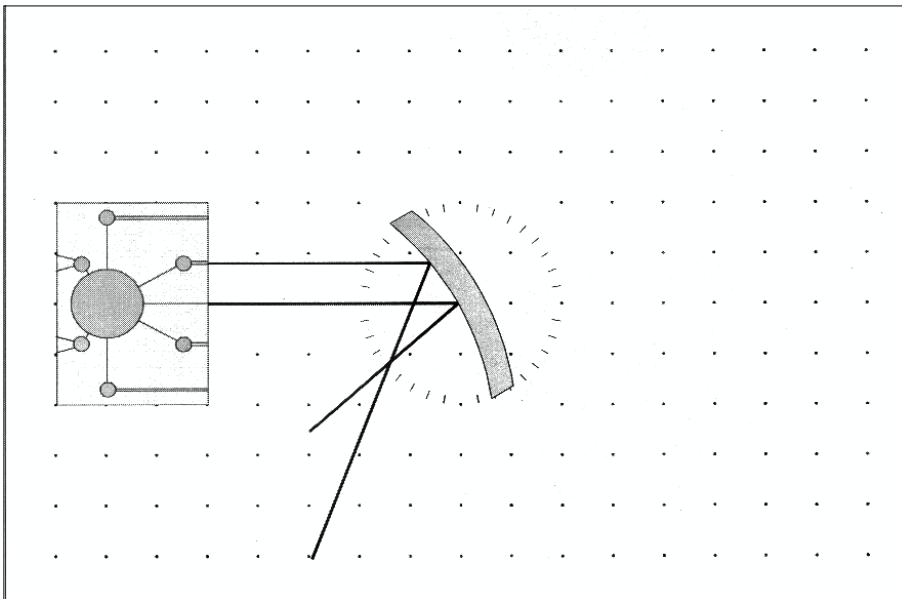


Fig. 1

3. Note al montaggio

- 3.1 Fissare la lampada a raggio multiplo e lo specchio concavo come mostrato in fig. 1.
- 3.2 Dirigere il raggio medio ed un altro raggio parallelo sullo specchio concavo, che è ruotato verso il basso con un piccolo angolo.

4 Esecuzione dell'esperimento

- 4.1 Osservare il cammino dei raggi riflessi.

5 Risultati

- 5.1 Dopo la riflessione su uno specchio concavo, i raggi di luce non sono più paralleli. Questi dopo la riflessione convergono e si incrociano in un punto. Gli specchi concavi hanno un effetto convergente.

Distanza focale e raggio di curvatura di uno specchio concavo

1. Argomenti

- Rappresentare l'asse ottico di uno specchio concavo
- Riflessione dei raggi paralleli all'asse dello specchio concavo (determinazione del fuoco F e della distanza focale f)
- Studio dei raggi riflessi su se stessi su uno specchio concavo (determinazione del centro di curvatura C e del raggio di curvatura r)

2. Montaggio

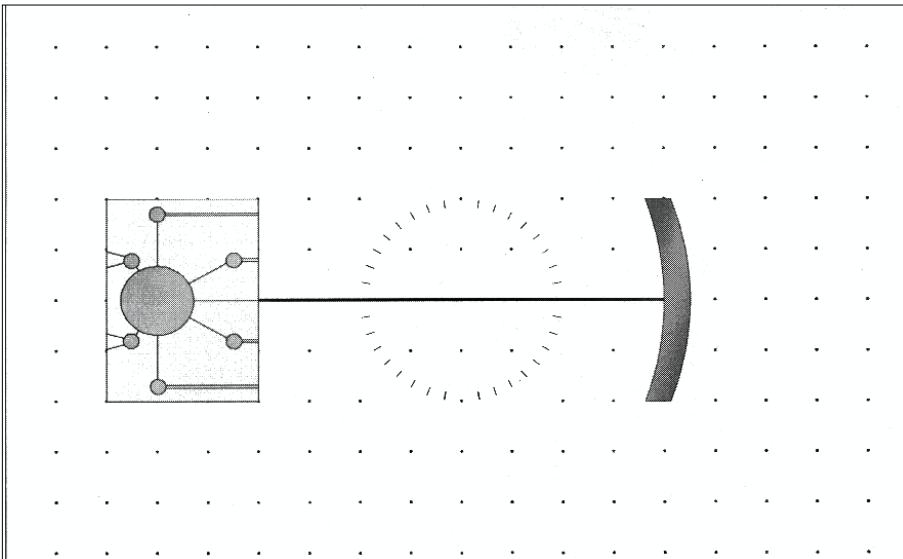


Fig. 1

3. Note al montaggio

3.1 Fissare la lampada a raggio multiplo e lo specchio concavo come mostrato in fig. 1.

3.2 Dirigere solo il raggio medio sullo specchio concavo.

4. Esecuzione dell'esperimento

4.1 Allineare lo specchio concavo in modo che il raggio incida nel centro dello specchio (vertice) e venga riflesso su se stesso (così si è certi che $\theta_i=0$).

4.1.2 Fissare un asse x coincidente con il raggio luminoso che incide al centro dello specchio concavo nel punto V , detto vertice. Porre l'origine di tale asse, O , in V e il verso positivo verso la sorgente luminosa (spazio oggetto coincidente con lo spazio immagine).

