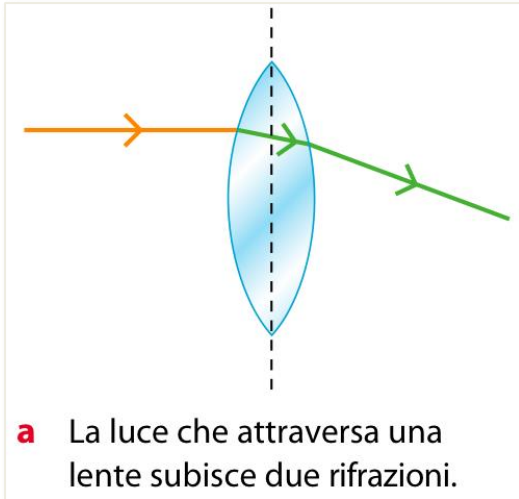


# Lezione 6 - Le lenti

Le lenti formano immagini reali o virtuali, più piccole o più grandi dell'oggetto. La posizione dell'immagine si trova con la formula

$$1/p + 1/q = 1/f$$

# La rifrazione della luce – Le lenti sottili



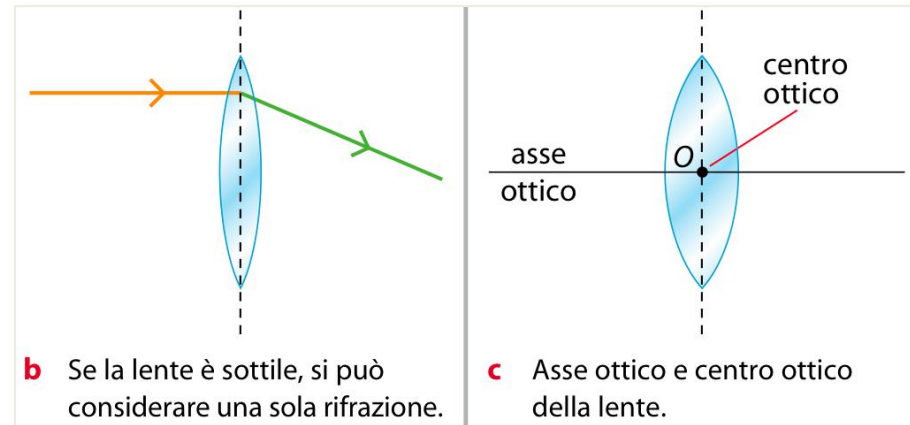
**Lente (sferica):** corpo trasparente delimitato da due calotte sferiche; attraversandola un raggio di luce subisce **due rifrazioni**.

In una **lente sottile** (**spessore piccolo** rispetto ai **raggi di curvatura** delle superfici) si considera **una sola** rifrazione.

**Asse ottico:** asse di simmetria, ovvero retta che congiunge i centri di curvatura delle due facce della lente;

**Centro ottico O:** intersezione tra asse ottico e piano della lente che divide a metà lo spessore della lente;

Raggi passanti per O non vengono deviati.



**Fuoco:** punto in cui convergono tutti i raggi paralleli all'asse ottico.

Essendo due le superfici, sono due anche i fuochi che per le lenti sottili sono uguali e posti dalle due parti opposte rispetto alla lente.

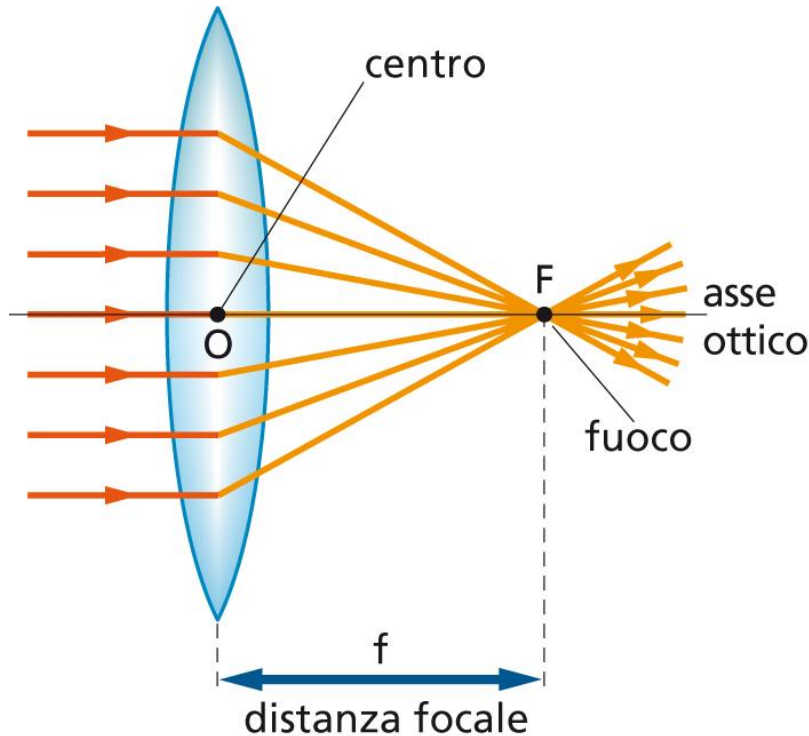
# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## Lenti convergenti e divergenti

