

CORSO DI FISICA 2

ONDE ELETTROMAGNETICHE - OTTICA

LEZIONE 35

OTTICA GEOMETRICA

L'**Ottica Geometrica** è la più antica branca dell'**ottica**: essa studia i fenomeni ottici assumendo che la luce si propaghi mediante raggi rettilinei.

Dal punto di vista dell'**ottica** ondulatoria essa è valida quando la luce interagisce solo con oggetti di dimensioni molto più grandi della sua lunghezza d'onda.

In questa condizione, gli unici fenomeni rilevanti sono la propagazione rettilinea, la riflessione e la rifrazione ed è possibile dare una spiegazione approssimata, ma sufficiente in molti casi, del funzionamento di specchi, prismi, lenti e dei sistemi ottici costruiti con essi.

OTTICA GEOMETRICA

Chiameremo lente un qualsiasi corpo trasparente limitato da due superfici curve o da una superficie piana e una curva, in grado di modificare la traiettoria di un raggio luminoso che l'attraversi.

Secondo la curvatura delle facce, le lenti possono essere: sferiche, cilindriche, paraboliche.

Le **lenti** si considerano **spesse** se lo spessore è paragonabile al raggio di curvatura

Le **lenti** si considerano **sottili** se lo spessore è molto piccolo rispetto al raggio di curvatura

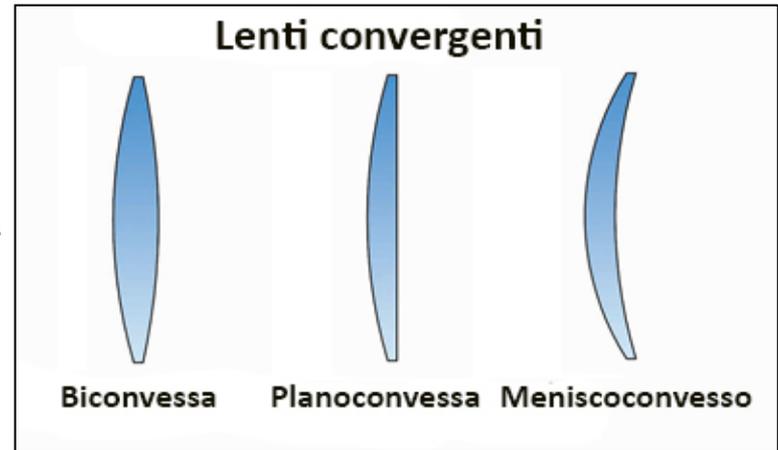
In questa lezione ci limitiamo al caso particolare delle lenti molto sottili.

OTTICA GEOMETRICA

LE LENTI SOTTILI POSSONO ESSERE:

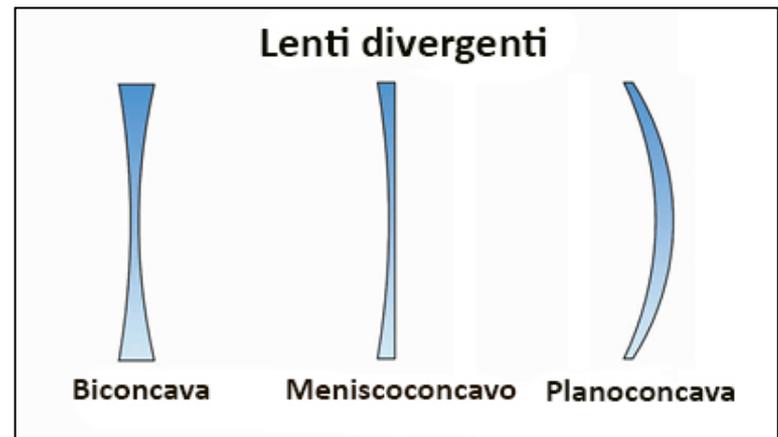
CONVERGENTI

Biconvessa, plano-convessa,
menisco-convessa



DIVERGENTI

Biconcava, plano-concava,
menisco-concavo

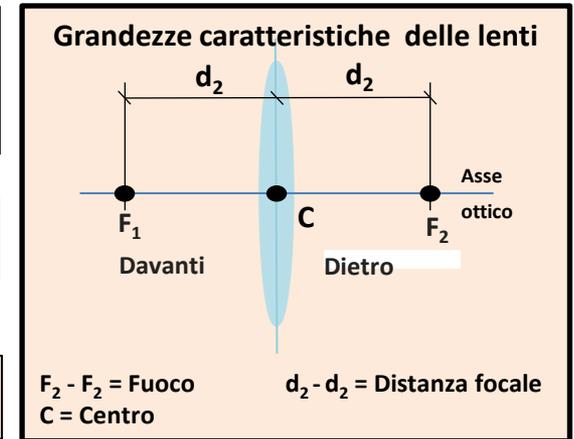


OTTICA GEOMETRICA

La lente convergente è più grossa al centro che ai bordi.

La lente divergente è più grossa agli orli che ai bordi

CARATTERISTICHE



Centro di curvatura

È il centro geometrico della curvatura se la lente è sferica coincide con il centro della sfera

Asse ottico

È la linea lungo la quale esiste una simmetria di rotazione e passa attraverso il loro centro di curvatura della lente

Fuoco

è il punto dell'asse principale nel quale convergono tutti i raggi monocromatici paralleli al medesimo asse.

Distanza focale

Distanza del fuoco dal centro della lente.

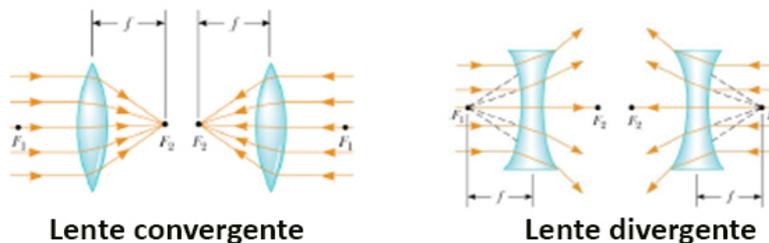
OTTICA GEOMETRICA

COSTRUZIONE GRAFICA DELLE IMMAGINI

Per costruire graficamente l'immagine di un punto si utilizzano due raggi particolari dei quali è facile prevedere il cammino dopo la rifrazione:

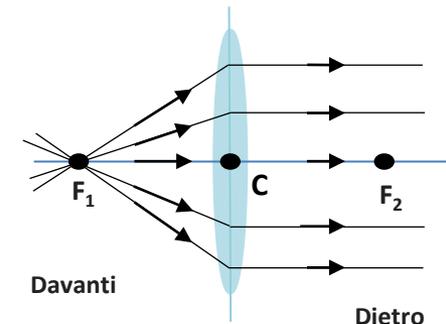
1. il raggio parallelo all'asse ottico: in seguito alla rifrazione passa per il fuoco della lente;
2. il raggio che attraversa la lente passando per il suo centro (non subisce rifrazione) si propaga senza essere deviato.

Formazione dell'immagine da parte di una lente convessa in dipendenza della distanza dell'oggetto dalla lente



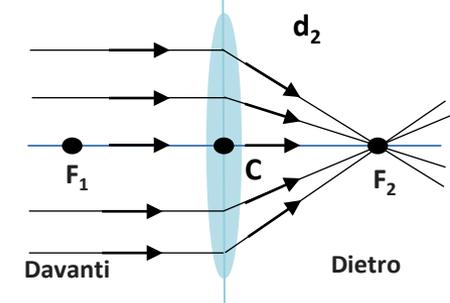
F_1 =Punto focale dell'oggetto
 F_2 =Punto focale dell'immagine
 f =Lunghezza focale
 n =Indice di rifrazione della lente rispetto all'aria

