

© **Fun Science Gallery** <http://www.funsci.com/>  
[giocar2@funsci.com](mailto:giocar2@funsci.com)

**Presto o tardi questo sito non sarà piú accessibile.  
Il suo contenuto é disponibile al nuovo indirizzo [www.funsci.it](http://www.funsci.it) dove  
continuerà la sua attività.**

## DALLE LENTI AGLI STRUMENTI OTTICI

Giorgio Carboni, Febbraio 1996



---

### I N D I C E

[Introduzione](#)  
[La lente che produce immagini](#)  
[Ingrandimento della lente che produce immagini](#)  
[Determinazione della focale](#)  
[Focale e diottrie](#)  
[La lente di ingrandimento](#)  
[Gli strumenti ottici](#)  
[Le lenti spesse](#)  
[Conclusioni](#)

---

### INTRODUZIONE

Raramente si prende in considerazione il ruolo svolto dagli strumenti ottici nell'avvento dell'età contemporanea. Eppure il telescopio è stato determinante nell'affermazione della concezione copernicana dell'universo, sostenuta da Galileo. Senza le evidenze portate da questo strumento con le osservazioni dei corpi celesti, il conflitto fra le concezioni geocentrica e quella eliocentrica avrebbe potuto trascinarsi all'infinito. Anche il microscopio ha svolto un'analogica funzione rivoluzionaria per la biologia e la medicina, alle quali ha aperto immensi orizzonti. Prima della comparsa della macchina fotografica, le descrizioni del mondo erano prodotte solo da artisti. Si trattava di rappresentazioni pregevoli, nelle quali tuttavia la soggettività dell'artista alterava la realtà. La macchina fotografica ha introdotto un modo molto più crudo di osservare il mondo, ma assai più oggettivo.

Già da queste brevi considerazioni si può intuire quanto grande sia stato il ruolo svolto dagli strumenti ottici nel costituirsi del mondo che conosciamo. Questi strumenti sono perfettamente adatti al modo moderno e disincantato di osservare la realtà, ma come funzionano? Oggi ci troviamo in continuo contatto con strumenti ottici e con i loro prodotti. Capire le proprietà delle lenti è fondamentale per familiarizzare con questi apparecchi, per usarli dunque con più disinvoltura, per saper utilizzare le lenti in modo creativo, progettando strumenti originali. Ciò è

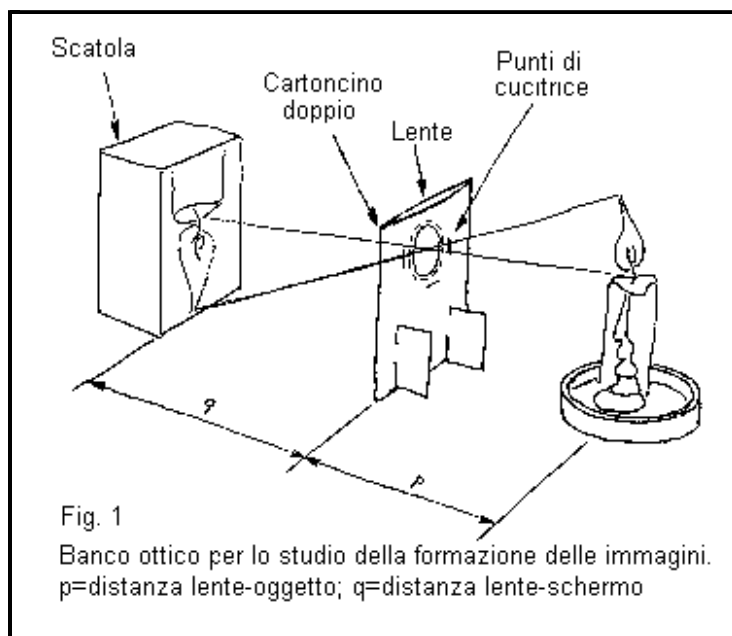
appunto quanto ci apprestiamo a fare con le prossime puntate e per questo è necessario possedere alcuni concetti fondamentali di ottica.

Non è facile comprendere il funzionamento di una lente attraverso le complicate descrizioni teoriche di un testo di fisica. Con alcune semplici esperimenti è invece possibile superare molti ostacoli astratti. A questo punto, il ritorno al testo di fisica si rivelerà molto più semplice e produttivo.

Vi sono due tipi fondamentali di lenti, quelle convergenti e quelle divergenti. Le lenti convergenti sono in grado di far convergere la luce del Sole fino a formare un dischetto luminosissimo che è l'immagine della nostra stella, mentre quelle divergenti fanno divergere il fascio luminoso proveniente dal Sole e quindi la sua immagine non si forma. Qui ci occuperemo solo di quelle convergenti, più importanti. I primi esperimenti che compiremo questa volta sono intesi a far conoscere le proprietà fondamentali delle lenti convergenti. L'ultimo esperimento, per mezzo dell'uso combinato di due lenti, mostrerà il funzionamento di alcuni importanti strumenti ottici quali il cannocchiale e il microscopio composto.