- Per sfruttare le proprietà della rifrazione vengono realizzati vetri di forme particolari, le lenti, il cui effetto sulla luce permette di ottenere una vasta gamma di effetti.
- Le lenti possono essere convergenti (più sottili ai bordi che al centro) e divergenti (più sottili al centro che ai bordi).

# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## Lente convergente



- La lente **convergente** (positiva) è in grado di aumentare la convergenza dei raggi di luce incidenti.
- Se i raggi di luce incidenti sono paralleli, quelli emergenti convergono in un punto, il fuoco.

Sono lenti convergenti le lenti di ingrandimento e quelle per gli occhiali da presbite e da ipermetropia.



# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

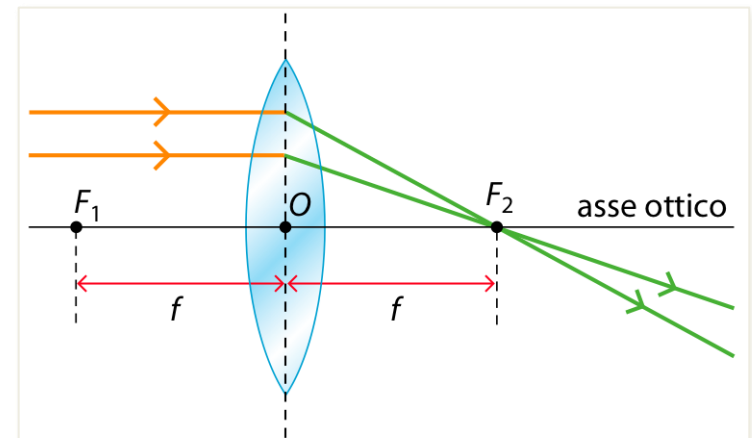
## La formazione dell'immagine – Lente convergente

Una **lente convergente** ha **due fuochi**  $F_1$  e  $F_2$ , posti sull'**asse ottico** e **simmetrici rispetto al centro O** della lente.

La distanza  $OF_1 = OF_2 = f$  è la **distanza focale** (dipende dai raggi di curvatura e dall'indice di rifrazione)

Raggi **paralleli all'asse ottico** vengono **deviati nel fuoco** dietro la lente ( $f$  è positivo).

Raggi **passanti per il centro ottico O** **non vengono deviati**

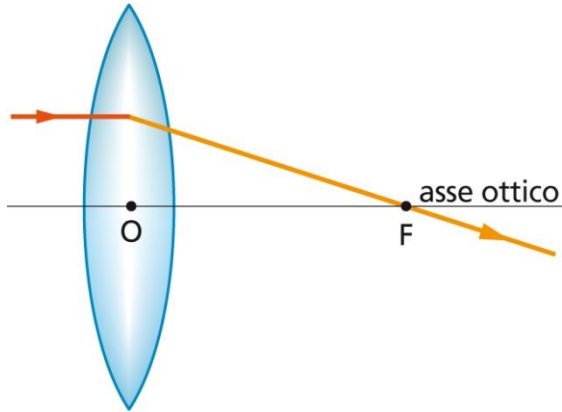


**a** In una lente convergente, i raggi paralleli all'asse ottico attraversano la lente e vengono rifratti nel fuoco.

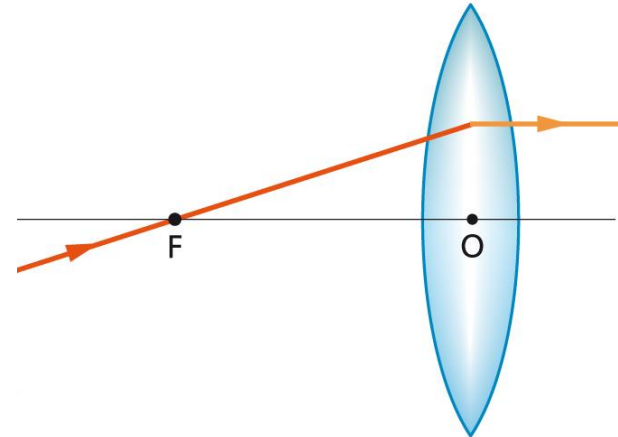
# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## La formazione dell'immagine – Lente convergente