4.2 Dirigere verso lo specchio i due raggi sopra e sotto il raggio medio parallelamente al raggio medio. Segnare l'intercetta dei raggi di luce riflessa e denominarla F (vedere fig. 2).

4.2.2 Indicare la coordinata x del punto F con errore $x_F \pm \sigma_{x_F}$ (errore dato dalla sensibilità dello strumento). Determinare il valore della distanza focale $f = OF$, con errore $f \pm \sigma_f$.

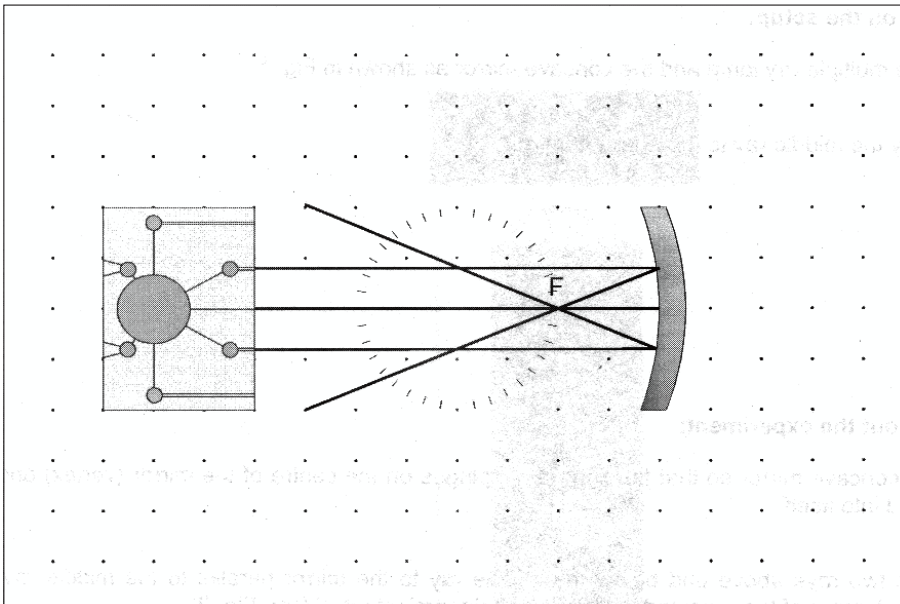


Fig. 2 Riflessione di raggi di luce paralleli all'asse su uno specchio concavo

4.3 Dirigere verso lo specchio i due raggi esterni rimanenti parallelamente agli altri raggi, ed osservare l'intercetta dei raggi (vedere fig. 3) per raggi parassiali e non parassiali.

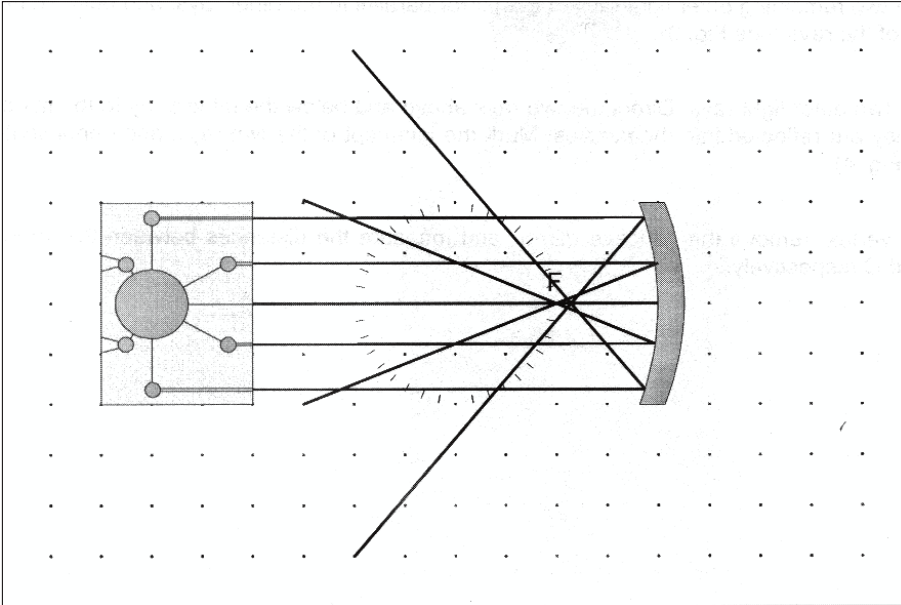


Fig. 3 Riflessione di raggi di luce paralleli abassiali su uno specchio concavo.

4.4 Fermare i due raggi esterni. Dirigere verso lo specchio i due raggi sopra e sotto il raggio medio in modo che si riflettano su se stessi. Segnare l'intercetta dei due raggi, e denominarla C (vedere fig. 4).

