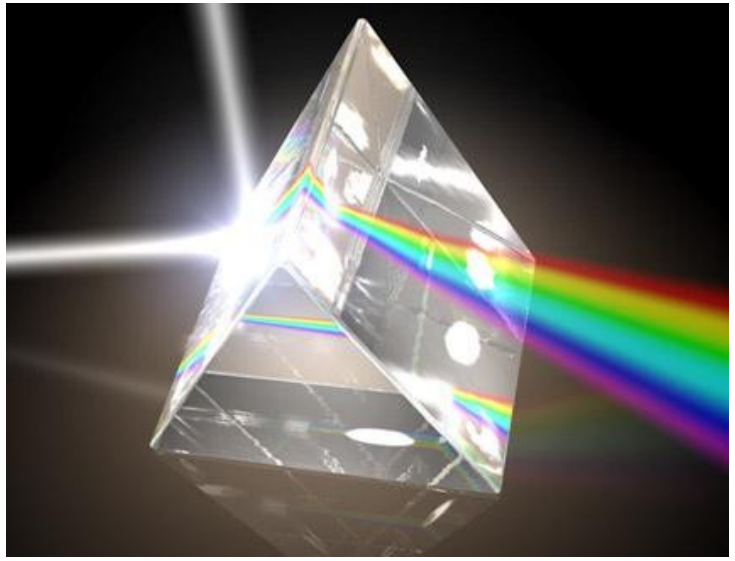


# LA LUCE: RIFLESSIONE E RIFRAZIONE

TRATTO DA:

I Problemi Della Fisica - Cutnell, Johnson, Young, Stadler – Zanichelli editore

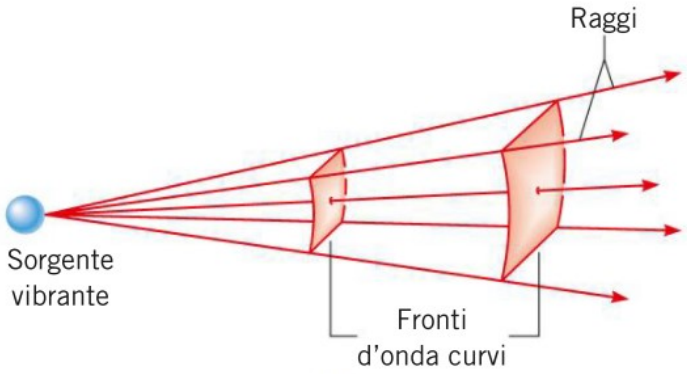
Fondamenti di fisica 1 – Halliday, Resnic, Walker – Zanichelli editore

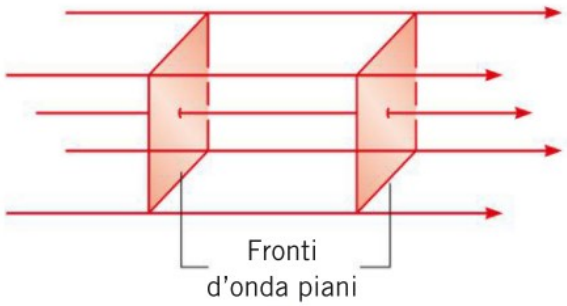
Integrazioni e LO a cura del docente

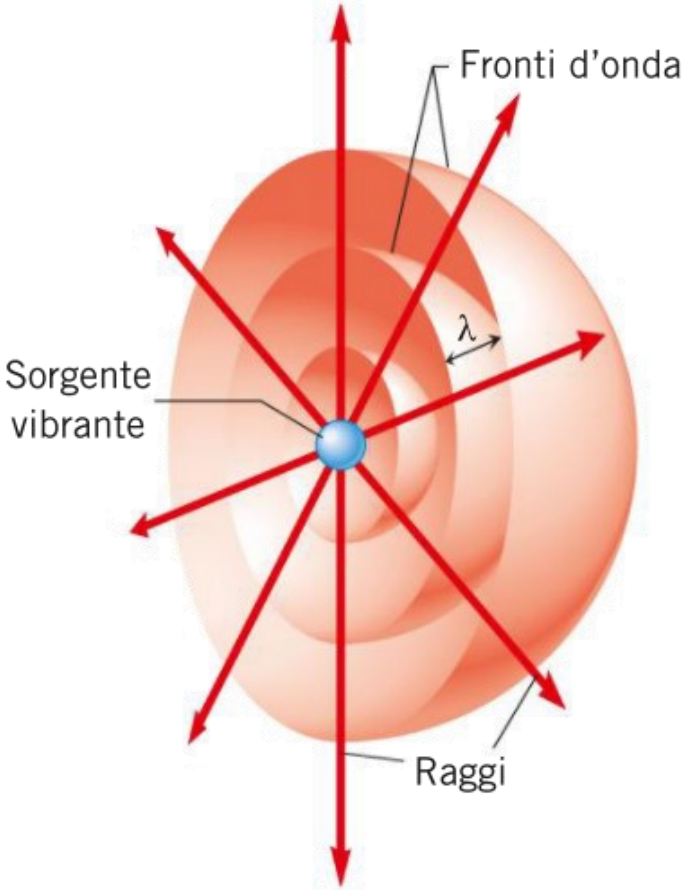
# FRONTI D’ONDA E RAGGI

Le superfici in cui tutti i punti di un’onda hanno la stessa fase sono chiamate **fronti d’onda**.

Le semirette che hanno origine nella sorgente dell’onda e sono perpendicolari ai fronti d’onda sono chiamate **raggi**.



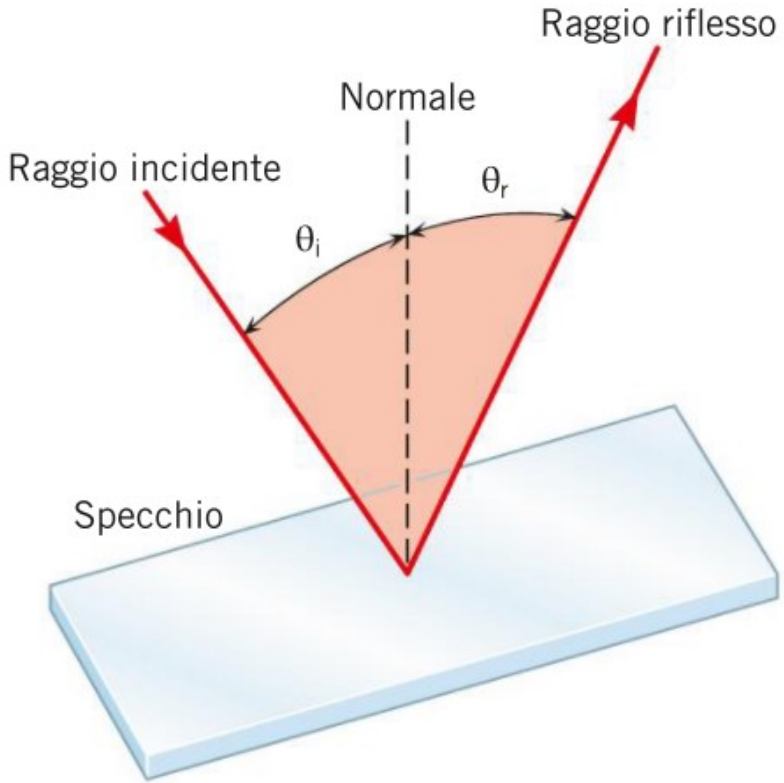



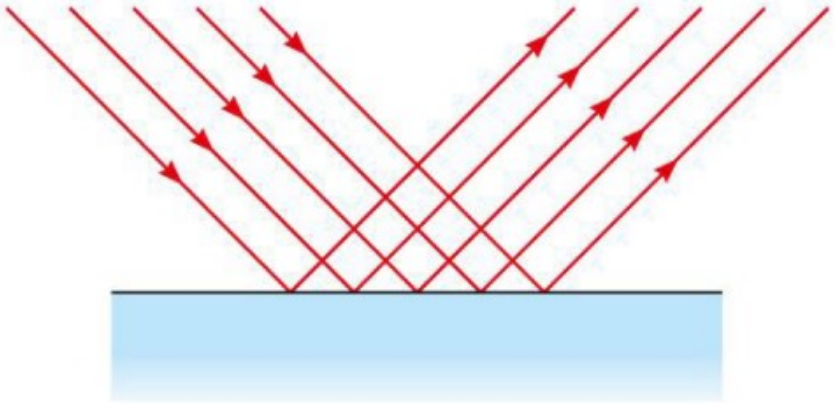
# LA RIFLESSIONE DELLA LUCE

Il raggio incidente, il raggio rifesso e la normale alla superficie riflettente nel punto di incidenza giacciono tutti sullo stesso piano e l'angolo di riflessione $\theta_r$ è uguale all'angolo di incidenza $\theta_i$:

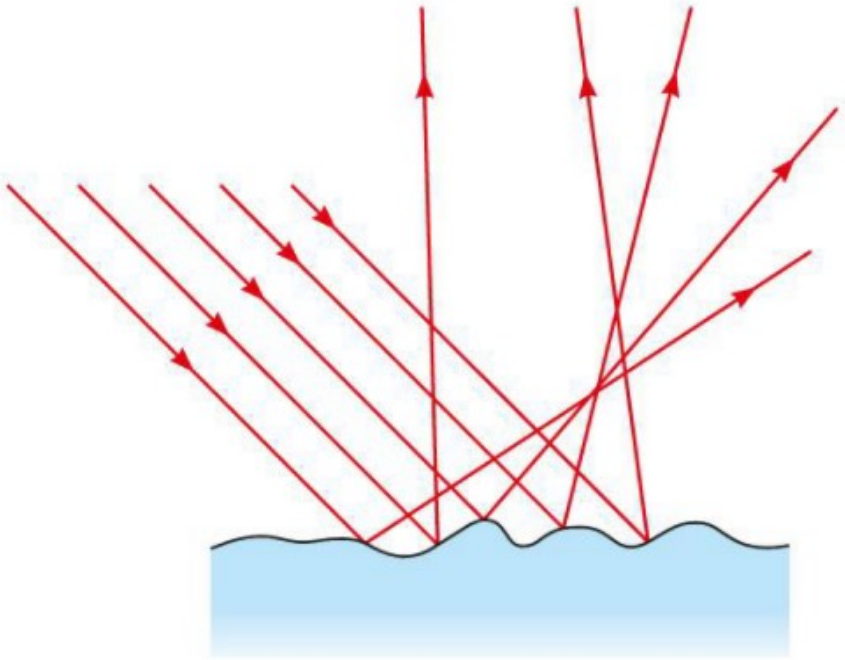
$$\theta_r = \theta_i$$



# RIFLESSIONE E DIFFUSIONE DELLA LUCE



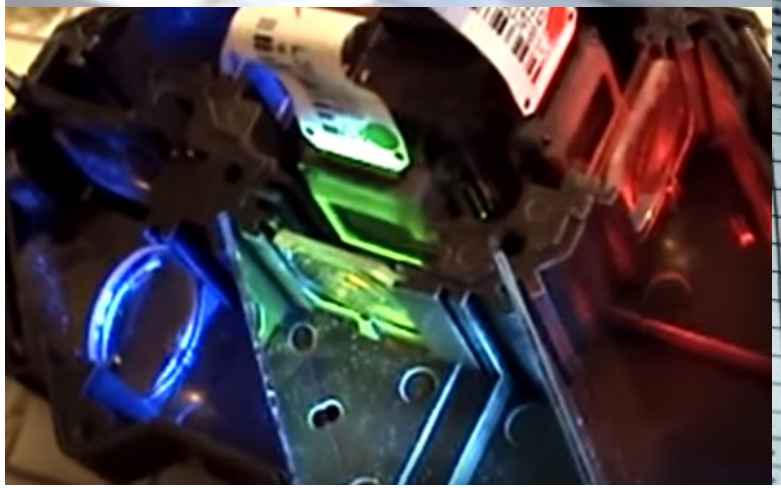
Riflessione speculare

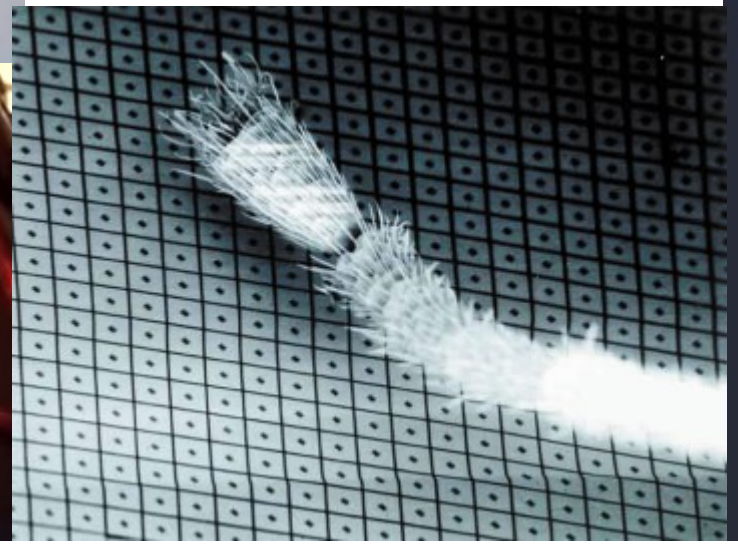


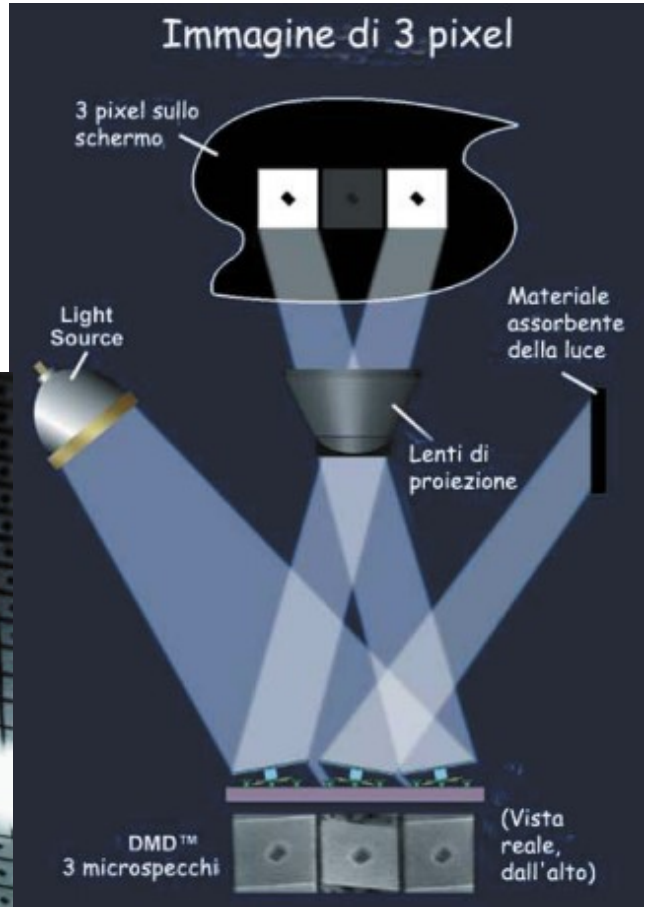
Riflessione diffusa

# VIDEOPROIETTORE DMD

786432 microspecchi per proiettori con risoluzione 1024 x 768.