Grandezze caratteristiche delle lenti



I raggi provenienti dal fuoco si propagano parallelamente all'asse ottico

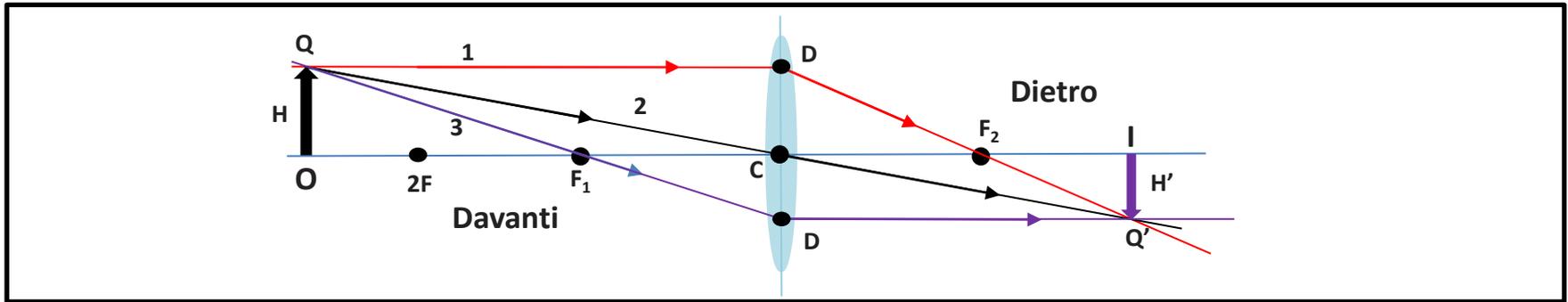
Grandezze caratteristiche delle lenti



I raggi provenienti parallelamente all'asse ottico convergono sul fuoco della lente

OTTICA GEOMETRICA

Vediamo con un esempio come si costruisce l'immagine, di un oggetto esteso, che si forma con le lenti sottili, mediante una costruzione grafica.



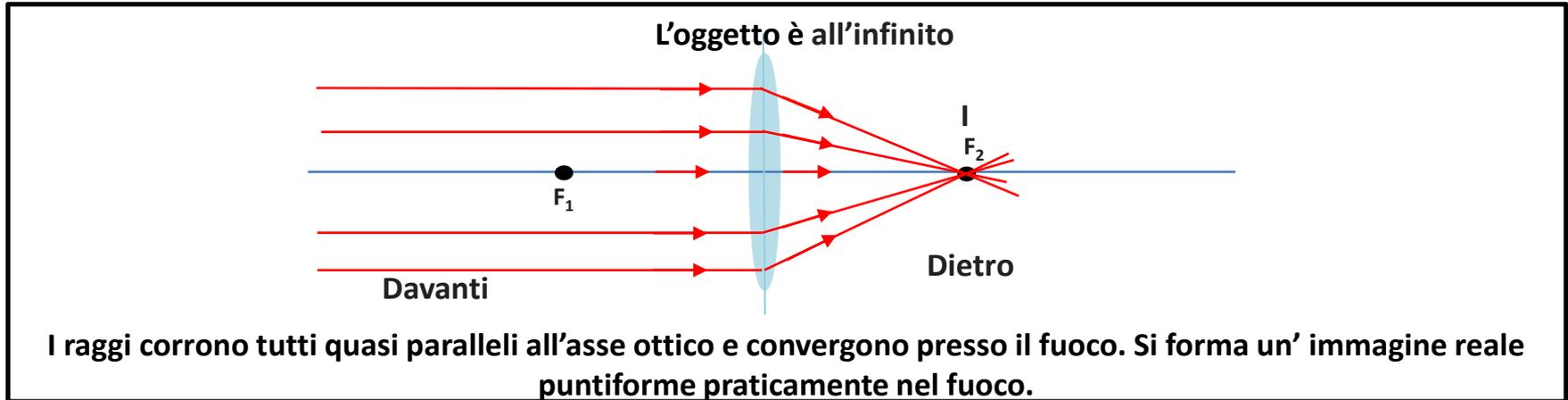
1. Il raggio principale che parte da Q e passa per il centro C non è deviato dalla lente; infatti, poiché la lente è sottile e le sue superfici in questo punto sono parallele, questo raggio vede la lente come una sottile lamina a facce piane e parallele;
2. Il raggio QD parallelo all'asse ottico si comporta come un raggio proveniente da un oggetto distante posto sull'asse ottico ed è quindi rifratto verso il fuoco immagine F_2 della lente;
3. Il raggio QF_1 che parte da Q e passa per il fuoco oggetto F_1 della lente (e potrebbe quindi essere partito da F_1) è rifratto dalla lente in direzione parallela all'asse ottico.