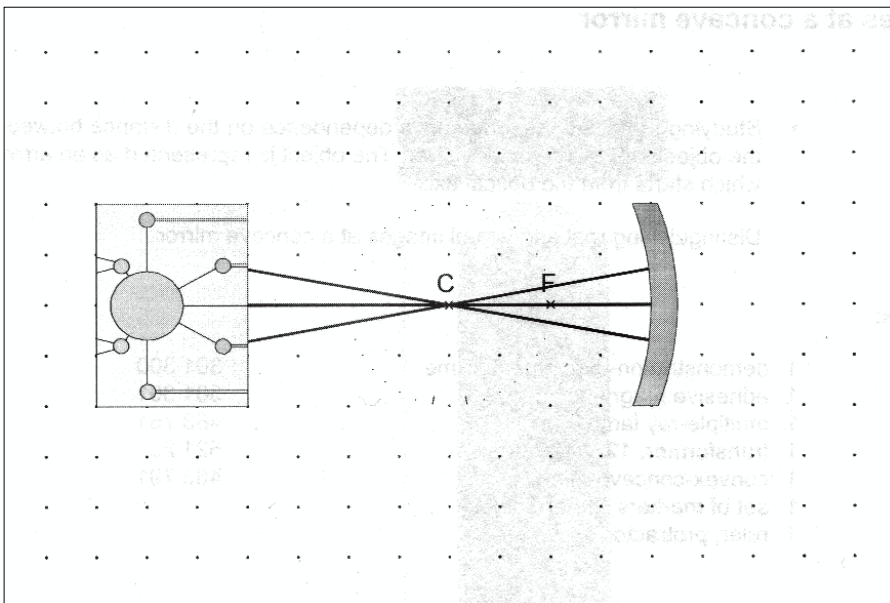


Fig. 4 Raggi riflessi su se stessi su uno specchio concavo

4.4.2 Indicare la coordinata x del punto C con errore $x_C \pm \sigma_{x_C}$.

Determinare il valore del raggio dello specchio $r = OC$, con errore $r \pm \sigma_r$.

4.5 Segnare il vertice, rimuovere lo specchio concavo, e misurare le distanze fra il vertice e rispettivamente F e C.

4.5.2 Verificare che, entro gli errori, valga la relazione $f = r/2$, dove f e' la distanza focale dello specchio ed r il suo raggio: controllare, cioè, che il valore di $f = r/2$ sia compreso nell'intervallo $(r/2 - 2(\sigma_f + \sigma_r), r/2 + 2(\sigma_f + \sigma_r))$ (regola dei 2σ).

4.6 Rideterminare i punti F e C per 5 volte, spostando e riposizionando ogni volta lo specchio. Calcolare il valore medio delle 5 misure di f e r , con relativi errori (deviazione standard delle misure o sensibilità dello strumento se la deviazione standard risulta minore della sensibilità).

4.7 Ripetere la verifica del punto 4.5.2 sui valori medi di f e r .

4.8 Far passare i due raggi sopra e sotto il raggio medio per il punto F e verificare che i raggi riflessi si allontanino parallelamente al raggio medio, ossia all'asse ottico

5. Risultati

5.1 Un raggio di luce che incide perpendicolarmente nel centro dello specchio concavo (vertice) e che viene riflesso su se stesso è chiamato raggio assiale. Questo determina l'asse ottico dello specchio.

5.2 Raggi parassiali sono riflessi su uno specchio concavo in modo da incrociarsi sull'asse ottico nel fuoco F.

5.3 Su uno specchio concavo, non tutti i raggi paralleli all'asse ottico sono riflessi in modo da incontrarsi nel fuoco. Dopo la riflessione solo i raggi vicini all'asse ottico si uniscono nel fuoco mentre i raggi abassiali incontrano l'asse ottico più vicini al vertice S (aberrazione sferica).

5.4 I raggi riflessi su se stessi incontrano l'asse ottico nel centro di curvatura C.

5.5 La distanza fra il fuoco F e il vertice è chiamata distanza focale f . La distanza fra il centro di curvatura C e il vertice è il raggio di curvatura r . Il raggio di curvatura r è doppio della distanza focale f . $r = 2f$.

5.6 I raggi passanti per il fuoco F vengono riflessi all'infinito.

Immagini in uno specchio concavo

1. Argomenti

- Studiare la posizione delle immagini in funzione della distanza fra l'oggetto e lo specchio concavo. L'oggetto è rappresentato come una freccia che parte dall'asse ottico.
- Distinguere immagini reali e virtuali in uno specchio concavo.