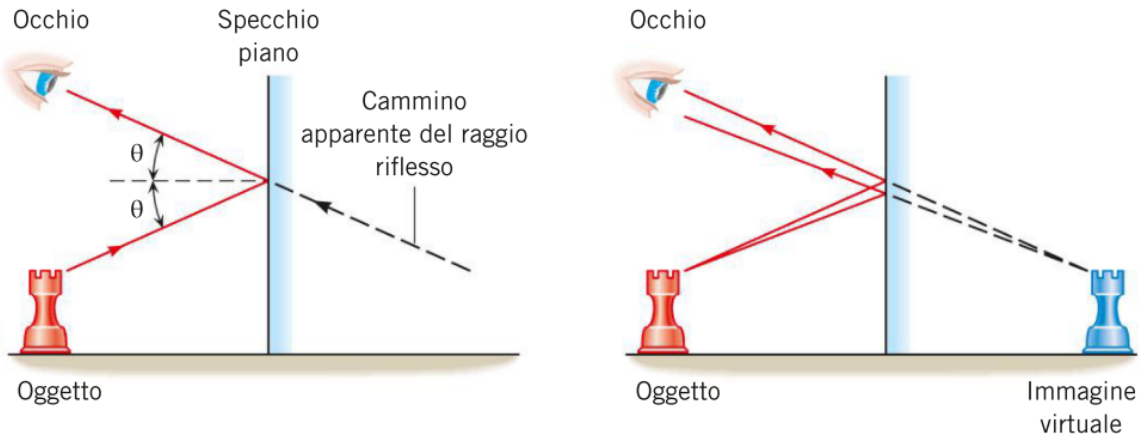






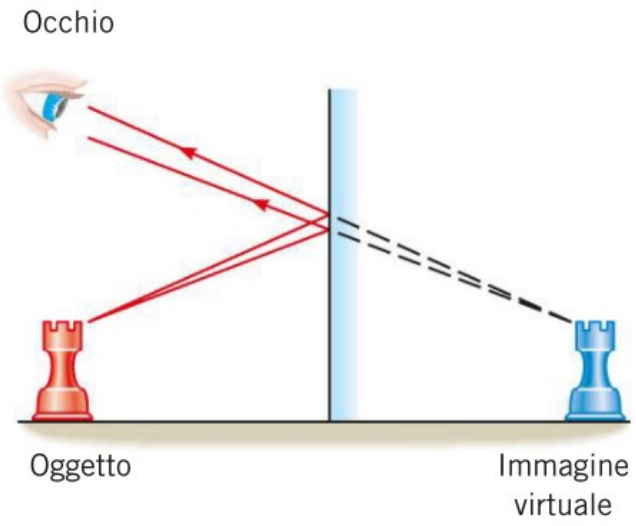
# GLI SPECCHI PIANI

- l'immagine è diritta;
- l'immagine ha le tue stesse dimensioni;
- l'immagine è collocata dietro lo specchio a una distanza da esso uguale a quella fra te e lo specchio.

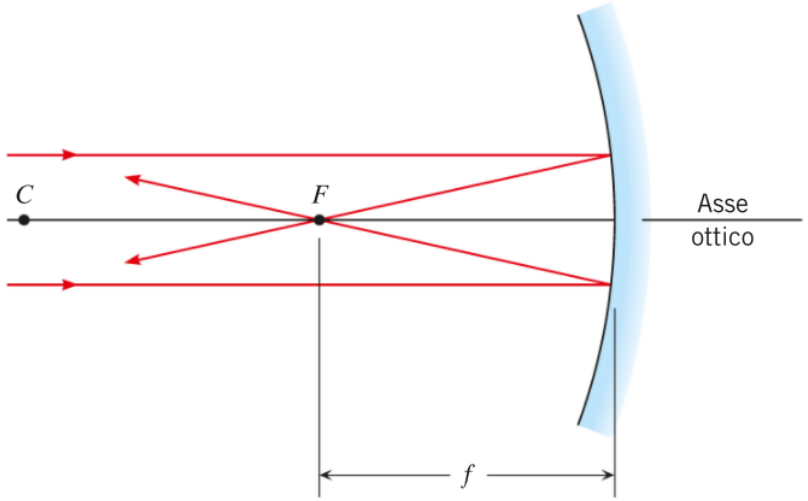


# IMMAGINI VIRTUALI E IMMAGINI REALI

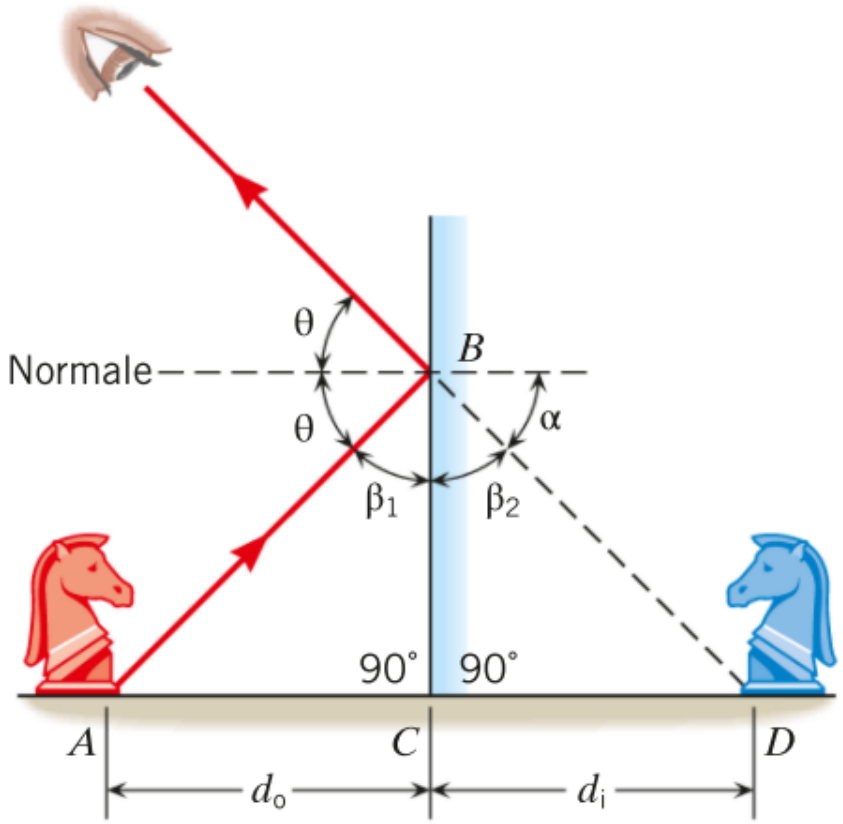
Poiché nessuno dei raggi luminosi rifessi proviene realmente dall'immagine, l'immagine formata da uno **specchio piano** è chiamata immagine virtuale




Un'immagine si dice invece reale quando si forma al punto di intersezione di raggi luminosi reali.



# IMMAGINE UGUALI E DISTANZE UGUALI

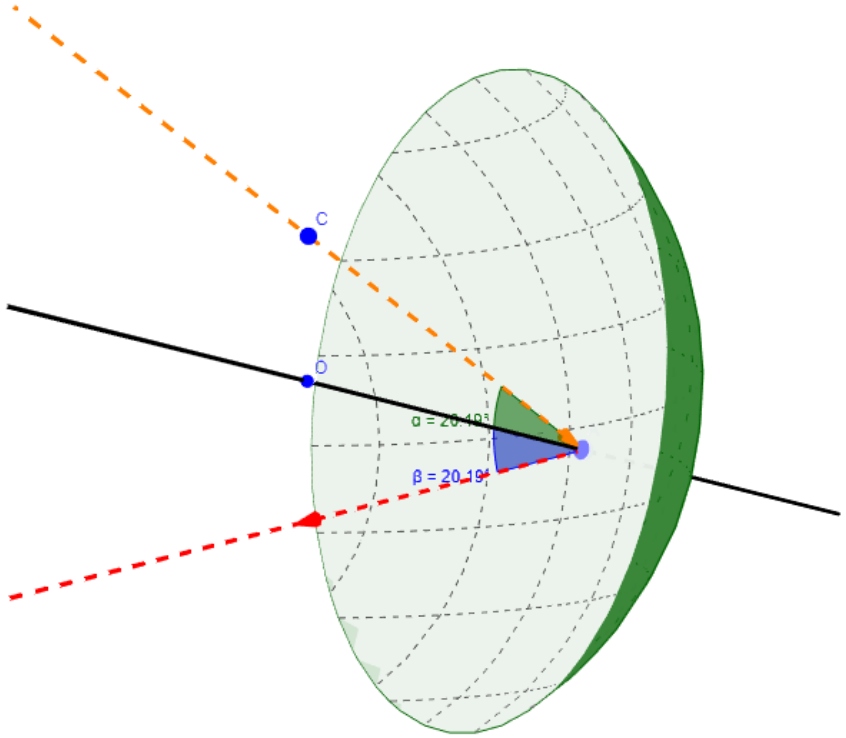



Le distanze tra oggetto reale e immagine virtuale sono uguali in quanto sono uguali i triangoli rettangoli ACB e CDB.

# SPECCHI SFERICI - DEFINIZIONE

Il tipo più comune di specchio curvo è lo specchio sferico; la superficie di uno specchio sferico è una piccola parte di una superficie sferica.

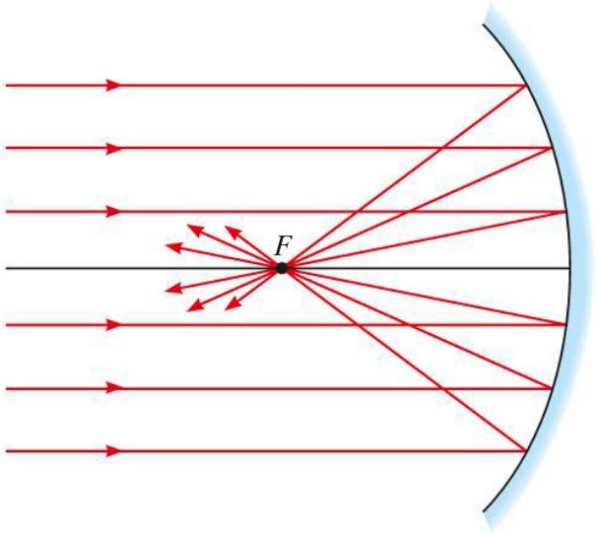
Se la parte riflettente della superficie è quella interna si ha uno specchio concavo come quello in figura, mentre se è quella esterna si ha uno specchio convesso.