Una lente convergente può quindi essere utilizzata in due modi principali: come **lente che produce immagini** e come **lente di ingrandimento**.

## LALENTE CHE PRODUCE IMMAGINI △



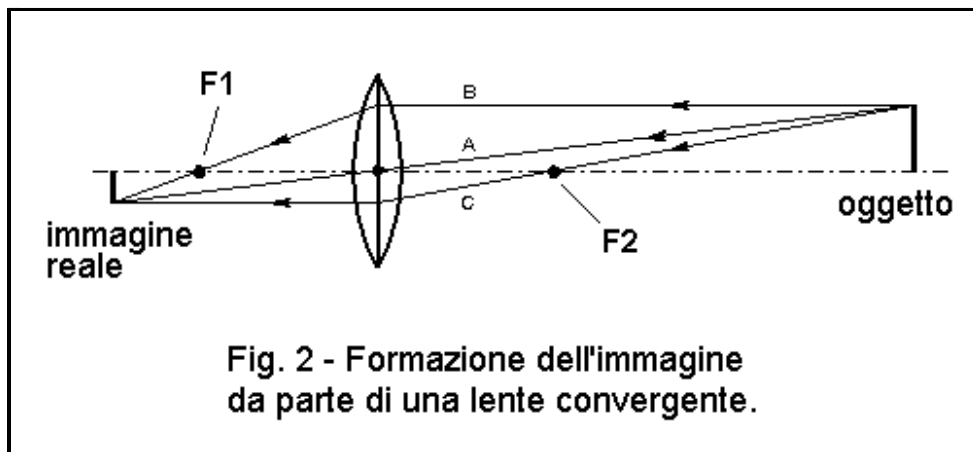
Materiale: una lente convergente di focale compresa fra 100 e 300 mm, una candela, una scatola bianca, un metro. Acquistate la lente presso un negozio di ottica o di fotografia.

Sgomberate il tavolo e allestite un "banco ottico" come quello mostrato in figura 1. Le distanze  $p$  e  $q$  devono essere maggiori della focale della lente. Accendete la candela e spegnete la luce della stanza. Variate le distanze  $p$  oppure  $q$ , finché l'immagine della candela non comparirà nitida sulla scatola che userete come schermo. Fate numerose prove, variando le distanze. Provate anche a scambiare le distanze  $p$  e  $q$ .

Come si forma l'immagine? Per spiegare questo fenomeno ci si basa comunemente su due fondamentali proprietà delle lenti di:

- deviare un raggio di luce parallelo al proprio asse ottico facendolo passare per il fuoco;
- lasciare inalterato il cammino dei raggi che passano per il centro ottico.

In riferimento alla figura 2, prendete in esame un punto oggetto qualsiasi (per comodità

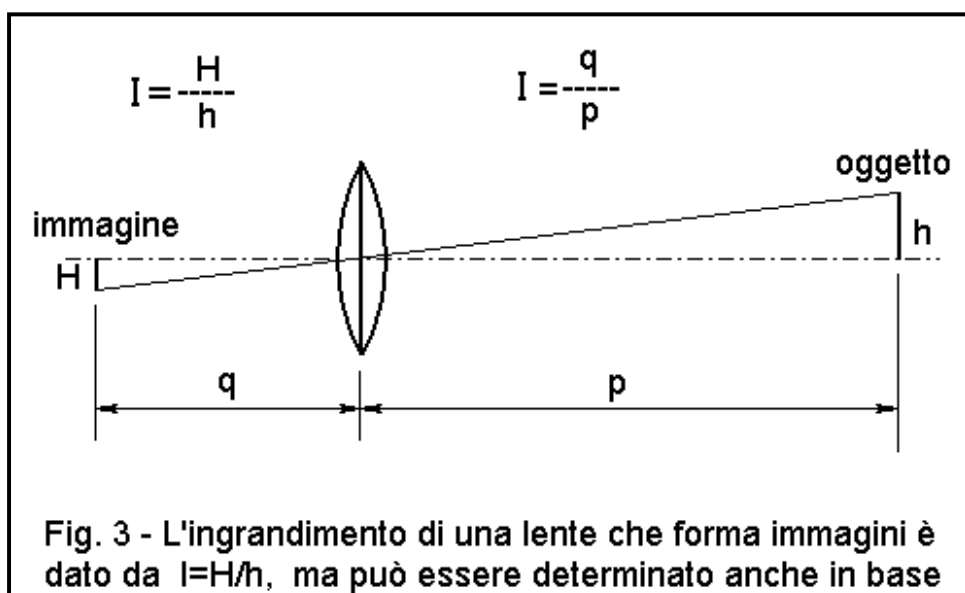


quello estremo). Fra tutti i raggi di luce che partono da questo punto, ve ne sono tre di cui è particolarmente semplice seguire il percorso. Il raggio A che passa per il centro della lente e che non viene deviato; il raggio B che giunge alla lente parallelo all'asse ottico e che passa poi per F1; il raggio C che in modo simile passa per F2 ed esce dalla lente parallelo all'asse. Questi tre raggi di luce si incontrano formando un punto-immagine.