Q' intersezione delle tre rette è il punto dove si forma l'immagine di Q . Considerando che l'oggetto è verticale e sull'asse ottico (il raggio che parte da O non subisce rifrazione e continua fino al punto I passando per il fuoco F_2). I è punto dove si forma l'immagine di O

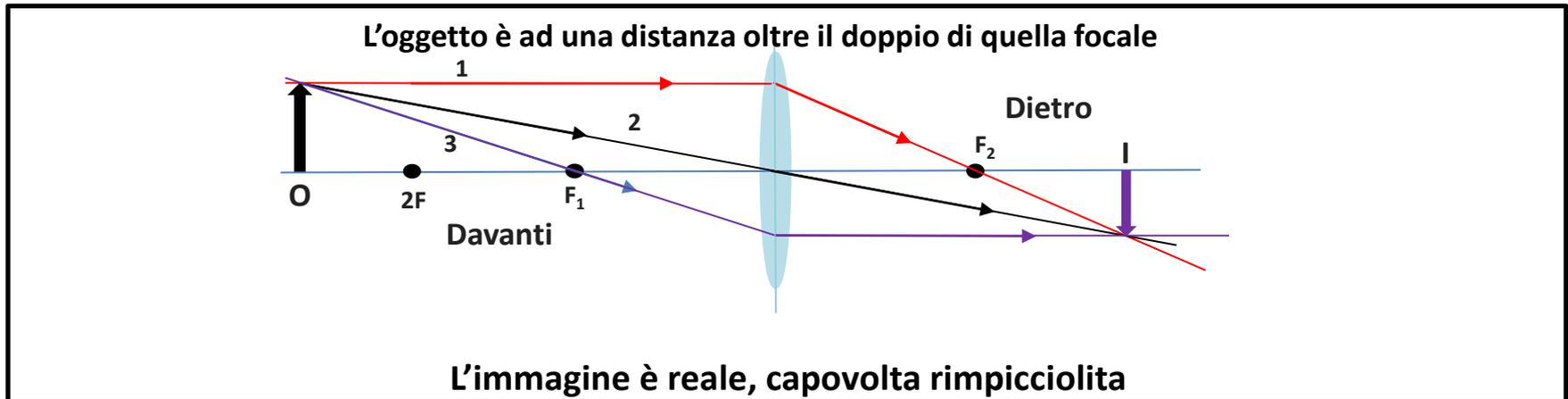
Si definisce rapporto di ingrandimento
 $R = H_1/H$