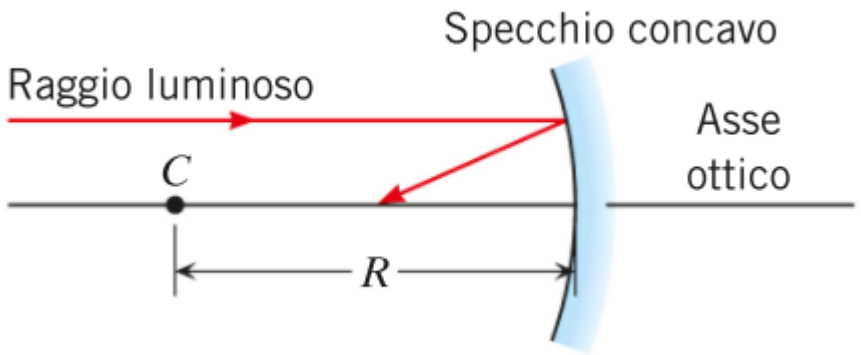

Accedi al contributo interattivo: (**a**) Normale al piano tangente alla superficie sferica

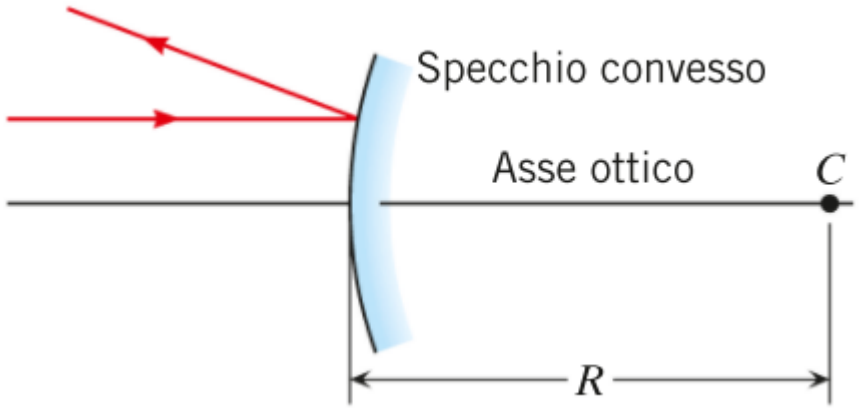
# SPECCHI PARABOLICI

Gli specchi parabolici, a differenza di quelli sferici, hanno la proprietà che tutti i raggi paralleli all'asse ottico, dopo essere stati rifessi, convergono nello stesso punto immagine, detto fuoco della parabola, indipendentemente dalla loro distanza dall'asse ottico.



# GLI SPECCHI SFERICI - CARATTERISTICHE

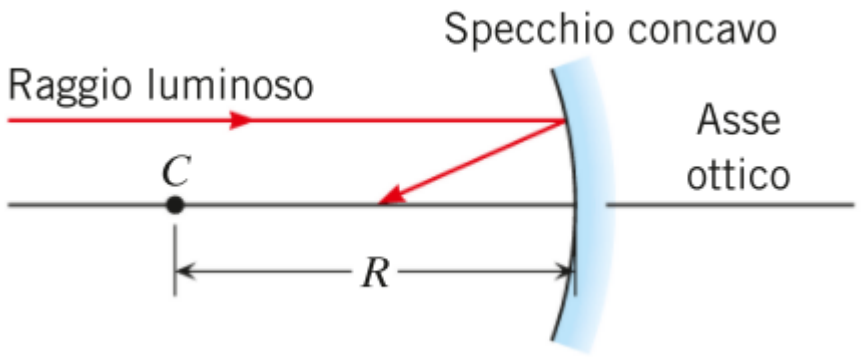


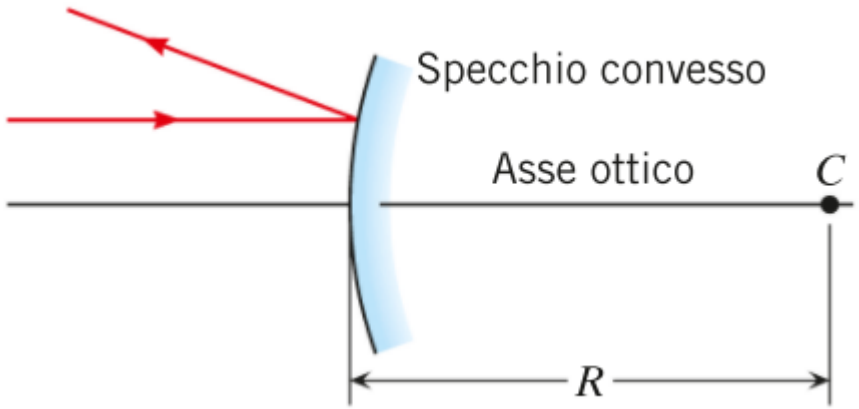




La legge della riflessione enunciata per gli specchi piani vale anche per gli specchi sferici. In questo caso la normale è la perpendicolare al piano tangente alla superficie sferica nel punto di incidenza. Il centro di curvatura e il raggio di curvatura sono il centro della sfera C e il suo raggio R.

# GLI SPECCHI SFERICI - ASSE OTTICO

L'asse ottico dello specchio è il suo asse di simmetria, cioè la retta che congiunge il centro di curvatura con il centro dello specchio.

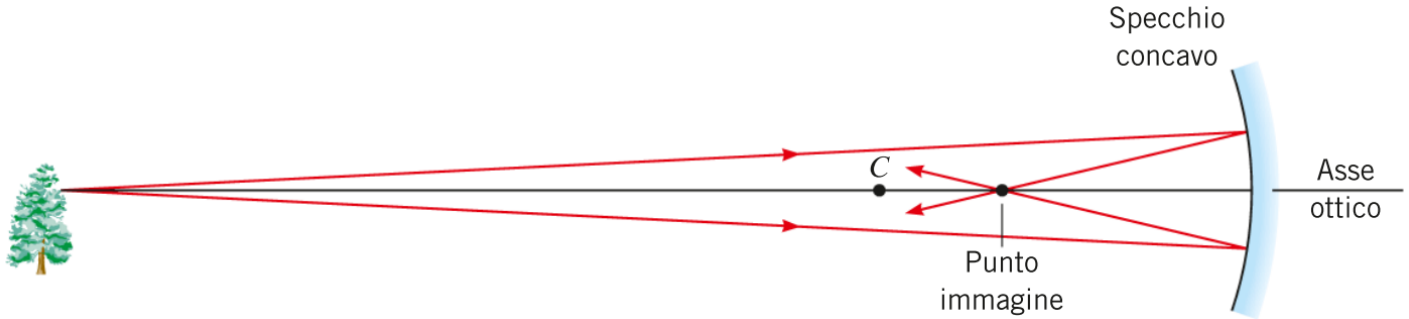


# GLI SPECCHI SFERICI - FORMAZIONE DELL'IMMAGINE

La figura mostra un albero davanti a uno specchio concavo. Un punto dell'albero si trova sull'asse ottico dello specchio e più lontano dallo specchio rispetto al centro di curvatura C. Se i raggi incidenti sono vicini all'asse ottico, i raggi rifessi convergono in un punto chiamato punto immagine e poi proseguono il loro cammino divergendo dal punto immagine. Tutto avviene come se in questo punto ci fosse un oggetto da cui partono raggi luminosi.

Poiché dal punto immagine provengono realmente dei raggi luminosi, l'immagine è un'immagine reale.