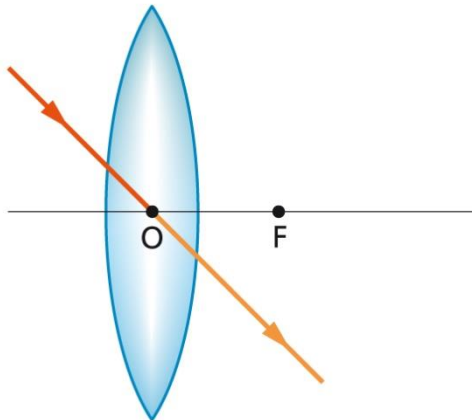
Raggio parallelo all'asse ottico



Raggio per il fuoco



Raggio per il centro



# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

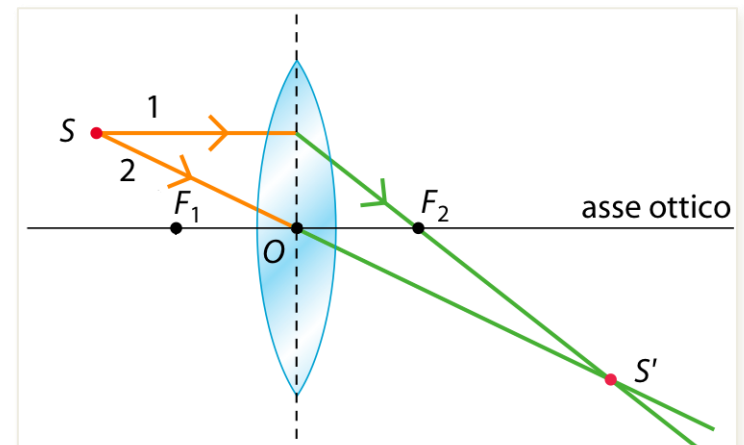
## La formazione dell'immagine – Lente convergente

• Per costruire l'immagine di un punto  $S$ , si tracciano da  $S$  il **raggio 1** **parallelo all'asse ottico** (che viene **deviato nel fuoco  $F_2$** ) e il **raggio 2**

**passante per  $O$**  (che **non viene deviato**) e si determina il loro punto intersezione  $S'$ .

$S'$  è l'immagine, **reale e capovolta**, del punto  $S$ .

Se l'oggetto è a una distanza dalla lente inferiore a  $f$ , l'immagine diventa **virtuale e dritta**



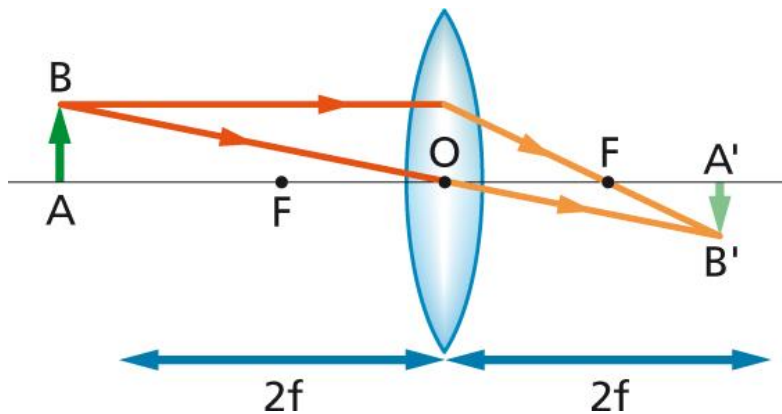
**b** Bastano due soli raggi, uscenti dalla sorgente puntiforme  $S$ , per determinare la posizione dell'immagine  $S'$ .

# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## La formazione dell'immagine – Lente convergente

L'osservatore si trova al lato opposto della lente rispetto all'oggetto.

Oggetto oltre il doppio della distanza focale



L'immagine dell'oggetto è reale, capovolta e rimpicciolita.