Operando nello stesso modo per gli altri punti-oggetto, si ottiene l'immagine intera. Per tracciare questi schemi bastano anche solo 2 di questi raggi. Vi sono anche altri raggi di luce, non paralleli e non passanti per i fuochi, che contribuiscono alla formazione dell'immagine. Anche per questi sarebbe possibile calcolare la traiettoria, ma per la descrizione del funzionamento di una lente bastano quelli che abbiamo preso.

Nel corso dell'esperimento, avete notato che l'immagine formata è capovolta. Questo si spiega facilmente seguendo il percorso dei raggi A. Infatti un raggio di luce che parte da una posizione alta dell'oggetto, dopo essere passato per il centro della lente, si dirigerà verso una posizione bassa sul lato immagine.

## INGRANDIMENTO DELLALENTE CHE PRODUCE IMMAGINI ▲



Compiendo prove come quelle descritte al paragrafo precedente, misurate l'altezza dell'oggetto e dell'immagine (fig. 3). Dal momento che la fiamma della candela non ha dimensioni fisse, sostituite la candela con un oggetto bene illuminato da una lampada come

alle distanze  $p$  e  $q$  secondo la relazione  $I=q/p$ .

indicato in figura 5. Se necessario, mascherate la luce parassita, quella che non passa per la lente, in modo da ottenere un'immagine più contrastata e meglio visibile.

La dimensione dell'immagine non è fissa, infatti avvicinando la lente all'oggetto, l'immagine si allontana e diventa più grande (quindi dovrete allontanare lo schermo). L'ingrandimento è dato da  $I= H/h$ , dove  $H$  è l'altezza dell'immagine e  $h$  quella dell'oggetto.

Misurare tali dimensioni non è sempre possibile. Per esempio non si può aprire una macchina fotografica con la pellicola per misurarne l'immagine. Non si possono neppure misurare facilmente oggetti molto lontani oppure troppo piccoli. In tali casi l'ingrandimento può essere determinato per mezzo delle distanze  $p$  e  $q$ . Infatti il raggio luminoso che passa per il centro della lente, e che non viene deviato (fig. 3), individua 2 triangoli simili che hanno vertice comune al centro della lente. In virtù dei triangoli simili  $H/h = q/p$ , e, dal momento che  $I = H/h$ , avremo anche che  $I = q/p$ . Verificate sperimentalmente questa relazione.

Continuando ad avvicinare la lente all'oggetto illuminato, arriverete ad un punto in cui l'immagine sarà molto lontana. Se la distanza lente-oggetto è pari alla focale, l'immagine sarà prodotta all'infinito. Al contrario un oggetto posto all'infinito formerà la propria immagine alla distanza focale. Ancora, una lente posta a  $2F$  dall'oggetto, forma l'immagine alla distanza  $2F$ . In questo caso il rapporto di ingrandimento è pari a 1.

## DETERMINAZIONE DELLA FOCALE △

Che cos'è la focale? Questo termine deriva dalla proprietà delle lenti forti di concentrare a tal punto la luce del Sole da incendiare oggetti combustibili. La distanza a cui devono essere tenuti tali oggetti è stata chiamata distanza focale. In ottica si è più precisi e si definisce focale la distanza dalla lente alla quale un raggio, in origine parallelo all'asse ottico, interseca l'asse dopo essere stato deviato dalla lente.

Per determinare la focale di una lente convergente utilizzate ancora il vostro speciale banco ottico. Disponete l'oggetto illuminato e la lente in modo da ottenere un'immagine nitida sullo schermo. Misurate con il metro le distanze  $p$  e  $q$ . La focale della lente è data da:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad \text{che in forma esplicita diventa:} \quad F = \frac{p \times q}{p + q}$$

Per ottenere una migliore approssimazione, effettuate più rilevazioni in modo da calcolare il valore medio di  $F$ .