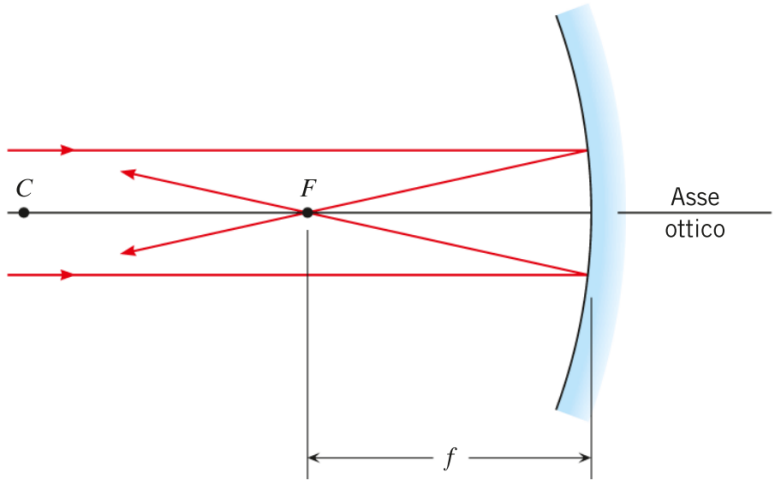


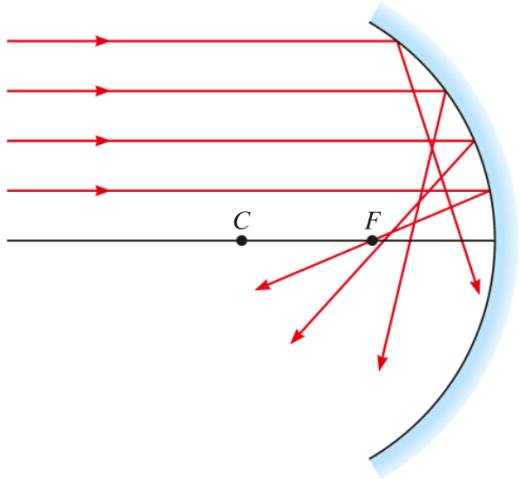
# GLI SPECCHI SFERICI - FORMAZIONE DELL'IMMAGINE

E se l'oggetto si trovasse a distanza infinita? I raggi incidenti si potrebbero considerare come un fascio parallelo di rette.

Quelle più prossime all'asse ottico si riflettono in F, punto medio tra lo specchio e il centro di curvatura C

mentre i raggi incidenti più distanti dall'asse convergono in punti diversi da F



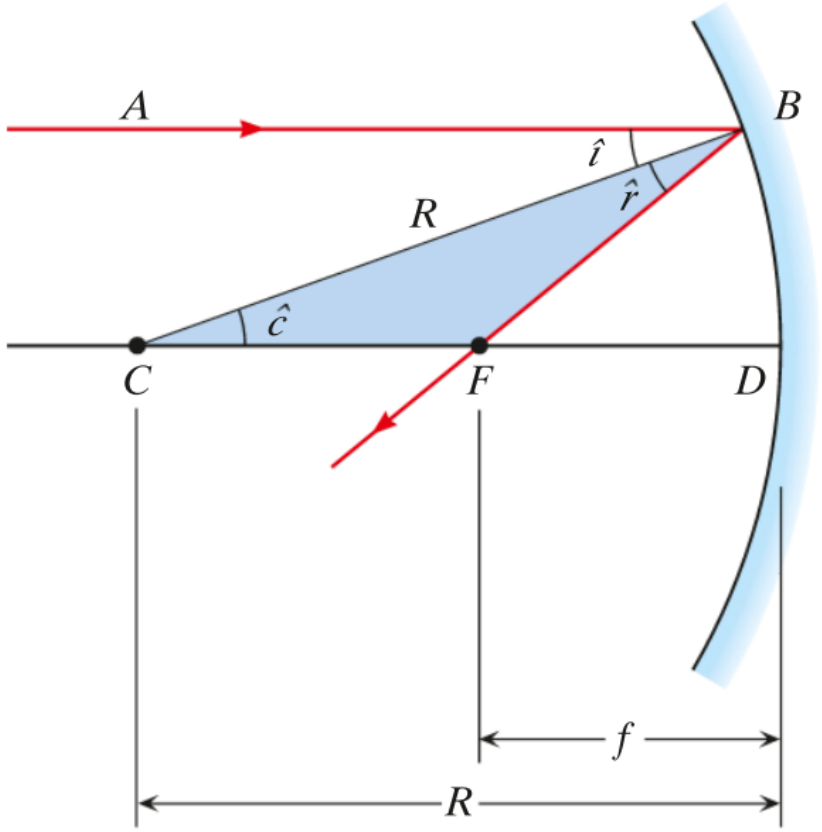




Accedi al contributo interattivo: (b) Fascio di luce su specchi piani e concavi

# FORMAZIONE DELL'IMMAGINE – VERIFICA GEOMETRICA

$f$ = distanza focale
$R$ = raggio di curvatura

$$f = \frac{1}{2}R$$



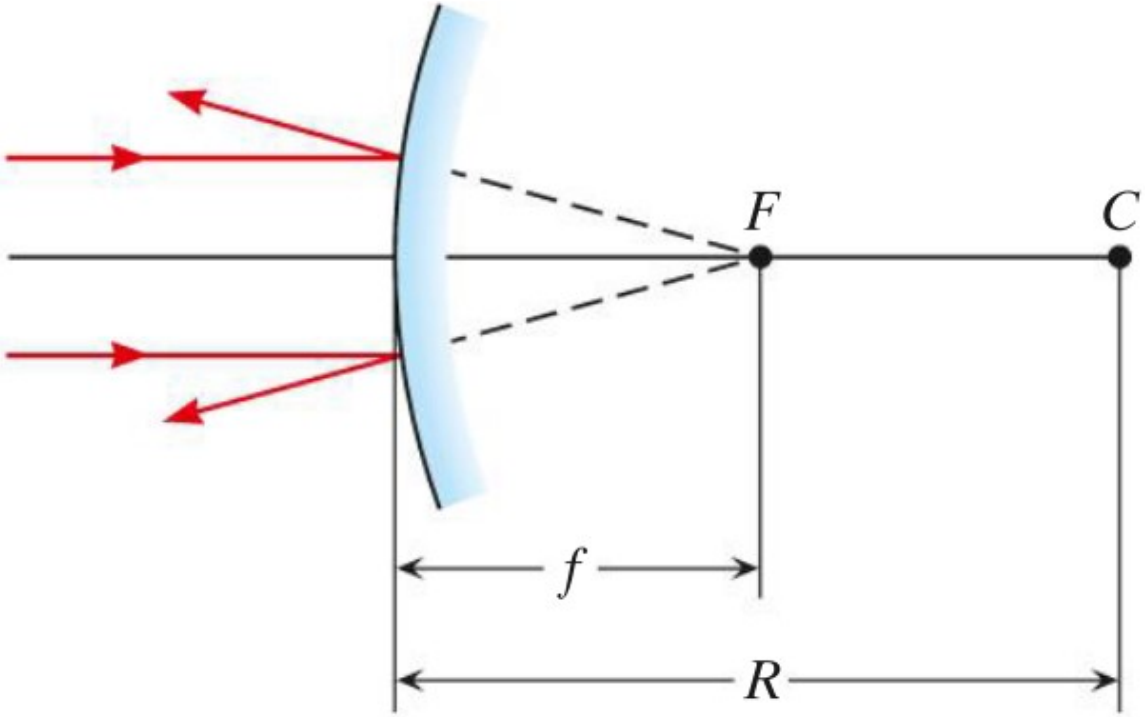
# ABERRAZIONE SFERICA

Il fatto che uno specchio sferico non formi un unico punto immagine per tutti i raggi paralleli all'asse ottico che incidono su di esso è chiamato **aberrazione sferica**. L'aberrazione sferica può essere minimizzata utilizzando uno specchio di altezza piccola rispetto al raggio di curvatura.