Oggetto al doppio della distanza focale

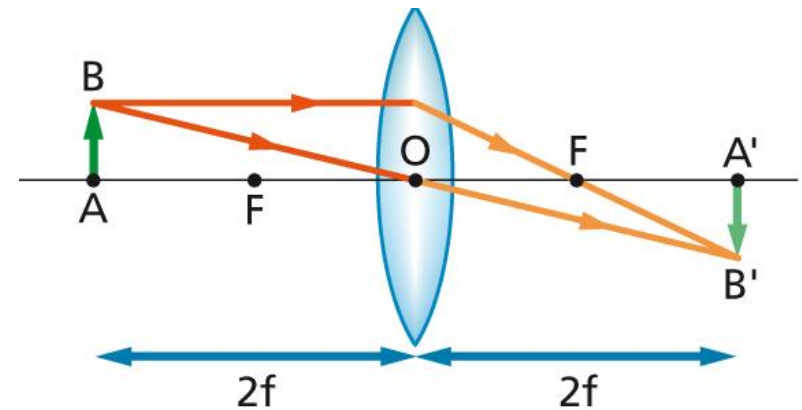


Immagine reale, capovolta e della stessa dimensione.



# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## La formazione dell'immagine – Lente convergente

Tra il fuoco e il doppio della distanza focale

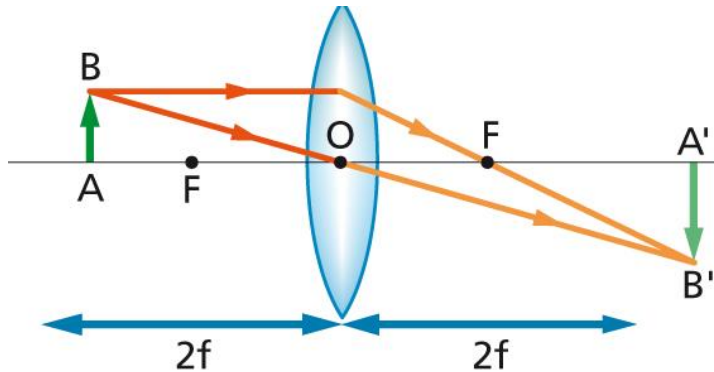
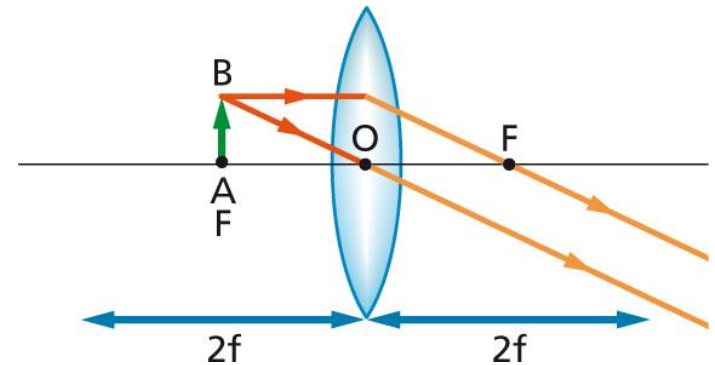


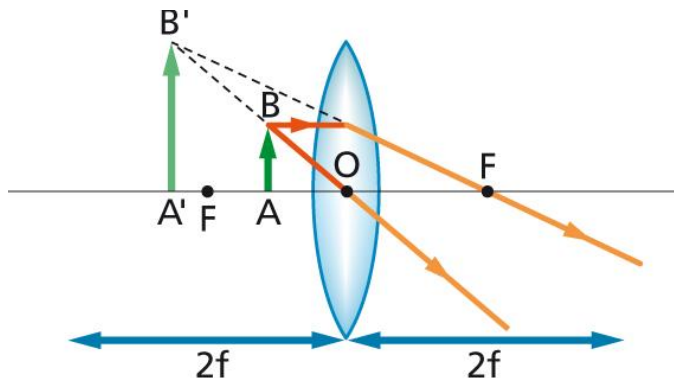
Immagine reale, capovolta e ingrandita.

Oggetto nel fuoco



In questa circostanza non si forma nessuna immagine dell'oggetto.