2. Montaggio

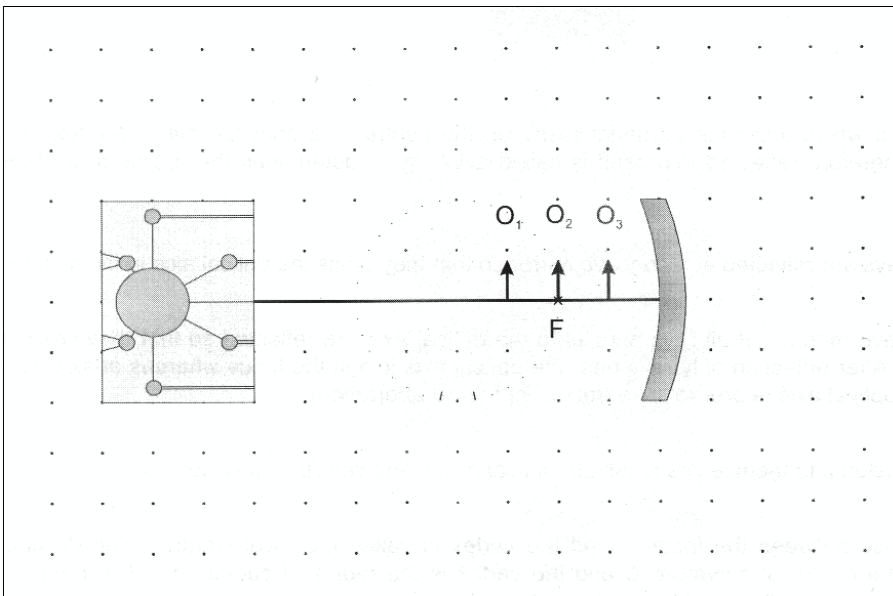


Fig. 1

3. Note al montaggio

3.1 Fissare la lampada a raggio multiplo e lo specchio concavo come mostrato in fig.

1. Allineare lo specchio concavo in modo che il raggio medio incida nel centro (vertice) e venga riflesso su se stesso.

3.1.2 Disegnare l'asse ottico, il vertice V, un asse x parallelo all'asse ottico uscente verso la lampada, un asse y verticale verso l'alto.

3.2 Determinare la distanza focale e segnare il fuoco F con un pennarello. Misurare f con errore: $f \pm \sigma_f$.

3.3 Tracciare tre frecce di 4.2 cm di lunghezza sull'asse ottico, una nel fuoco, una

nella distanza focale e una all'esterno della distanza focale. Da sinistra a destra denominare le frecce da O_1 a O_3 e riportare le coordinate dei vertici delle frecce: $O_1(x_1, y_1)$, $O_2(x_2, y_2)$, $O_3(x_3, y_3)$ con errori.

4. Esecuzione dell'esperimento

4.1 Dirigere i due raggi di luce sopra il raggio medio in modo da farli incrociare nel punto O_1 . osservare il cammino dei raggi. Tracciare una freccia sull'intercetta dei due raggi riflessi perpendicolarmente all'asse ottico. Denominare la freccia I_1 (vedere fig. 2) e trovare le coordinate del vertice $I_1(x_4, y_4)$, con errore.

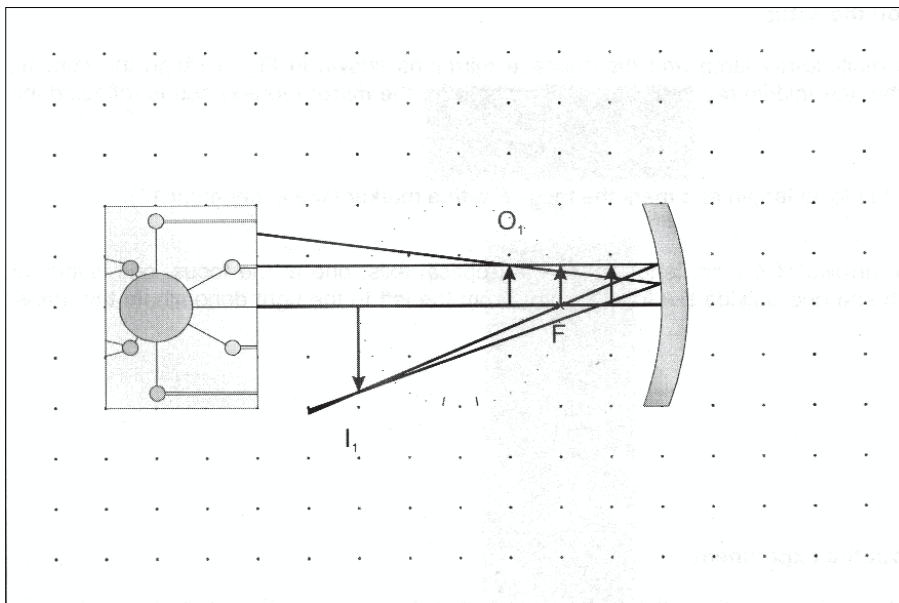


Fig. 2 Immagine reale con uno specchio concavo (oggetto esterno alla distanza focale)

4.1.2 Verificare che, entro gli errori, valgono le leggi $1/p + 1/q = 1/f$ e $G_L = -q/p$, confrontando i valori sperimentali con quelli attesi, ovvero il valore $1/f$ ottenuto dalla misura diretta di f (propagare l'errore sull'inverso di f : $\sigma(1/f) = \sigma(f)/f^2$) con il valore calcolato come $1/f = 1/p + 1/q$ a partire dai valori misurati di p e q , e il valore di $G_L = y_4 / y_1$ (valore sperimentale affetto da errore ottenuto propagando gli errori su y_4 e y_1 come $\sigma(G_L) / G_L = \sigma(y_1) / y_1 + \sigma(y_4) / y_4$, da cui $\sigma(G_L) = G_L [\sigma(y_1) / y_1 + \sigma(y_4) / y_4]$) con il valore calcolato come $G_L = -q/p$. In ogni confronto mantenere la regola dell'intervallo ampio 2σ .

4.2 Dirigere i due raggi di luce sopra il raggio medio in modo da farli incrociare nel punto O_2 (vedere fig. 3). Osservare il cammino dei raggi.