## FOCALE E DIOTTRIE △

Esiste un altro modo di esprimere la focale di una lente. Nei campi della produzione e del commercio degli occhiali, al posto di focale si preferisce parlare di potenza delle lenti, espressa in diottrie. Quindi, se dovrete acquistare delle lenti da occhiali, vi sarà necessario conoscere la loro potenza. Focale e potenza di una lente sono legate tra loro e potete passare facilmente dall'una all'altra per mezzo di questa semplice formula:

$$D = 1/F$$

dove:

D = diottrie

F = focale della lente (espressa in metri)

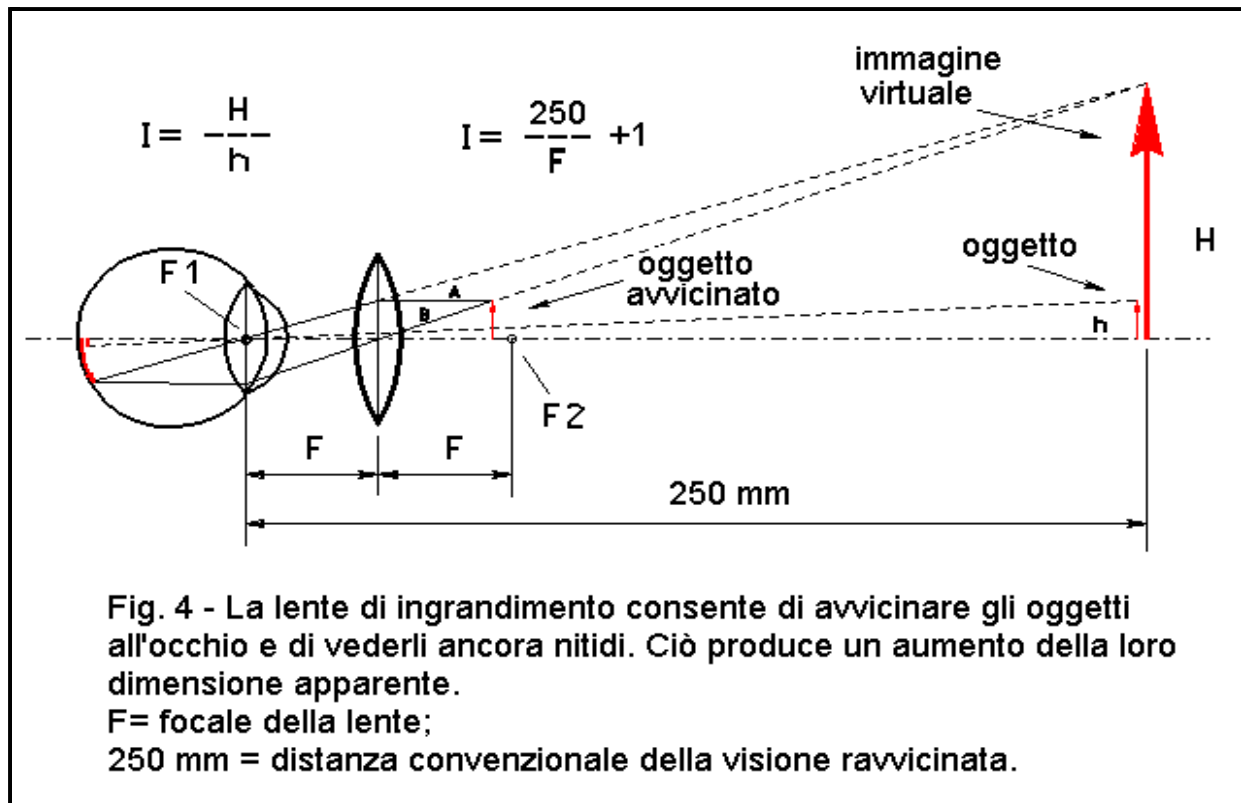
Inoltre, alla potenza delle lenti convergenti si assegna il segno "+", a quelle divergenti il segno "-".

Facciamo un paio di esempi:

- una lente convergente della focale di mezzo metro ha una potenza di +2 diottrie. Infatti:  $D = 1/0,5 = +2$

- una lente divergente della focale di 4 metri ha una potenza di -0,25 diottrie. Infatti:  $D = 1/4 = -0,25$

## LALENTE DI INGRANDIMENTO



Materiale: una lente convergente della focale compresa fra 20 e 60 mm. Acquistatela presso un negozio di ottica o di fotografia. Potete ricavarla anche da un visore per diapositive.

1) osservate ad occhio nudo un oggetto posto a 25 cm di distanza;

2) osservate lo stesso oggetto con la lente e confrontate le due immagini. La lente va tenuta molto vicina all'occhio. Se la lente è piano-convessa, mantenete la superficie piana rivolta verso l'occhio. Avvicinate l'oggetto finché non diventa nitido.

Questo esperimento è molto semplice. Ma come fa la lente a ingrandire l'oggetto?