OTTICA GEOMETRICA

COSTRUZIONE DELL'IMMAGINE: LENTE SOTTILE CONVERGENTE



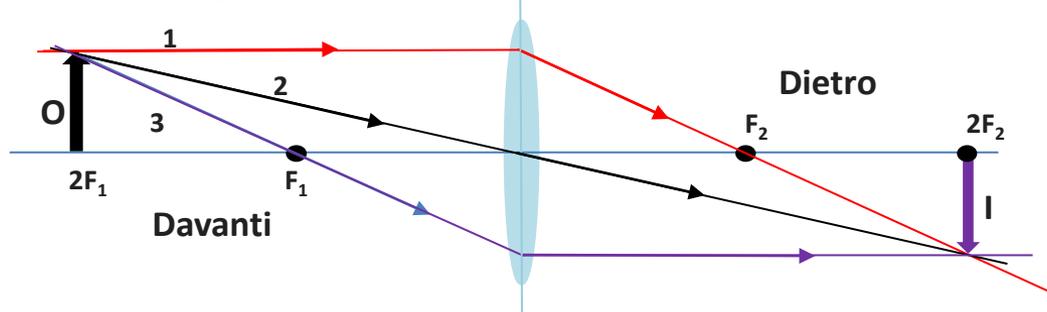
Avvicinando l'oggetto (sempre a distanza maggiore di $2F$), l'immagine si allontana da F rimanendo fra F e $2F$ e si ingrandisce