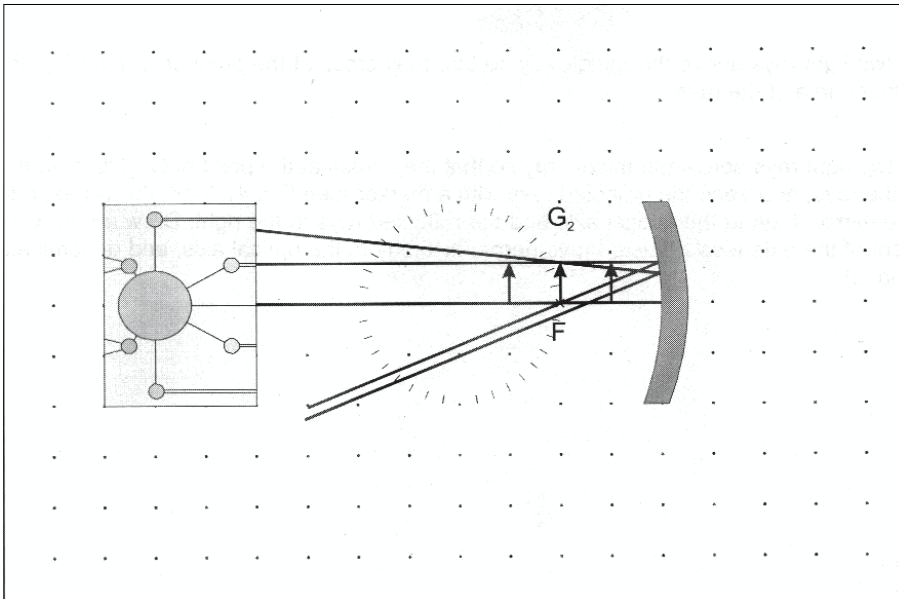


Fig. 3 Nessuna immagine nello specchio concavo (oggetto nel fuoco)

4.3 Dirigere i due raggi di luce sopra il raggio medio in modo da farli incrociare nel punto O_3 . Osservare il cammino dei raggi, e tracciare i raggi riflessi con un pennarello (vedere fig. 4). Segnare il vertice, e rimuovere lo specchio. Prolungare l'asse ottico e i raggi riflessi a destra. Tracciare una freccia all'intercetta del prolungamento dei raggi riflessi perpendicolarmente all'asse ottico, e denominarla I_3 (vedere fig. 5) e trovare le coordinate del vertice $I_3(x_5, y_5)$, con errore.

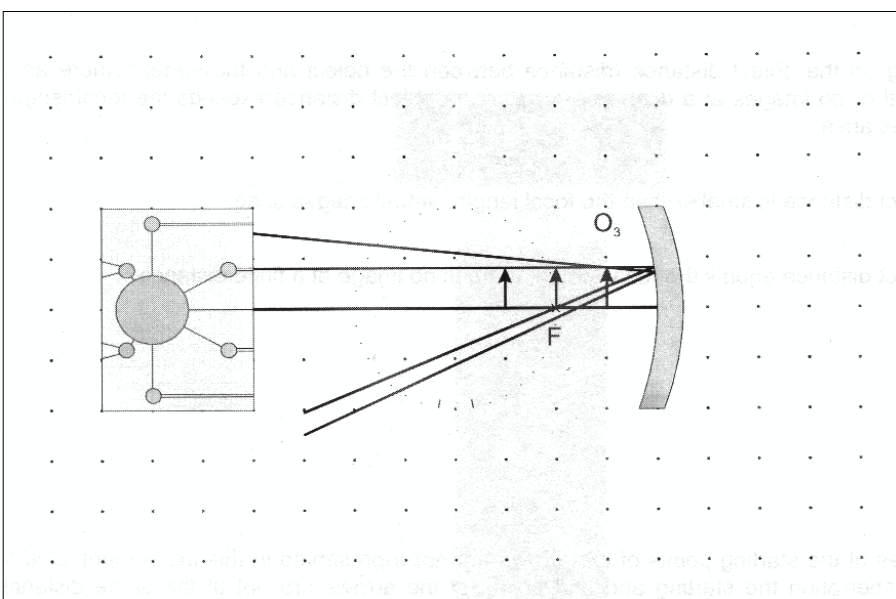


Fig. 4 Il cammino dei raggi in uno specchio concavo (oggetto interno alla distanza focale)

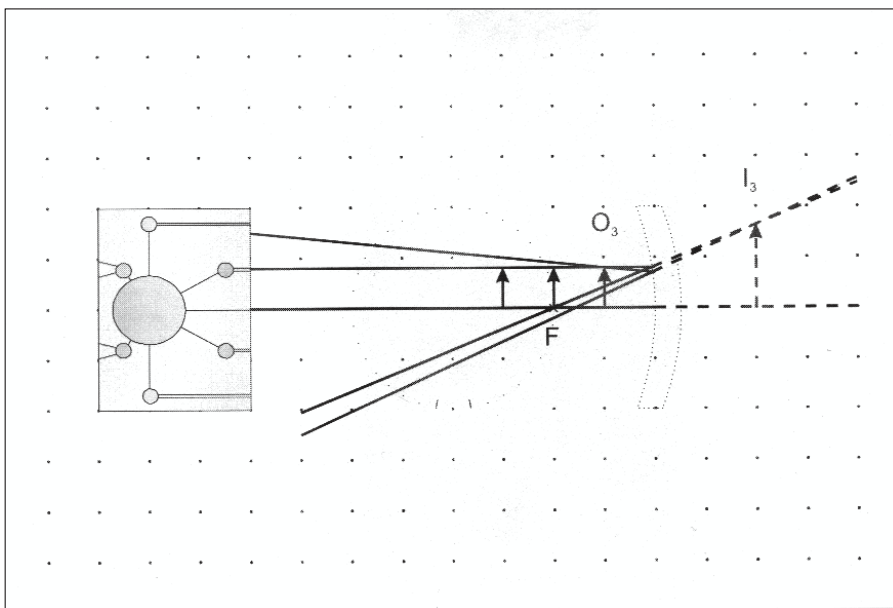


Fig. 5 Immagine virtuale in uno specchio concavo (oggetto interno alla distanza focale)