La distanza minima per l'osservazione ravvicinata di oggetti ad occhio nudo è considerata di 250 mm. Un adulto normale fa fatica a vedere in modo nitido oggetti più vicini di 250 mm. La lente ci permette di avvicinare l'oggetto ben al di sotto di tale distanza e di vederlo ancora nitido. A causa di questo avvicinamento lo vedremo più grande (fig. 4). L'occhio umano è capace di funzionare con luce parallela (oggetti lontani) o di limitata divergenza (oggetti vicini). La lente convergente riduce la divergenza dei raggi luminosi che ci arrivano da un oggetto molto vicino, e ci permette di vederlo ancora nitido.

L'oggetto da osservare va posto fra il fuoco anteriore F2 e la lente (fig. 4). Per comodità consideriamo che il centro ottico dell'occhio coincida con il fuoco posteriore F1 della lente (la distanza dell'occhio dalla lente è abbastanza indifferente. Nella realtà manterremo l'occhio vicino alla lente). Consideriamo un punto-oggetto, fra tutti i raggi di luce che partono da questo, prendiamo per comodità quello A, parallelo all'asse ottico, che viene deviato dalla lente, passa per il fuoco posteriore F1 e finisce sulla retina. Prendiamo anche il raggio B che passa per il

centro della lente, non viene deviato, viene intercettato dall'occhio e interseca il raggio A sulla retina formando un punto-immagine. L'immagine prodotta sulla retina viene vista nello spazio (per convenzione si considera posta a 250 mm di distanza), ma non è un'immagine reale nel senso che possa impressionare una pellicola. Essa viene perciò definita virtuale.

Questa immagine viene percepita dritta, nonostante che nell'occhio essa risulti capovolta. Anche quando non usiamo lenti l'immagine del mondo si forma capovolta sulla retina. E' il cervello che ce la fa vedere dritta.

In origine i due raggi A e B hanno una elevata divergenza, al di qua della lente la loro divergenza è limitata. Se l'oggetto fosse posto in F2, la lente renderebbe paralleli i raggi A e B e l'occhio, per vedere l'immagine nitida, si accomoderebbe all'infinito. In sintesi, come dicevamo, la lente di ingrandimento riduce la divergenza della luce proveniente da un oggetto molto vicino, consente di osservarlo nitidamente anche al di sotto dei 250 mm e di vederlo quindi più grande.

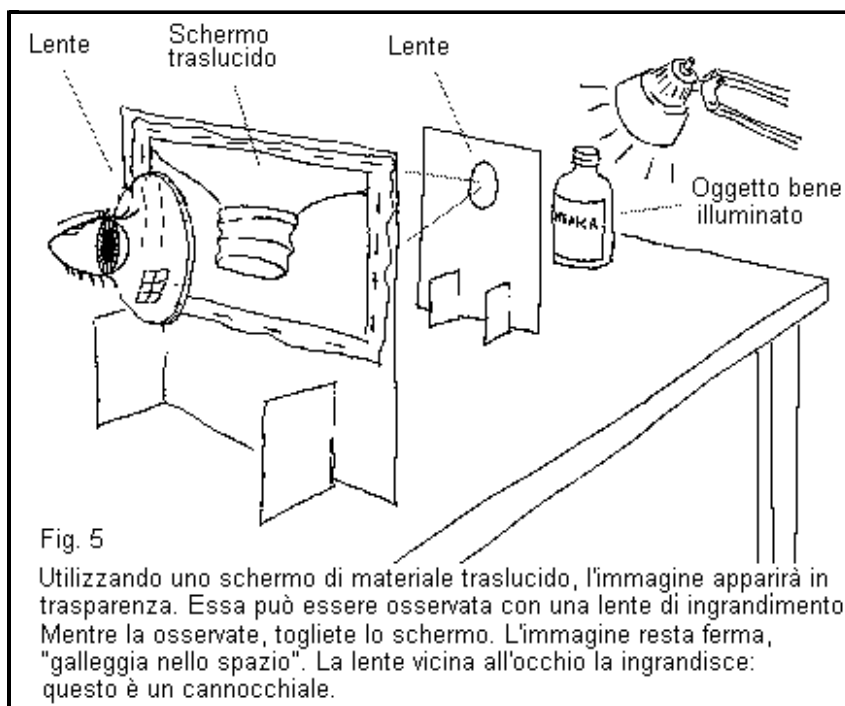
Notate bene come la stessa lente convergente possa essere usata tanto come **lente di ingrandimento** quanto come **generatrice di immagini**. Osservate come la lente che produce immagini le capovolga, mentre la lente di ingrandimento le mantiene diritte.