OTTICA GEOMETRICA

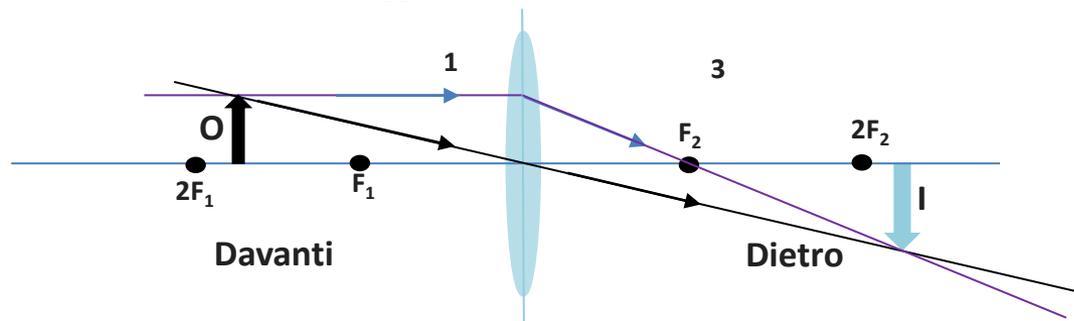
COSTRUZIONE DELL'IMMAGINE: LENTE SOTTILE CONVERGENTE

L'oggetto è ad una distanza doppia di quella focale



L'immagine è reale, capovolta e uguale posta in $2F_2$

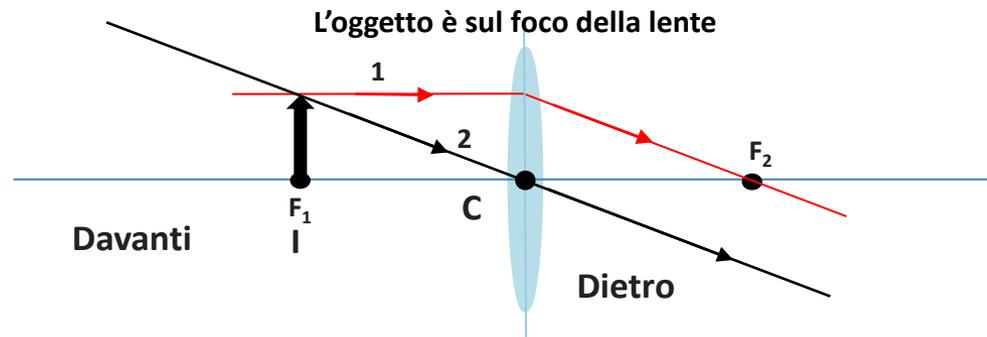
L'oggetto è tra $2F$ e F della lente



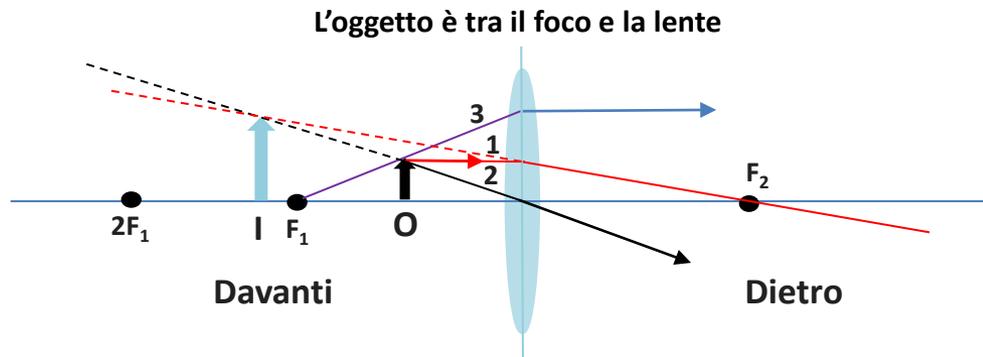
L'immagine si forma oltre $2F$ reale, rovesciata e ingrandita ad una distanza maggiore del doppio di quella focale

OTTICA GEOMETRICA

COSTRUZIONE DELL'IMMAGINE: LENTE SOTTILE CONVERGENTE



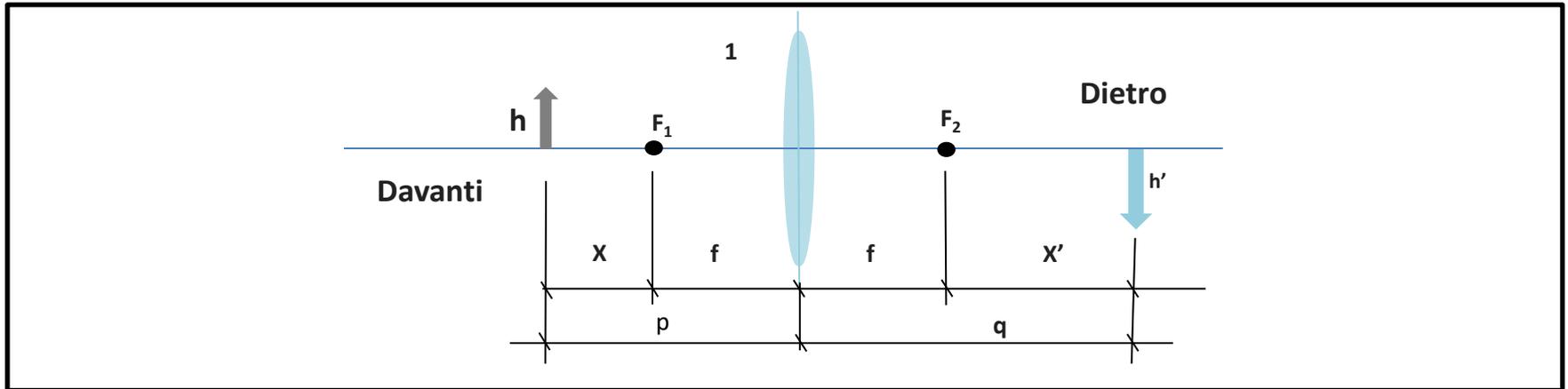
L'immagine si forma all'infinito. Non si forma nessuna immagine e tutti i raggi dopo la rifrazione procedono parallelamente.