4.3.2 Ripetere la verifica del punto 4.1.2 (attenzione ai segni!)

5 Risultati

5.1 In funzione della distanza dell'oggetto (distanza fra l'oggetto e il vertice), con uno specchio concavo ci sono immagini reali, virtuali o nessuna. Se la distanza dell'oggetto è maggiore della distanza focale, si forma un'immagine reale.

5.2 Se la distanza dell'oggetto è minore della distanza focale, si forma un'immagine virtuale.

5.3 Se la distanza dell'oggetto è uguale alla distanza focale, non si forma alcuna immagine a una distanza finita.

5.4 Valgono le leggi: $1/p + 1/q = 1/f$ e $G_L = -q / p$.

6 Note

6.1 Le immagini dei punti iniziali delle frecce non sono rappresentate in questo esperimento. Per l'aberrazione sferica i punti iniziali e finali delle frecce non sono alla stessa distanza dallo specchio. Se la lampada a raggio multiplo è spostata in modo che i raggi del punto iniziale da quello finale di una freccia incidano sullo specchio concavo vicino all'asse ottico, l'effetto dell'aberrazione sferica è molto debole. Comunque nel montaggio sperimentale è stata trascurata.

Immagini reali in uno specchio concavo

1 Argomenti

- Studiare la posizione e l'ingrandimento di immagini reali su uno specchio concavo in funzione della distanza dell'oggetto. L'oggetto è rappresentato come una freccia che inizia dall'asse ottico.

2 Montaggio

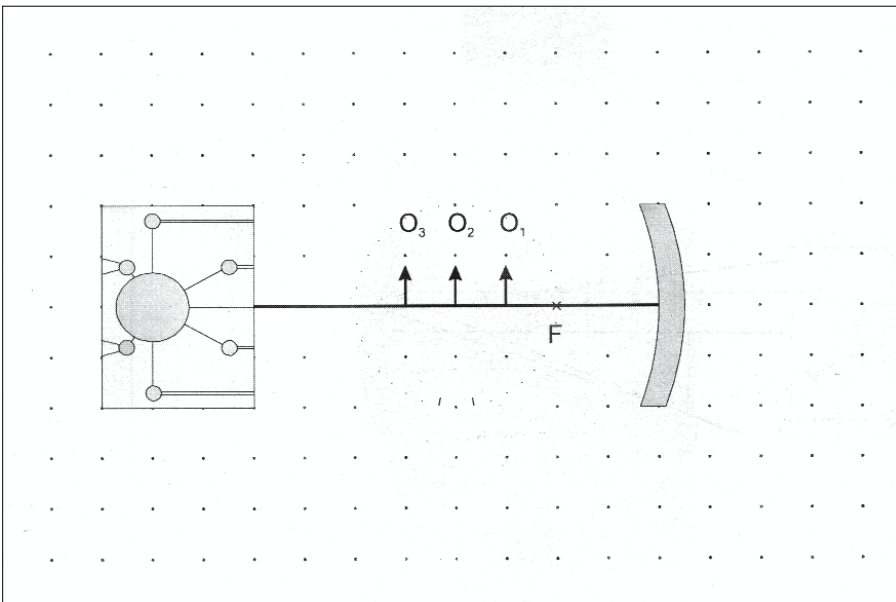


Fig. 1

3 Note al montaggio

- 3.1 Fissare la lampada a raggio multiplo e lo specchio concavo come mostrato in fig. 1. Allineare lo specchio concavo in modo che il raggio medio incida nel centro (vertice) e venga riflesso su se stesso.
- 3.1.2 Disegnare l'asse ottico e gli assi x e y.
- 3.2 Determinare la distanza focale f con errore, e segnare il fuoco F con un pennarello.
- 3.3 Tracciare tre frecce (altezza dell'oggetto $O = 4.2$ cm) sull'asse ottico. La distanza fra le frecce e il vertice (distanza dell'oggetto p) deve essere nei campi $p > 2f$,

$p = 2f$ e $2f > p > f$. Denominare le frecce O_1 , O_2 e O_3 . Indicare le coordinate dei vertici delle frecce: $O_1(x_1, y_1)$, $O_2(x_2, y_2)$, $O_3(x_3, y_3)$ con errori.

4 Esecuzione dell'esperimento

4.1 Dirigere i due raggi di luce sopra il raggio medio in modo da farli incrociare nel punto della freccia O_1 .

4.2 Osservare il cammino dei raggi, e segnare l'intercetta dei due raggi riflessi. Tracciare una freccia all'intercetta perpendicolarmente all'asse ottico, e denominarla I_1 (vedere fig. 2). Trovare le coordinate del vertice $I_1(x_4, y_4)$, con errori.