In questo caso l'ingrandimento della lente si determina con la seguente relazione  $I = 250/F$ , dove F è la focale della lente (mm) e 250 è la distanza standard di osservazione degli oggetti vicini o di lettura. Per es. una lente di 50 mm di focale ingrandirà 5 volte. Questo è valido per l'occhio accomodato all'infinito, se invece è accomodato per la visione ravvicinata la relazione diventa  $I = (250/F) + 1$ ; quindi, per la lente di 50 mm di focale, anziché 5 ingrandimenti ne avremo 6.

Nella sezione precedente, nella quale abbiamo parlato di un piccolo microscopio a sfera di vetro, avete potuto verificare fino a che punto una lente possa ingrandire. Con piccole lenti sferiche si possono raggiungere anche 300 ingrandimenti. Bisogna però dire che si tratta di una situazione portata al limite: comunemente le lenti di ingrandimento non superano i 20 X.

## GLI STRUMENTI OTTICI

Adesso siete finalmente pronti per l'esperimento conclusivo, quello che dovrebbe portarvi alla comprensione del funzionamento di alcuni fra i principali strumenti ottici. Tornate ancora al banco ottico. Questa volta però sostituite la scatola con uno schermo traslucido realizzato con un telaio di cartoncino sul quale avrete fissato un ritaglio di plastica bianca di una sportina della spesa (fig. 5). Mettete a fuoco l'immagine sullo schermo. Ora potete osservare l'immagine che traspare da dietro.

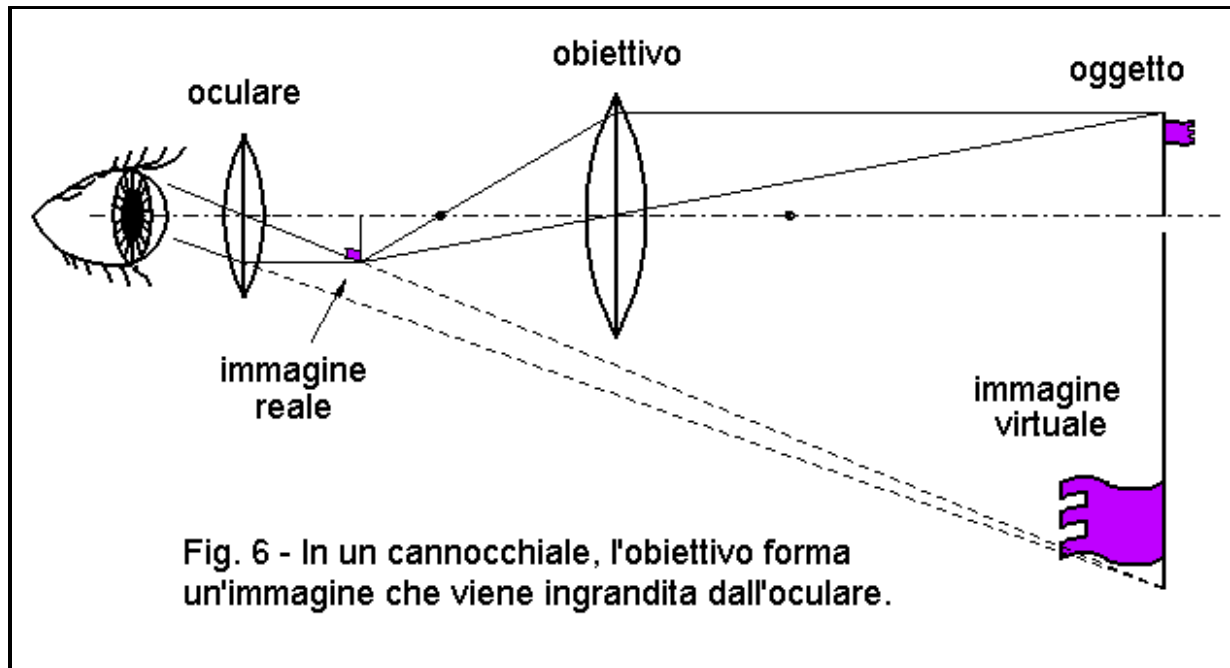


Potete anche ingrandirla con una lente di ingrandimento. Prendete dunque la lente che avete impiegato nell'esperimento precedente ed osservate l'immagine dietro lo schermo traslucido. Come potete constatare l'immagine risulta ingrandita. Fin qui niente di strano. Mentre continuate a guardare l'immagine capovolta, provate a spostare un poco lo schermo. L'immagine resta ferma. Ohibò! Ma allora...

