

Lenti fatte in casa

1 -Argomento

Esperimenti usando lenti realizzate con materiali a costo nullo o basso o di riciclo.

- Cosa serve: acqua, bottiglie di plastica trasparente (es. quelle dell'acqua minerale o bibite), barattoli di vetro trasparente con diametri differenti, taglierini o forbici, sorgenti luminose (lampadine alimentate da pile, puntatore laser di basso costo) N.B. Coinvolgere gli studenti nel reperire i materiali e costruire le lenti, serve per motivarli e stimolare il loro interesse
- Quando svolgere gli esperimenti: come lavoro di laboratorio, compito a casa, attività di piccolo gruppo o individuale. È opportuno che una succinta relazione descriva il lavoro svolto; eventuali difficoltà incontrate e loro soluzione; ciò che è piaciuto e ciò che non è piaciuto; domande personali a cui si è avuto risposta; espansioni dell'argomento che si vorrebbero affrontare; legami con altri contenuti di fisica o altre discipline che sono venuti in mente o a cui si vorrebbe fosse data attenzione; ...

2 -Nodi concettuali affrontabili

- Cosa è una lente.
- Come si propaga la luce entro e fuori la lente.
- Rifrazione della luce, indice di rifrazione.
- Approssimazione di *lente sottile*.
- Elementi di ottica geometrica alla base del funzionamento delle lenti.
- Immagini reali e virtuali.
- Applicazioni principali delle lenti in scienza e tecnologia.

3 -Contenuti

Una lente¹ è uno strumento ottico, di uso familiare nella vita quotidiana (es. occhiali per correggere difetti di visione, lenti d'ingrandimento, di macchine fotografiche, microscopi, cannocchiali, ...). Una lente trasmette e rifrange la luce che proviene da un oggetto che la emana o diffonde; fa convergere o divergere i fasci di luce che provengono dall'oggetto ed arrivano sulla lente. Essa fatta di materiale trasparente (usualmente vetro o plastica) ed è limitata da due superfici (una sola può essere piana). Il fenomeno della rifrazione della luce avviene all'interfaccia tra il materiale di cui è formata la lente e quello che la circonda, usualmente aria. La fisica alla base del funzionamento di una lente spesso non è nota; questi esperimenti mirano a chiarirla.

È utile chiarire alcuni termini basilari:

- *Lente Semplice*, come indica il termine, è formata da un solo elemento ottico.
- *Lente Composta* è formata da più Lenti Semplici che hanno un asse comune.
- Lenti possono essere: *Sferiche* (le superfici sono parti di sfere); *Asferiche* (le superfici hanno forme più complesse che una parte di sfera); *Cilindriche* (le superfici sono parti di cilindro).

¹ Dal Latino *lens* che significa lenticchia. Una lente biconvessa ha la forma che assomiglia a quella di una lenticchia

- *Lenti Sferiche convergenti* fanno convergere un sottile fascio di luce in una piccola zona luminosa (assimilabile ad un punto).
- *Lenti Cilindriche convergenti* fanno convergere un sottile fascio di luce in una sottile zona luminosa (assimilabile ad una linea).

Altri strumenti, anch'essi chiamati Lenti, rifrangono onde elettromagnetiche non appartenenti allo spettro della luce visibile (lunghezza d'onda tra circa 380 ai 750 nanometri, frequenza tra 400 - 790 terahertz). Per esempio esistono lenti per microonde (lunghezza d'onda dell'ordine del cm).

Alcuni tipi di lenti semplici sferiche sono schematizzate in Fig. 1

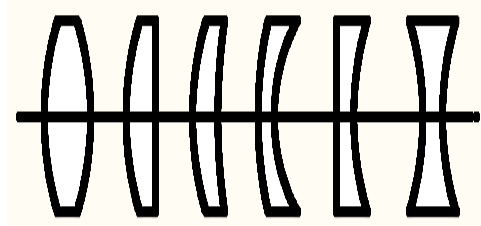


Figura 1. Lenti: biconvessa, piano-convessa, menisco positivo, menisco negativo, piano-concava, biconcava

Se la lente è biconvessa o piano-convessa, un sottile fascio di luce collimato che viaggia parallelamente all'asse della lente e l'attraversa, sarà fatto convergere (o *focalizzato*) in una piccola zona sull'asse, ad una certa distanza dopo la lente; la distanza centro della lente – punto focale è la distanza focale. Questo tipo di lente è detto *positivo* o *convergente* (Figure 2 e 3).