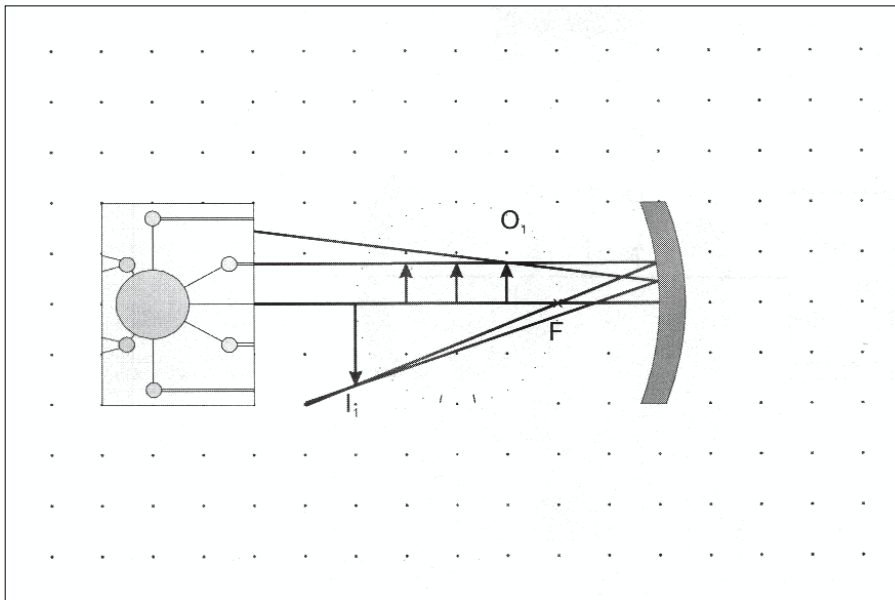


Fig. 2 Immagine di O_1

4.3 Ripetere la procedura per le altre due frecce.

4.4 Misurare la distanza fra le immagini delle frecce e il vertice (distanza dell'immagine q) e l'altezza delle immagini (altezza dell'immagine l), e confrontarle con le distanze associate agli oggetti e le altezze degli oggetti.

Verificare che, entro gli errori, valgano le leggi dello specchio sferico.

5 Risultati

5.1 Per oggetti posti esternamente alla distanza focale, si forma un'immagine reale (segno di q) capovolta (segno di G_L).

5.2 Più l'oggetto si avvicina al fuoco, cioè, la distanza dell'oggetto è più piccola, la distanza dell'immagine è più grande.

5.3 Se la distanza dell'oggetto è più grande della doppia distanza focale, si forma un'immagine rimpicciolita. Se la distanza dell'oggetto è uguale alla doppia distanza focale, l'immagine è della stessa dimensione dell'oggetto. Se la distanza dell'oggetto è compresa fra la distanza focale e la doppia distanza focale, si forma un'immagine ingrandita.

6 Note

6.1 Nei telescopi a specchio, la luce che proviene da oggetti a distanze molto grandi viene riflessa dallo specchio concavo del telescopio, messa a fuoco e diretta a un oculare mediante un altro specchio.

6.2 La posizione e l'altezza di una immagine che si forma nello specchio concavo può essere determinata geometricamente. La relazione fra la distanza dell'oggetto p e la distanza dell'immagine q è descritta dall'equazione delle distanze coniugate per raggi parassiali su uno specchio sferico:

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

il rapporto dell'altezza dell'oggetto O e l'altezza dell'immagine I è dato dall'ingrandimento lineare trasverso G_t :

$$G_t = \frac{I}{O} = -\frac{q}{p}$$

Immagini virtuali in uno specchio concavo

1 Argomenti

- Studiare la posizione e dell'ingrandimento di immagini virtuali su uno specchio concavo in funzione della distanza dell'oggetto. L'oggetto è rappresentato come una freccia che inizia dall'asse ottico.