# Specchio sferico convesso

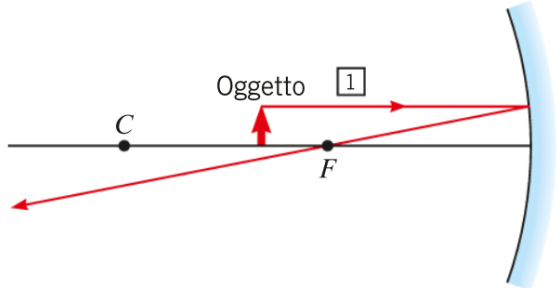
Quando un fascio di raggi parassiali e paralleli all'asse ottico è rifesso da uno specchio sferico convesso, i raggi rifessi sembrano provenire dal fuoco F dello specchio. R e $f$ indicano rispettivamente il raggio di curvatura e la distanza focale dello specchio.

$$f = -\frac{R}{2}$$

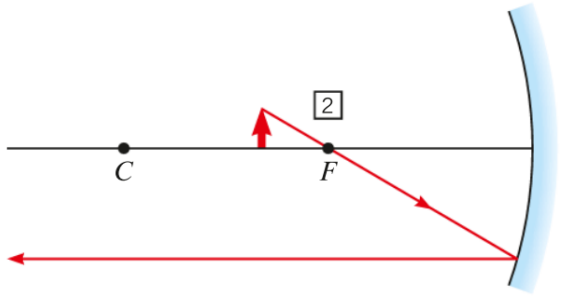


# Diagramma dei raggi per uno specchio concavo

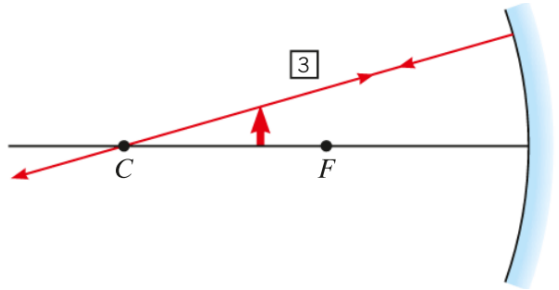
Questo raggio incidente è parallelo all'asse ottico dello specchio e poi è rifesso come raggio passante per il fuoco F.




Questo raggio incidente passa per il fuoco F e poi è rifesso come raggio parallelo all'asse ottico. Questo raggio è analogo al raggio 1, con la differenza che il raggio parallelo all'asse ottico è il raggio rifesso e non il raggio incidente.

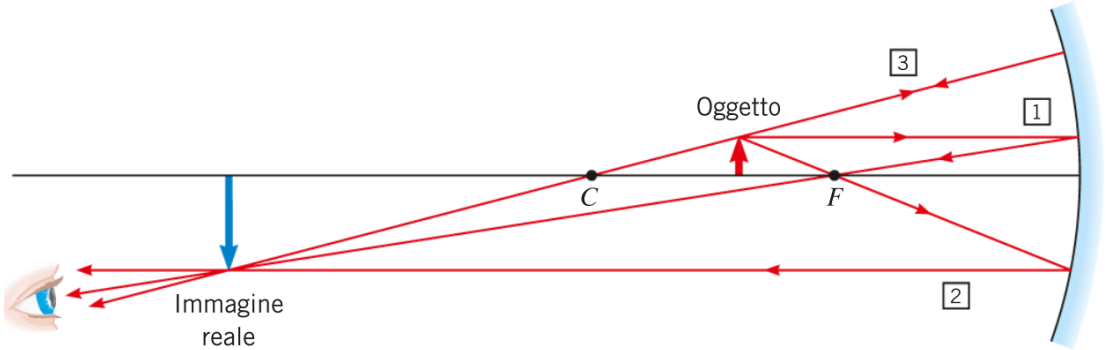


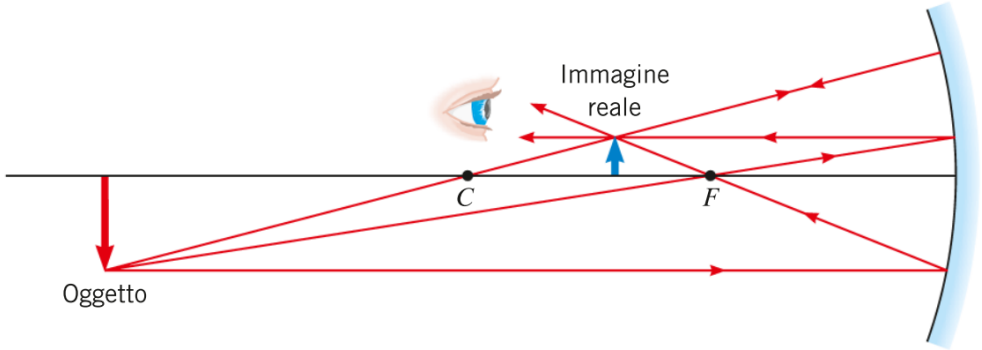

Questo raggio incidente passa per il centro di curvatura C e quindi ha la direzione di un raggio perpendicolare alla superficie dello specchio. Pertanto il raggio rifesso ha la stessa direzione di quello incidente.



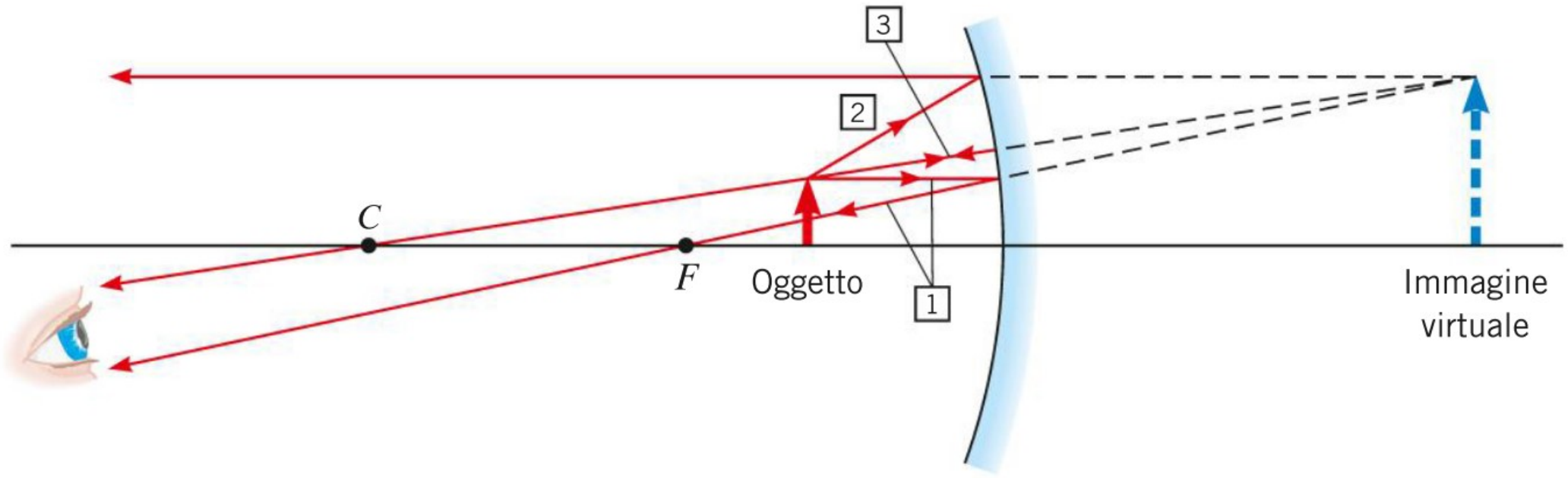
# Come si forma l'immagine reale?

PRINCIPIO DI REVERSIBILITA' DEI CAMMINI OTTICI. Se si inverte il verso di un raggio luminoso, il raggio ripercorre il cammino originale.



# Oggetto o soggetto tra fuoco e specchio




L’immagine virtuale è diritta e ingrandita rispetto all’oggetto.

# Distanze diverse: specchio sferico di casa mia

Tra fuoco e centro

Tra fuoco e specchio

Tra fuoco e centro – non in asse

# L’equazione dei punti coniugati per gli specchi sferici

La relazione che lega due punti coniugati è detta equazione dei punti coniugati:

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

- ✓ f = distanza focale dello specchio;
- ✓ p = distanza dell’oggetto, cioè distanza tra l’oggetto e lo specchio;
- ✓ q = distanza dell’immagine, cioè distanza tra l’immagine e lo specchio.