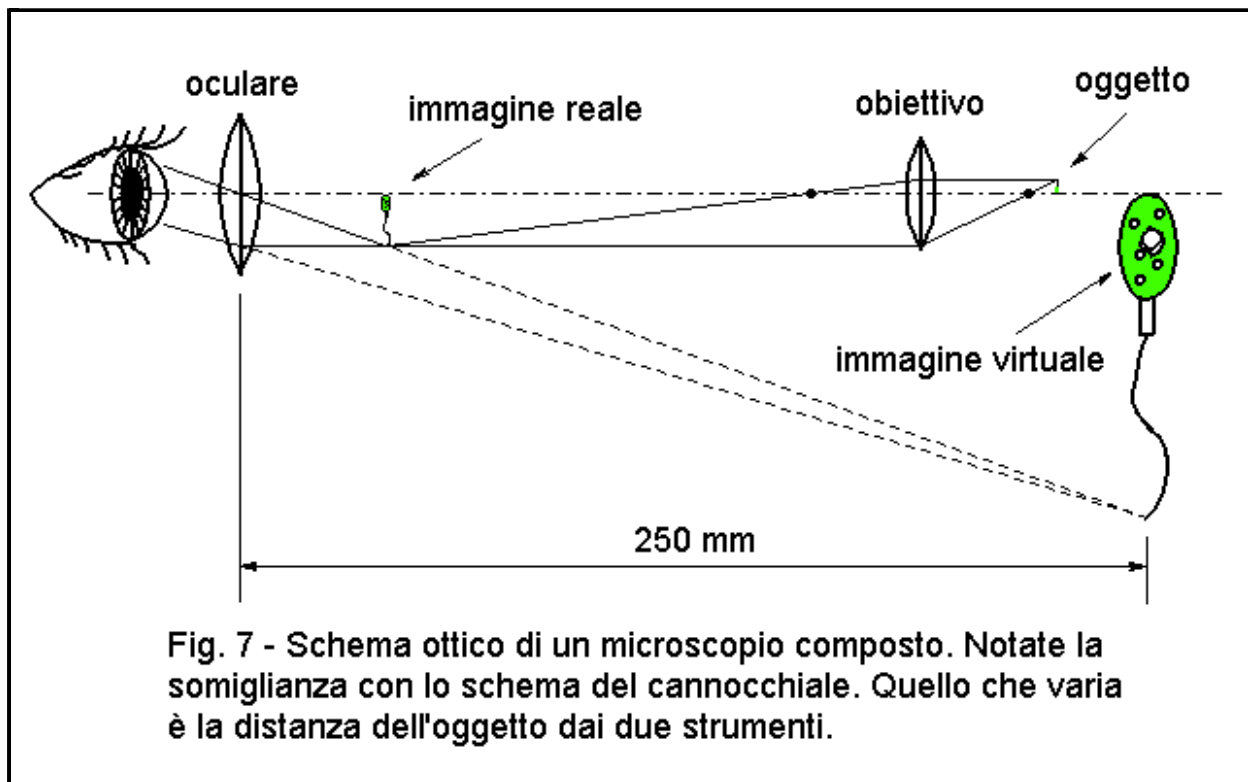
Togliete lo schermo. Miracolo! L'immagine è rimasta lì. E' nello spazio, che "galleggia". Allora lo schermo non serviva a niente! Proprio così. Non

solo, ma l'immagine è molto più nitida e luminosa, è anche a colori e in 3D.

Ecco, abbiamo costruito un cannocchiale! La lente rivolta verso l'oggetto è il nostro obiettivo, quella vicina all'occhio è l'oculare (fig. 6).



Andiamo ancora avanti. Avvicinando l'obiettivo all'oggetto, l'immagine si allontana e diventa più grande. Regolate le distanze  $p$  e  $q$  in modo che la dimensione dell'immagine diventi maggiore di quella dell'oggetto. Osservatela con la lente di ingrandimento: ottenete in questo modo un microscopio (fig. 7).