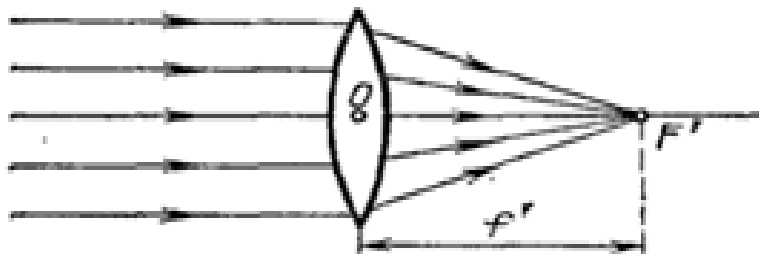


Figura 2. Punto Focale F' e distanza focale f' di una lente sferica convergente.

<p style="text-align: center;">Lente Positiva (convergente)</p>	
Diagramma di raggi per una lente convergente	Foto di fasci luminosi fatti convergere da una lente convergente o positiva

Figura 3. Lente convergente: diagramma di raggi ed esperimento con fasci di luce.

Se la lente è biconcava o piano-concava, un sottile fascio di luce collimato che viaggia parallelamente all'asse della lente e l'attraversa, sarà fatto divergere (o focalizzato) da una piccola zona sull'asse, ad una certa distanza prima della lente; la distanza centro della lente – punto focale è la distanza focale. Questo tipo di lente è detto *negativo* o *divergente* (Fig. 4). In questo caso la distanza focale è considerata negativa, mentre quella di una lente convergente è considerata

positiva. Il piano perpendicolare all'asse della lente e localizzato alla distanza f dal centro della lente è detto *piano focale*.

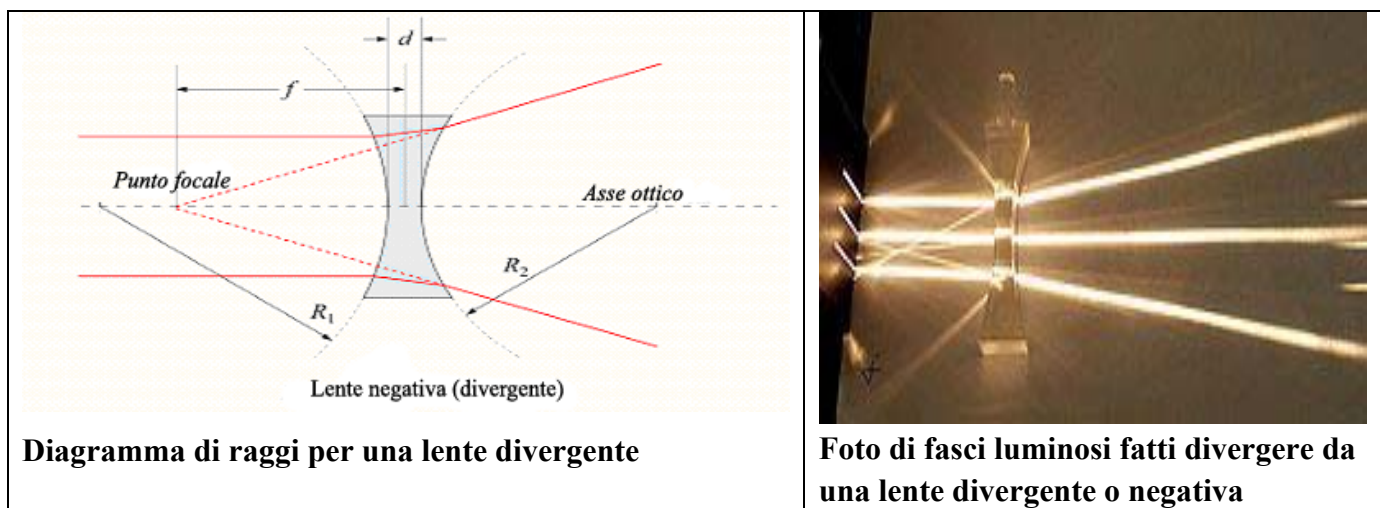


Diagramma di raggi per una lente divergente

Foto di fasci luminosi fatti divergere da una lente divergente o negativa

Figura 4. Lente divergente: diagramma di raggi ed esperimento con fasci di luce.