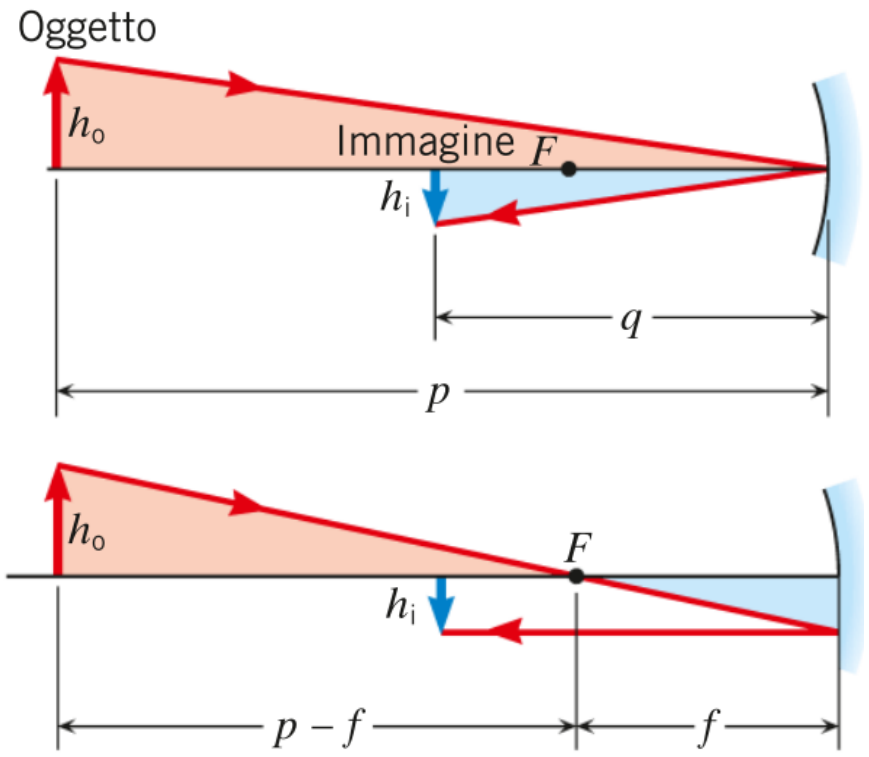
# Dimostrazione

Triangoli simili significa cateti omologhi in proporzione

$$h_o : h_i = p : q$$

Se il raggio incidente è prossimo all'asse ottico si ritiene che i triangoli sono simili quindi i cateti omologhi sono in proporzione

$$h_o : h_i = (p - f) : f$$




Eguagliando i secondi membri si ha: $\frac{p}{q} = \frac{p-f}{f}$

# Ingrandimento

Il rapporto tra l'altezza dell'immagine e quella dell'oggetto fornisce l'ingrandimento, che si indica con la G.

CONVENZIONE:

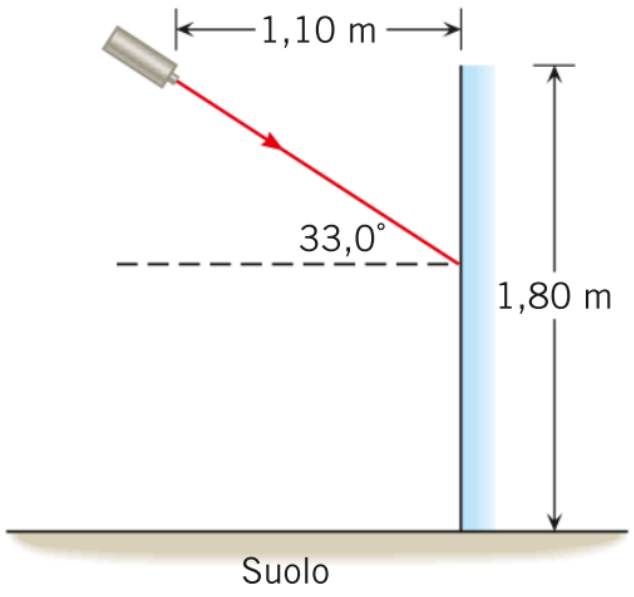
$G = \frac{q}{p}$ nell'immagine diritta

$G = -\frac{q}{p}$ nell'immagine rovesciata

# Problema

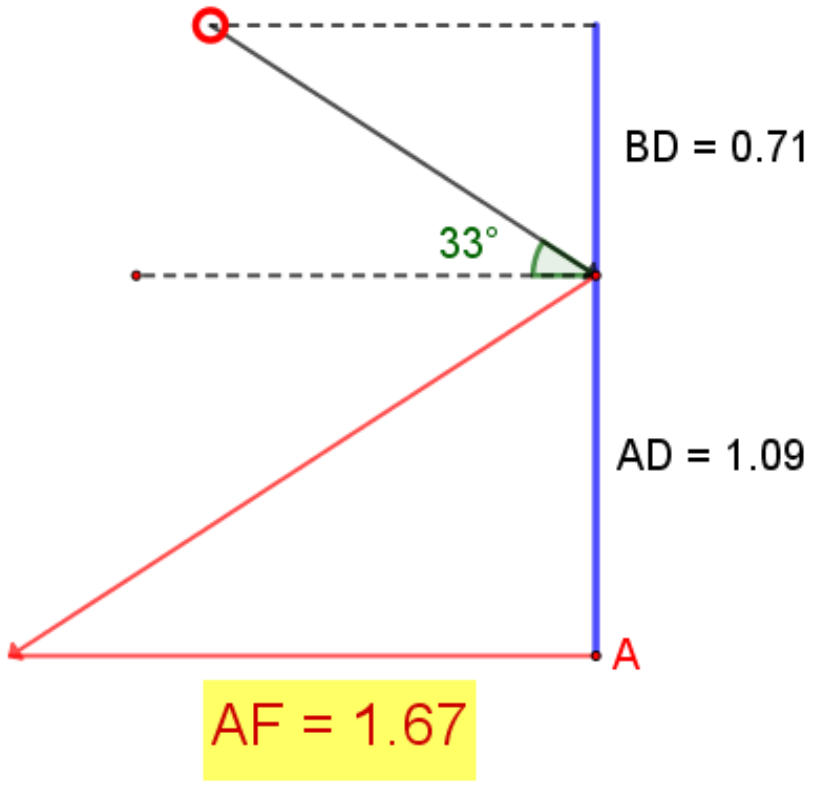
Un laser è posto a 1,80 m di altezza e a una distanza di 1,10 m da uno specchio perpendicolare al suolo, come puoi vedere in figura. Il laser emette un raggio di luce che incide sullo specchio con un angolo di 33,0°.

▶ A quale distanza dalla base dello specchio il raggio rifesso incide sul suolo?



# Costruzione geometrica con Geogebra

Per trovare a che distanza dallo specchio il raggio riflesso raggiunge il suolo sarà sufficiente applicare il secondo teorema del triangolo rettangolo in trigonometria.



# L’indice di rifrazione

La luce nel vuoto viaggia alla velocità di $3 \cdot 10^8$ m/s, ma la sua velocità diminuisce attraversando la materia, in quanto, gli atomi della materia in parte la assorbono, in parte la riemettono e in parte la diffondono.

L’indice di rifrazione n di un materiale è il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto c e la velocità della luce v nel materiale:

$$n = \frac{c}{v}$$

# Calcolo della velocità

Dunque la luce attraversando la materia rallenta la sua corsa. Ad esempio la velocità della luce nel diamante è

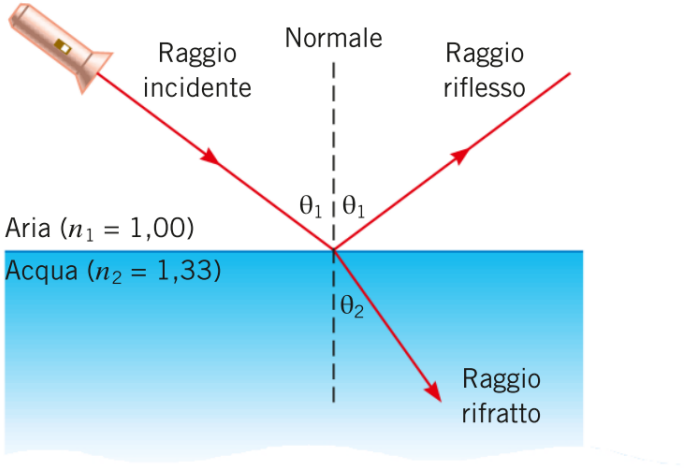
$$v = \frac{c}{n} \Rightarrow v = 1{,}24 \cdot 10^8 m/s$$

L'indice di rifrazione dell'aria è così vicino a 1 che per la maggior parte degli scopi pratici si può porre *n=1*

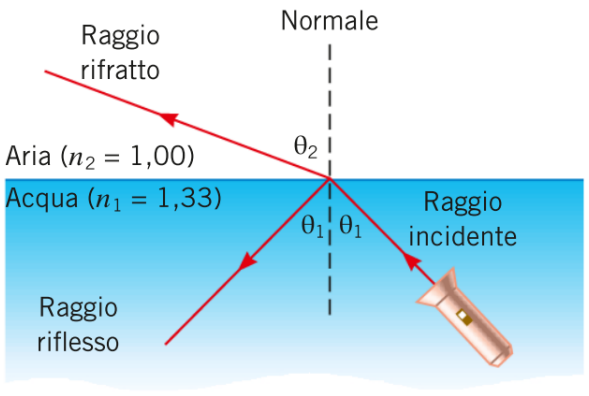
| Sostanza | Indice di rifrazione *n* |
|---|---|
| **Solidi a 20 °C** | |
| Cloruro di sodio | 1,544 |
| Diamante | 2,419 |
| Ghiaccio (a 0 °C) | 1,309 |
| Quarzo cristallino | 1,544 |
| Quarzo fuso | 1,458 |
| Vetro (ottico) | 1,523 |
| **Liquidi a 20 °C** | |
| Acqua | 1,333 |
| Alcol etilico | 1,362 |
| Benzene | 1,501 |
| Bisolfuro di carbonio | 1,632 |
| Tetracloruro di carbonio | 1,461 |
| **Gas a 0 °C, 1 atm** | |
| Aria | 1,000 293 |
| Biossido di carbonio | 1,000 45 |
| Idrogeno ($H_2$) | 1,000 271 |
| Ossigeno ($O_2$) | 1,000 139 |

# Premesse alla legge di Snell

Se il raggio incidente non è perpendicolare alla superficie di separazione, il raggio che penetra nel secondo materiale ha una direzione diversa da quella del raggio incidente.