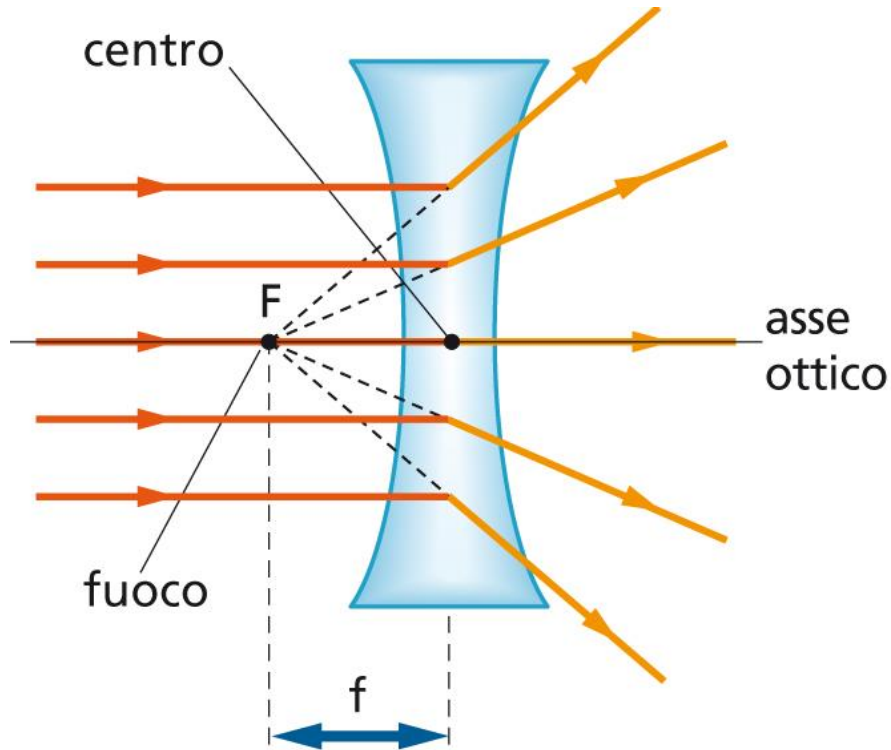
Oggetto tra la lente e il fuoco



- L'immagine è virtuale, diritta e ingrandita.

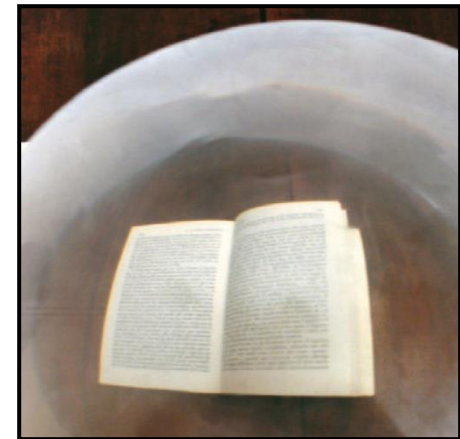
# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## Lente divergente



- La lente **divergente** (negativa) fa diminuire la convergenza dei raggi di luce incidenti.
- Se i raggi di luce incidenti sono paralleli, quelli emergenti divergono.
- Il fuoco è il punto in cui converge il prolungamento dei raggi emergenti ( $f$  è negativo).

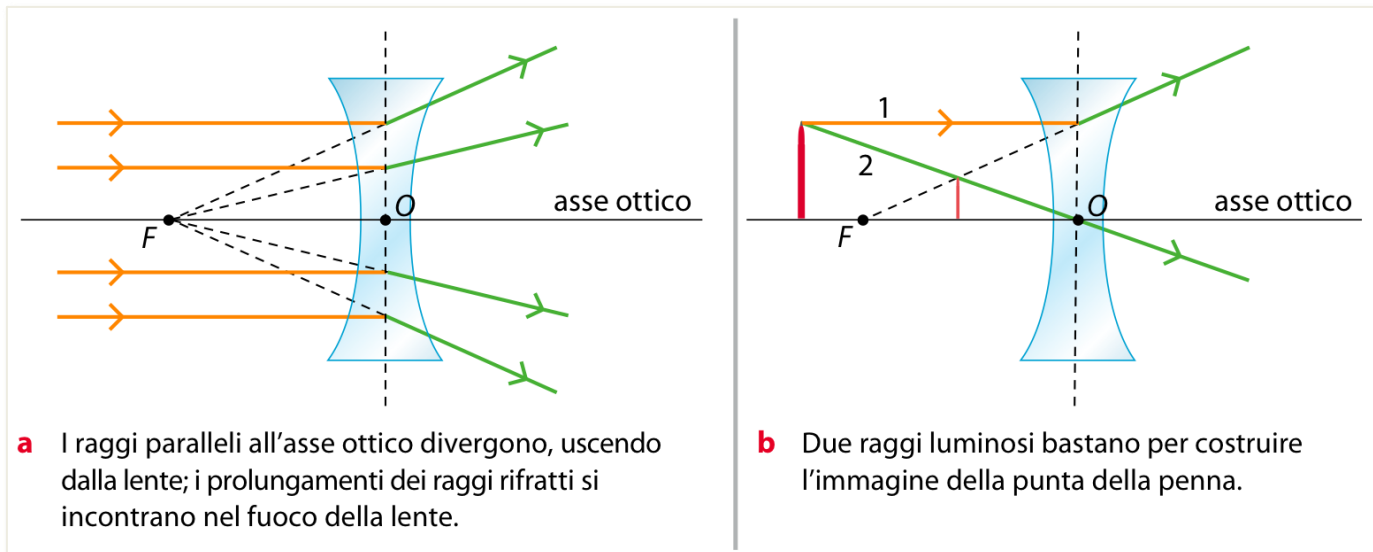
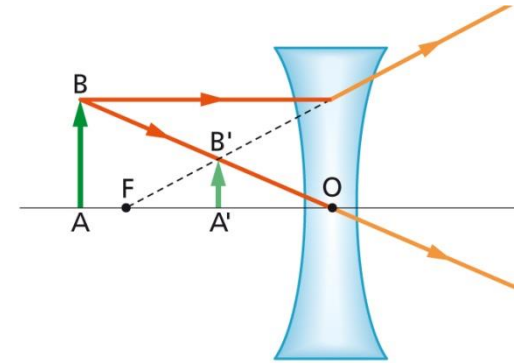
• Sono lenti divergenti le lenti per lo spioncino della porta di ingresso e quelle per gli occhiali da miope.



# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## La formazione dell'immagine – Lente divergente

- Una **lente divergente** devia i **raggi paralleli all'asse ottico** in modo che i loro **prolungamenti** passano per il **fuoco**.
- L'immagine di una **lente divergente** è **sempre virtuale, diritta e rimpicciolita**.

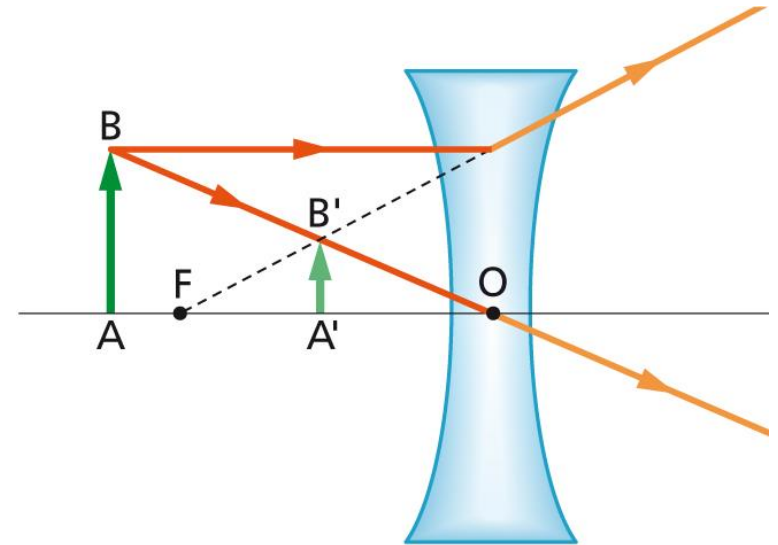
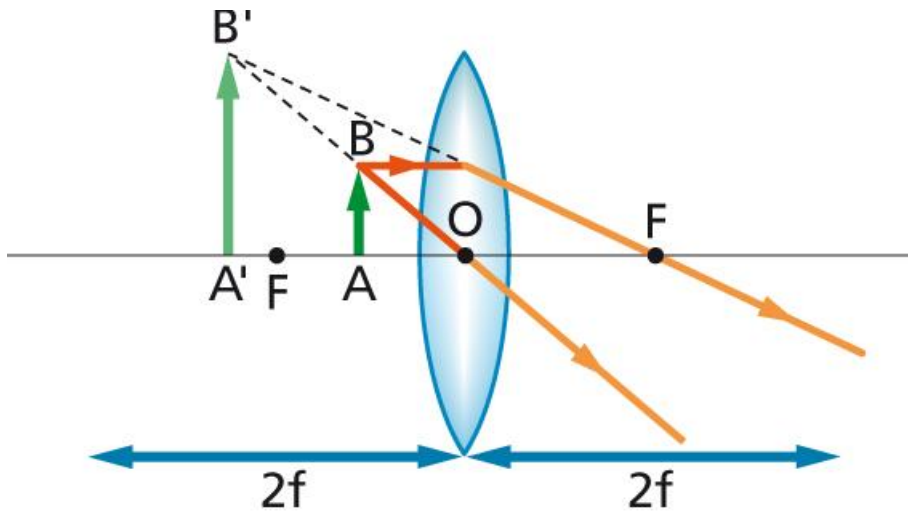


**a** I raggi paralleli all'asse ottico divergono, uscendo dalla lente; i prolungamenti dei raggi rifratti si incontrano nel fuoco della lente.