L'immagine è diritta, virtuale e ingrandita. Tale immagine non esiste fisicamente, e pertanto viene definita come immagine virtuale. Si tratta di una illusione ottica che un osservatore percepisce come reale in quanto i raggi gli sembrano provenire da punti ben definiti

OTTICA GEOMETRICA

LENTE SOTTILE CONVERGENTE RELAZIONI TRA LE GRANDEZZE



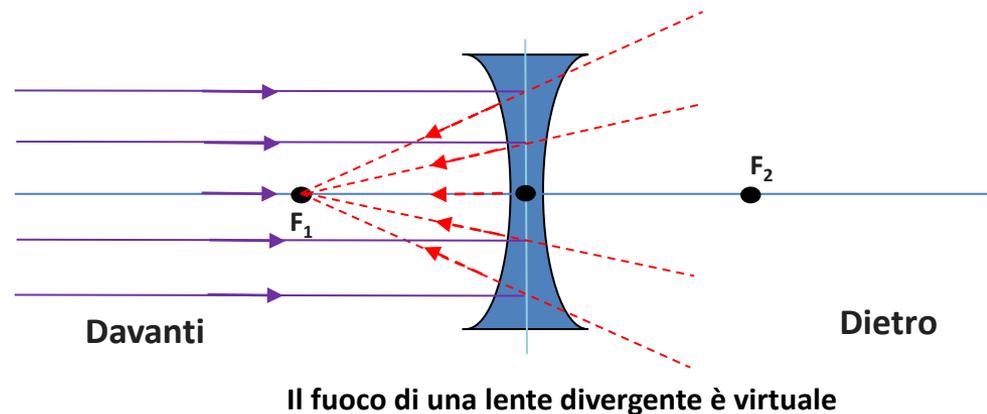
Se un oggetto è posto ad una distanza p dal piano della lente, e l'immagine che si forma a una distanza q dal medesimo piano (come in figura). La *legge delle lenti sottili* mette in relazione le grandezze p , q , f , se lo spessore della lente è piccolo infatti, vale la seguente relazione:

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

L'immagine dell'oggetto subirà un ingrandimento pari a $M = h'/h$ (rapporto tra le altezze)

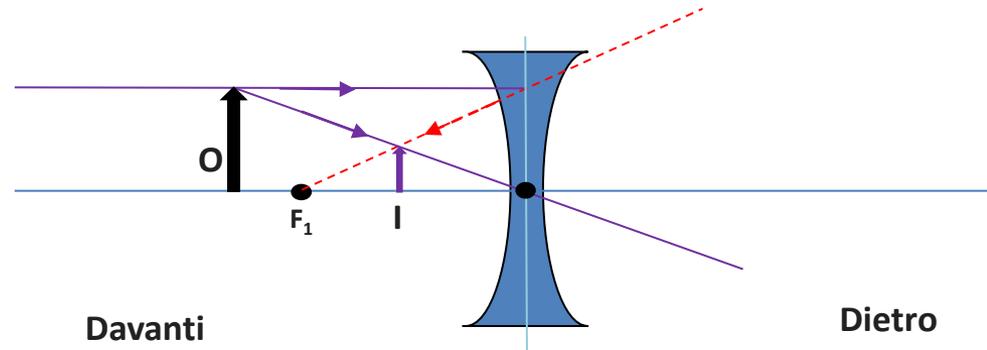
OTTICA: LENTE SOTTILE DIVERGENTE

La principale differenza di una lente divergente rispetto ad una convergente è costituita dal fatto che un fascio di raggi paralleli all'asse principale della lente, essi verranno rifratti in modo da divergere e solo i prolungamenti dei raggi rifratti concorreranno in un punto (fuoco)



La formazione delle immagini mediante le lenti divergenti si ottiene nello stesso modo delle lenti convergenti.

OTTICA: LENTE SOTTILE DIVERGENTE



Per quanto osservato avremo che qualunque sia la posizione dell'oggetto rispetto alla lente, la sua immagine è sempre virtuale, diritta e rimpicciolita, posta dalla stessa parte dell'oggetto.

Anche per le lenti divergenti valgono le formule dei punti coniugati prima ricavate: si ottengono in modo analogo purché si consideri negativa la distanza focale f della lente.

- $1/f$ = potere convergente o potenza di una lente
- se f è misurata in metri, $1/f$ viene misurata in diottrie