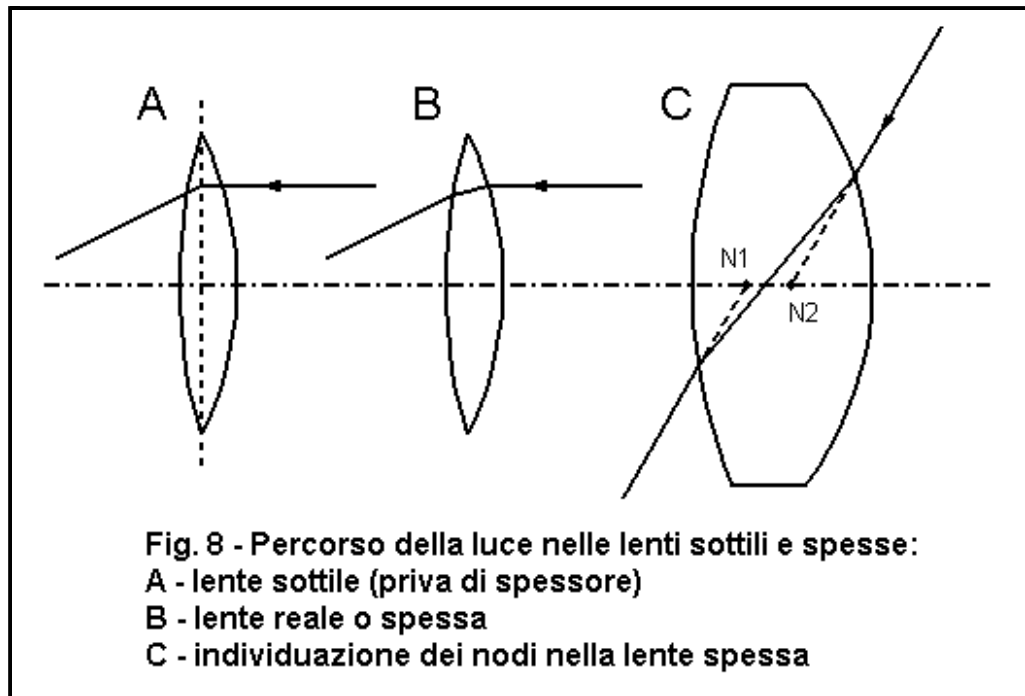


Allora cosa distingue un microscopio da un cannocchiale? La struttura ottica è la stessa, ma nel cannocchiale gli oggetti sono molto lontani, nel microscopio molto vicini. Normalmente i cannocchiali osservano oggetti posti tipicamente a centinaia di metri o a Km di distanza, i microscopi osservano oggetti posti a pochi mm dall'obiettivo.

## LE LENTI SPESSE △

Questo ultimo paragrafo ha lo scopo di introdurre il concetto di nodi e di dare un'idea del tipo di errori che si compiono applicando alle lenti reali, le formule per le lenti sottili. Le lenti sottili vengono considerate prive di spessore, quindi si considera che il percorso dei raggi devia in corrispondenza del piano a cui viene idealmente ridotta la lente (fig. 8/A). In realtà, il percorso di un raggio di luce è rettilineo all'interno di un mezzo omogeneo e deflette in corrispondenza del passaggio ad un altro mezzo con indice di rifrazione diverso. Quindi, un raggio di luce che colpisce una lente, devia al momento in cui penetra nel vetro e devia nuovamente quando riemerge (fig. 8/B).

Per arrivare al concetto di nodo, consideriamo quel raggio che, fra tutti quelli che colpiscono una lente reale (o spessa), riemerge mantenendo la stessa direzione che aveva prima di attraversarla. Come abbiamo detto, all'interno della lente, questo raggio segue una direzione differente, tale da collegare i punti di ingresso e di uscita dei raggi incidente ed emergente, che abbiamo detto essere paralleli (fig. 8/C). Il prolungamento ideale dei due raggi esterni fino alla loro intersezione con l'asse ottico, individua due punti che sono chiamati nodi. La distanza focale di una





lente va  
riferita al nodo  
più vicino.

Si capisce ora come applicare a lenti reali le formule per le lenti sottili introduca un errore riconducibile alla distanza fra i nodi. Tuttavia, per dimensionamenti di massima di strumenti ottici, questo errore è piccolo e lo si accetta in cambio di una maggiore semplicità dei calcoli. Nel caso in cui abbiate bisogno di una maggiore precisione, dovrete invece fare riferimento alle formule relative alle lenti spesse che si trovano sui testi di ottica.

## CONCLUSIONI

Le lenti convergenti possono **produrre un'immagine reale** di un oggetto, possono anche **ingrandire la dimensione apparente** di un oggetto o di una immagine. Il loro uso combinato ci permette di costruire strumenti ottici importanti quali microscopi e cannocchiali.

Spero che questi semplici esperimenti siano riusciti a introdurvi nel mondo dell'ottica. Adesso, ripassate le leggi fondamentali di questa materia. Vedrete che ora la comprensione del capitolo di ottica del testo di fisica vi sarà più facile. Queste conoscenze astratte completeranno quelle più pratiche che avete appreso con queste prove e si valorizzeranno l'una con l'altra.

Cosa ci vuole adesso per costruire un cannocchiale o un microscopio? Un po' di spirito dell'avventura. Se i primi saranno fatti con "lentacce", niente di male, anzi è un passo necessario per capire perché in questi strumenti si impiegano obiettivi formati da più lenti, ma questa è un'altra storia.

---

In una forma simile a questa, questo esperimento è stato oggetto di un articolo pubblicato sulla rivista "Scienza & Vita" nel febbraio 1994.

[Invia i tuoi commenti sull'articolo](#)

---