**b** Due raggi luminosi bastano per costruire l'immagine della punta della penna.

# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## Il rapporto di ingrandimento di una lente



$$G = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## Formula delle lenti sottili

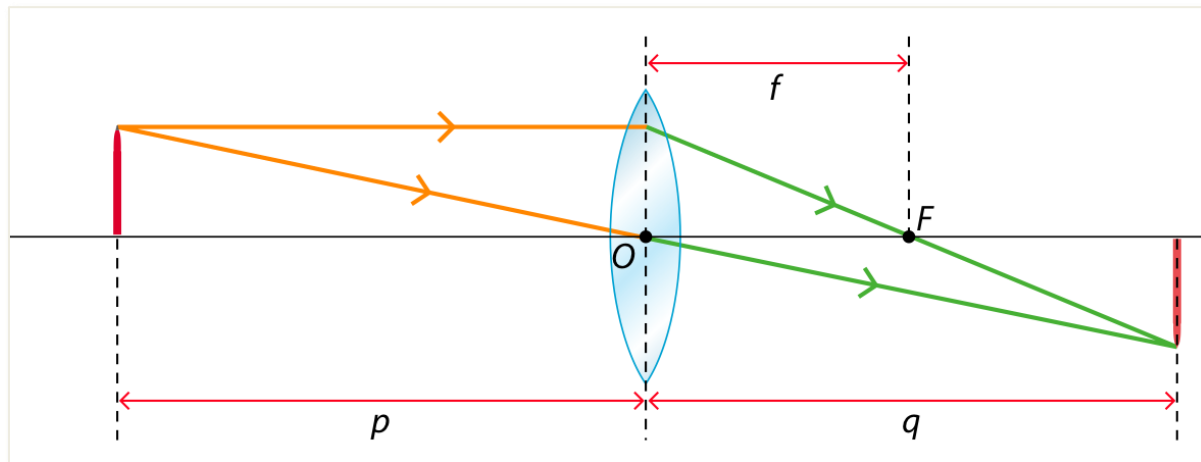
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

distanza focale (m) ———  $\frac{1}{f}$  ——— distanza dell'immagine da V (m)

distanza dell'oggetto da V (m) ———  $\frac{1}{p}$  ———

Le distanze sono misurate dal centro O della lente.

$q > 0$  se l'immagine è dalla parte opposta rispetto all'oggetto.



Per le lenti divergenti è valida la **formula delle lenti sottili**, con:  $f < 0$        $q < 0$

# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

## La legge dei punti coniugati

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

Indipendentemente se la lente è convergente o divergente, le distanze  $p$  e  $q$  ed  $f$  sono:

Positive se si trovano dal lato opposto del raggio incidente, ovvero dalla parte di quello rifratto.

Negative se si trovano dalla stessa del raggio incidente, ovvero dalla parte opposta rispetto al raggio rifratto.

### Lente Convergente ( $f > 0$ )

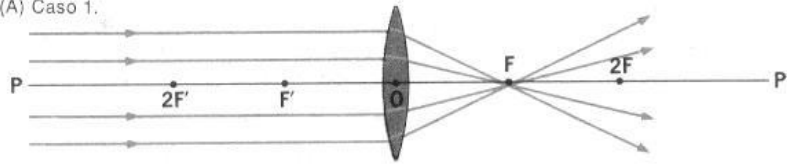
Distanza $p$	Distanza $q$ $Q$ positivo $Q$ negativo	Ingrandimento $G = -q/p$	Tipo immagine
$p \rightarrow \infty$	$Q = f$	$G = 0$	Reale e puntiforme
$p > 2f$	$f < q < 2f$	$-1 < G < 0$	Reale, capovolta, rimpicciolita
$p = 2f$	$Q = 2f$	$G = -1$	Reale, capovolta, invariata
$f < p < 2f$	$Q > 2f$	$G < -1$	Reale, capovolta, ingrandita
$p = f$	$Q \rightarrow \infty$		
$p < f$	$ q  > p$	$G > 1$	Virtuale, diritta, ingrandita

### Lente Divergente ( $f < 0$ )

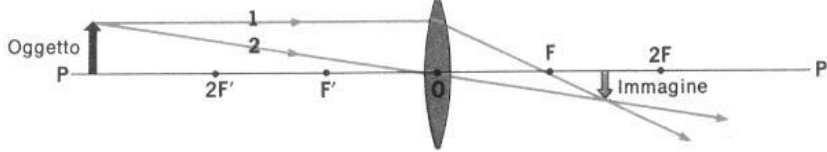
Qualsiasi	$ q  < p$ $ q  < f$	$0 < G < 1$	Virtuale, diritta, rimpicciolita
-----------	---------------------	-------------	----------------------------------

# Immagini formate dalle Lenti Convergenti

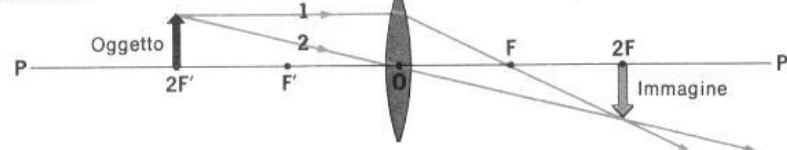
(A) Caso 1.