Se la luce passa da un mezzo con indice di rifrazione minore a uno con indice di rifrazione maggiore, il raggio rifratto si avvicina alla normale




Se la luce passa da un mezzo con indice di rifrazione maggiore a uno con indice di rifrazione minore, il raggio rifratto si allontana dalla normale.

# Legge della rifrazione – legge di Snell

Quando la luce passa da un mezzo con indice di rifrazione $n_1$ a un mezzo con indice di rifrazione $n_2$, il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale alla superficie di separazione dei due mezzi nel punto di incidenza giacciono tutti nello stesso piano e l'angolo di rifrazione $\theta_2$ è legato all'angolo di incidenza $\theta_1$ dalla relazione:

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_1 = n_2 \operatorname{sen} \theta_2$$

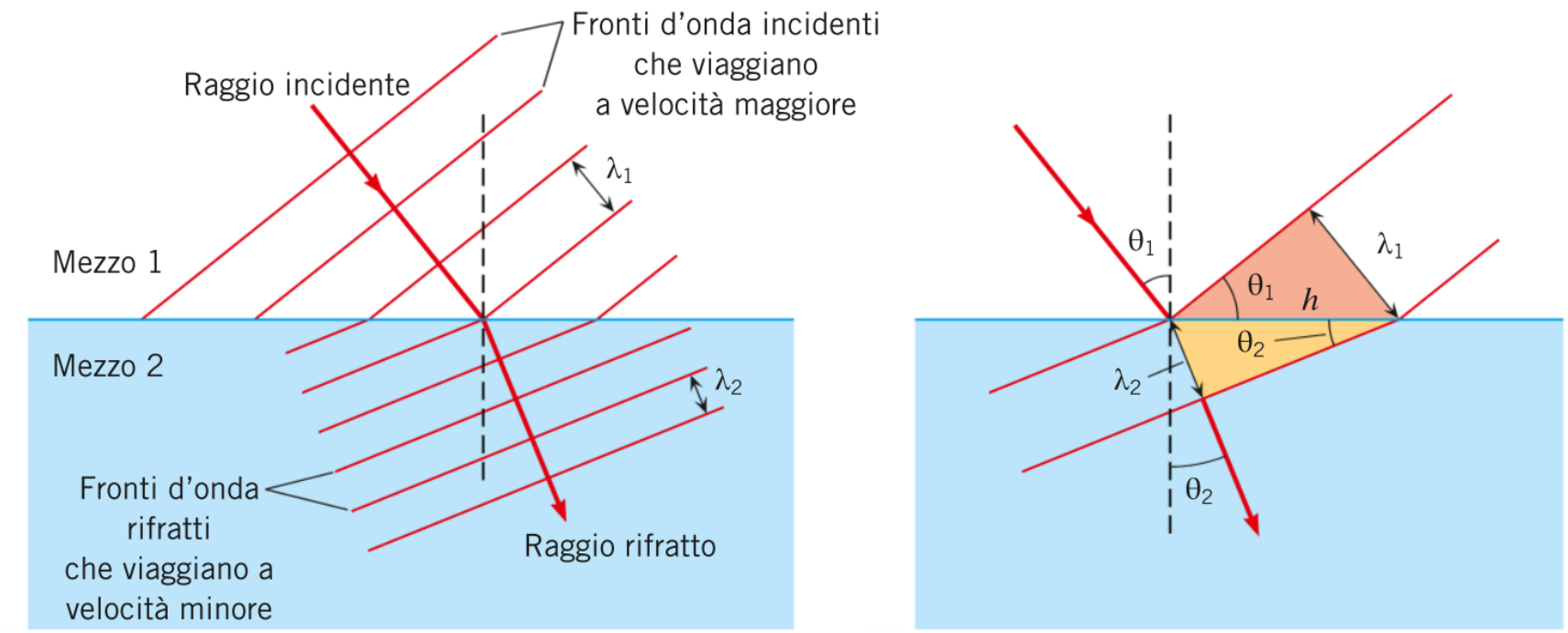
# Dimostrazione secondo la teoria ondulatoria

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{f}$$

$$\lambda_2 = \frac{v_2}{f}$$

$$\lambda_1 = h \cdot sen\theta_1$$

$$\lambda_2 = h \cdot sen\theta_2$$

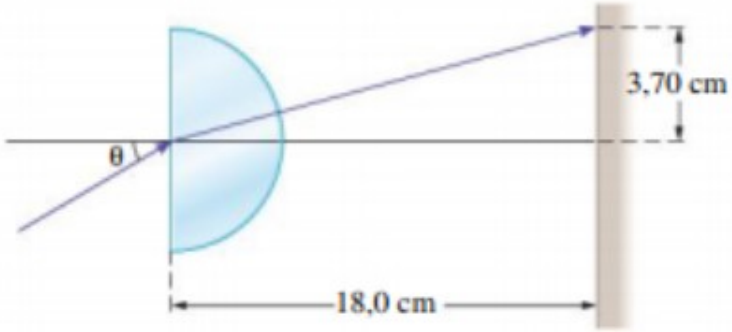


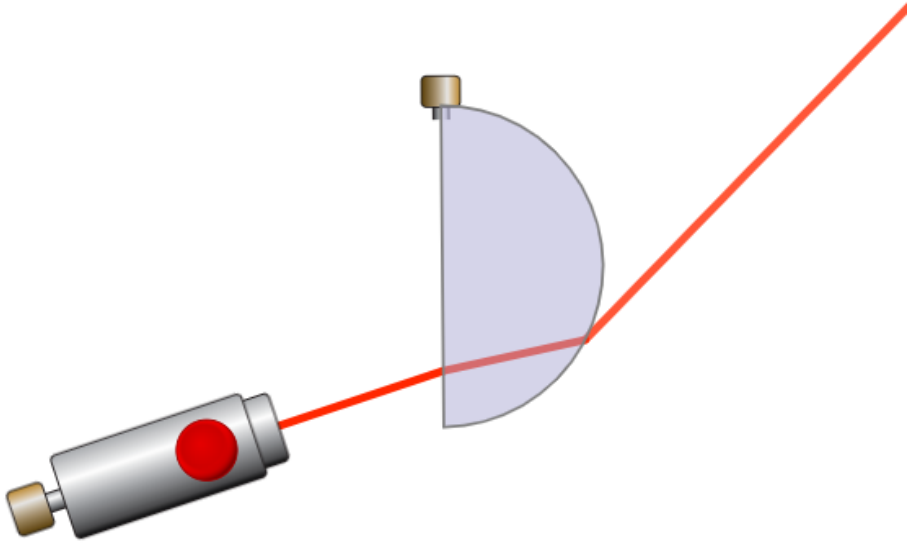

$$h = \frac{\lambda_1}{sen\theta_1} = \frac{\lambda_2}{sen\theta_2} \Rightarrow \frac{sen\theta_1}{v_1} = \frac{sen\theta_2}{v_2} \Rightarrow n_1 \cdot sen\theta_1 = n_2 \cdot sen\theta_2$$

# Problema tratto dal Walker

**17** MATH+ **Qual è l'angolo?**

Un disco di vetro semicircolare ha un indice di rifrazione $n = 1{,}59$. Calcola l'angolo di incidenza $\theta$ per il quale il fascio di luce mostrato nella figura colpisce il punto indicato sullo schermo. [19°]




Se il raggio incidente non avesse incontrato il centro della lente ci sarebbe stata una doppia deviazione del raggio rifratto