2 Montaggio

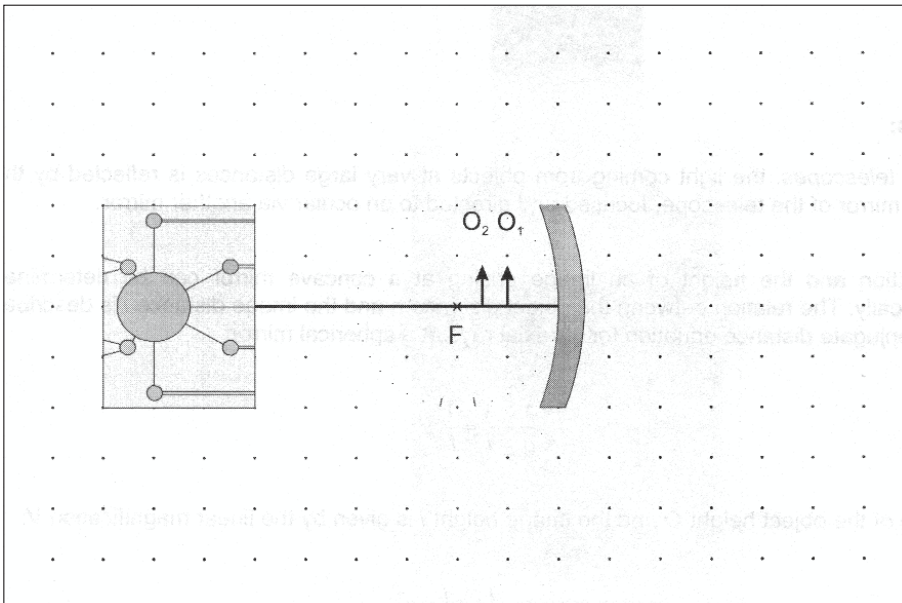


Fig. 1

3 Note al montaggio

- 3.1 Fissare la lampada a raggio multiplo e lo specchio concavo come mostrato in fig. 1. Allineare lo specchio concavo in modo che il raggio medio incida nel centro (vertice) e venga riflesso su se stesso.
- 3.1.2 Disegnare l'asse ottico e gli assi x e y.
- 3.2 Determinare la distanza focale f , e segnare il fuoco F con un pennarello. Riportare la distanza focale f con errore.
- 3.3 Tracciare due frecce (altezza dell'oggetto $O = 4.2$ cm) sull'asse ottico a una distanza di 5 cm e 7.5 cm dal vertice. Denominare le frecce O_1 e O_2 ed indicare le coordinate dei vertici: $O_1 (x_1, y_1)$, $O_2 (x_2, y_2)$ con errori.

4 Esecuzione dell'esperimento

- 4.1 Dirigere i due raggi di luce sopra il raggio medio in modo da farli incrociare nel punto della freccia O_1 . Osservare il cammino dei raggi, e tracciare l'asse ottico e i raggi riflessi con un pennarello.
- 4.2 Segnare il vertice con un pennarello, e rimuovere lo specchio. Prolungare l'asse ottico e i raggi riflessi a destra. Tracciare una freccia all'intercetta del prolungamento dei raggi riflessi perpendicolarmente all'asse ottico, e denominarla I_1 (vedere fig. 2). Determinare le coordinate di I_1 (x_3, y_3) con errori (segni!).

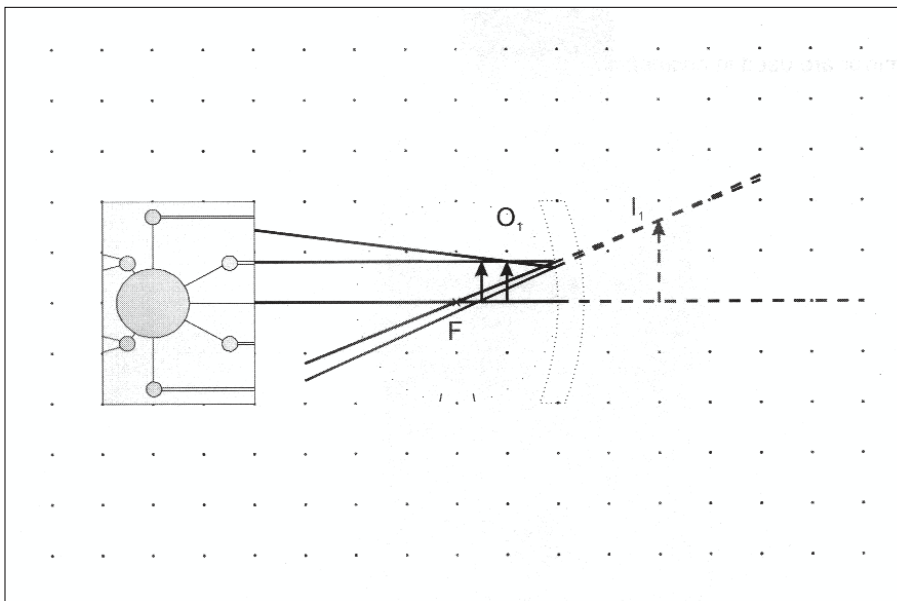


Fig. 2 Immagine di O_1

- 4.3 Ripetere la procedura per l'altra freccia (con errori).
- 4.4 Misurare la distanza fra le immagini delle frecce e il vertice (distanza dell'immagine q) e l'altezza delle immagini (altezza dell'immagine l), e confrontarle con le distanze degli oggetti associati e le altezze degli oggetti. Verificare, entro gli errori, la validità delle leggi per gli specchi sferici.

5 Risultati

- 5.1 Per oggetti posti a distanza minore della distanza focale, si forma nello specchio concavo un'immagine virtuale (segno di q) diritta (segno di G_L).
- 5.2 Si allontana l'oggetto dallo specchio avvicinandosi al fuoco, quindi, più grande è la distanza dell'oggetto, più grande è la distanza dell'immagine.

6 Note

6.1 Lo specchio concavo è usato nella *cosmetica*.

6.2 La posizione e l'altezza di una immagine che si forma nello specchio concavo può essere determinata geometricamente. La relazione fra la distanza dell'oggetto p e la distanza dell'immagine q è descritta dall'equazione delle distanze coniugate per raggi parassiali su uno specchio sferico:

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

il rapporto dell'altezza dell'oggetto O e l'altezza dell'immagine I è dato dall'ingrandimento lineare trasverso G_{it} :

$$G_{it} = \frac{I}{O} = -\frac{q}{p}$$