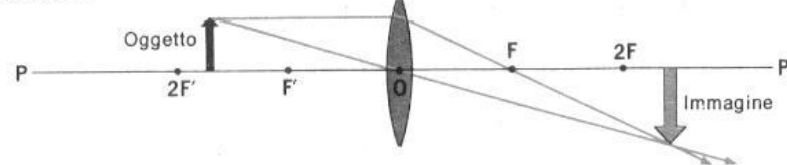
(B) Caso 2.



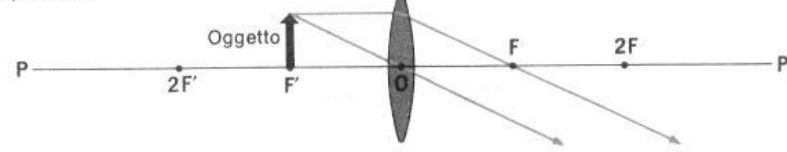
(C) Caso 3.



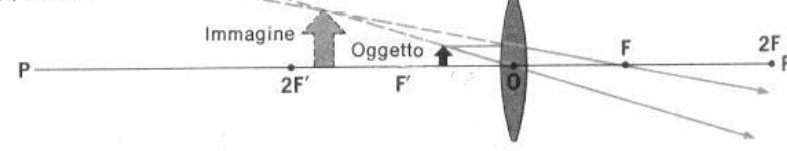
(D) Caso 4.



(E) Caso 5.



(F) Caso 6.



Posizione oggetto	Posizione immagine	Tipo di immagine	Applicazioni
<i>A distanza infinita</i>	<i>Sul fuoco reale</i>	<i>Un punto</i>	<i>Determinazione della distanza focale di una lente</i>
$> 2 F$	$F > Imm > 2 F$	- Reale - Capovolta - Ridotta	- Occhio, Macchina fotografica
$= 2 F$	$= 2 F$	- reale - capovolta - uguale	cannocchiale terrestre
$2 F > Ogg > F$	$> 2 F$	- Reale - Capovolta - ingrandita	Microscopio composto - Proiettore
$= F$		Non si crea	- Fari - Riflettori
$F > Ogg > O$	$2 F > Imm > F$	- Virtuale - diritta - ingrandita	Lente d'ingrandimento

# La rifrazione della luce – Le lenti sottili

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

**ESEMPIO 2** Se la penna è posta a 12 cm dalla lente divergente, che ha una distanza focale di – 8,0 cm, la posizione dell'immagine si trova con l'equazione:

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-8,0}$$

che risolta dà il valore

$$q = -4,8 \text{ cm}$$

• **Ingrandimento lineare  $G$**  della lente:

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

**$G$**  può essere **negativo** (per una lente divergente si ha sempre  $q < 0$ ) **Per le altezze** dell'immagine  **$h_i$**  e dell'oggetto  **$h_o$**  si ha:

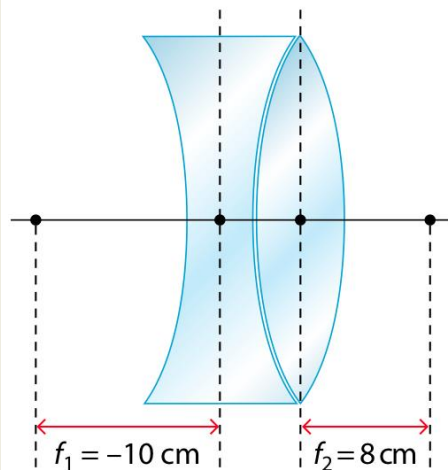
$$h_i = |G| \cdot h_o$$



# Lezione 6 - Le lenti

- **Potere diottrico  $d$ :** reciproco della distanza focale  $f$ :  $d = \frac{1}{f}$
- $f$  è espressa in m; in unità SI  $d$  è espresso in  $\text{m}^{-1}$  (diottrie)

Due lenti sottili affiancate.



Una lente con una lunghezza focale di 20 cm (0,2 m) ha un potere diottrico di 5 diottrie, se è convergente, o di -5 diottrie, se è divergente

Il potere diottrico di un sistema di **due lenti sottili affiancate** è la **somma** dei singoli poteri diottrici

$$d = d_1 + d_2 \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$