Immagine reale ed immagine virtuale: se, ponendo uno schermo nel punto di convergenza dei "raggi", effettivamente si raccolgono i fasci convergenti (lo schermo si illumina) si parla di *immagine reale* altrimenti si parla di *immagine virtuale* (i fasci sembrano provenire da quel punto!).

La lunghezza focale di una lente *in aria* dipende da parametri geometrici (raggi di curvatura delle superfici della lente) e parametri fisici (indice di rifrazione del materiale della lente). Essa è espressa dalla relazione

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n - 1)d}{nR_1R_2} \right],$$

dove f è la lunghezza focale della lente, n è l'indice di rifrazione del materiale della lente, R_1 è il raggio di curvature della superficie della lente più vicina alla sorgente luminosa oppure oggetto illuminato, R_2 è il raggio di curvature della superficie della lente più lontana dalla sorgente luminosa o dall'oggetto illuminato, d è lo spessore della lente (la distanza lungo l'asse della lente tra i due vertici delle sue superfici). Una lente si dice sottile quando d è piccola rispetto ad R_1 ed R_2 ; per una Lente Sottile in aria la lunghezza focale f è data da:

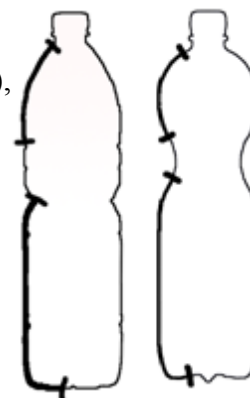
$$\frac{1}{f} \approx (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right].$$

Il reciproco della lunghezza focale è detto potere ottico della lente ed è espresso in diottrie; questa unità ha le dimensioni di lunghezza⁻¹.

Primo Apparato: Lenti da bottiglie di plastica trasparenti

Cosa serve:

- Bottiglie di plastica trasparenti (es. di acqua o bibite, dal riciclo), barattoli di vetro trasparenti di diverso diametro.
- Pennarelli.
- Acqua pulita.
- Una sorgente di luce collimata o un puntatore laser



Costruzione dell'apparato:

- pulire da bottiglia da etichette o tracce di colla;
- marcare parti della bottiglia come dallo schema precedente, identificando parti della bottiglia delimitate da superfici sferiche, cilindriche o di altra forma²;
- riempire la bottiglia con acqua pulita ed illuminare la parte che si vuole studiare con la luce di un puntatore laser o di un sottile fascio luminoso collimato (es. da una piccola lampadina alimentata a pila);
- la parte della bottiglia riempita d'acqua è la lente in studio; l'indice di rifrazione dell'acqua di rubinetto è circa 1.33. Quale è l'effetto della plastica e del suo indice di rifrazione ?

Osservazioni sperimentali:

- Analizza cosa succede al fascio luminoso e descrivilo a parole tue.
- Stima la lunghezza focale della lente in studio e l'errore della tua misura.
- Osserva se la lunghezza focale quando la luce viaggia da destra a sinistra è uguale o diversa rispetto a quando la luce viaggia da sinistra a destra. Spiega il risultato delle tue osservazioni
- Esplora cosa succede quando una sorgente di luce molto piccola (assimilabile ad un punto, es. un LED) è messa nel punto focale della lente. Osserva cosa succede se la sorgente luminosa è ad una distanza molto grande (approssimabile all'infinito) come per es. nel caso di fasci luminosi provenienti dal Sole (distanza Sole –Terra è circa 150 milioni di km). Descrivi le tue osservazioni e spiegate in breve.

Potere d'ingrandimento:

Il potere d'ingrandimento M di una lente è un parametro ottico importante che determina se l'immagine creata dalla lente è più grande o più piccola dell'oggetto. M è dato da:

$$M = -\frac{S_2}{S_1} = \frac{f}{f - S_1}$$

dove S_1 è la distanza dell'oggetto dal centro della lente ed S_2 quella dell'immagine.

² Le forme di lenti studiabili non sono solo quelle dello schema; si possono usare bottiglie di plastica trasparente o vasetti di vetro di forme molto diverse.

Se $|M| > 1$, l'immagine è più grande dell'oggetto (si ha ingrandimento). La convenzione dei segni qui usata indica che se M è negativo (come nel caso di immagini reali) l'immagine è invertita rispetto all'oggetto. Nel caso di immagini virtuali M è positivo e l'immagine è diritta. La figura 5 mostra schematicamente un caso di M positivo e negativo, con la stessa lente.

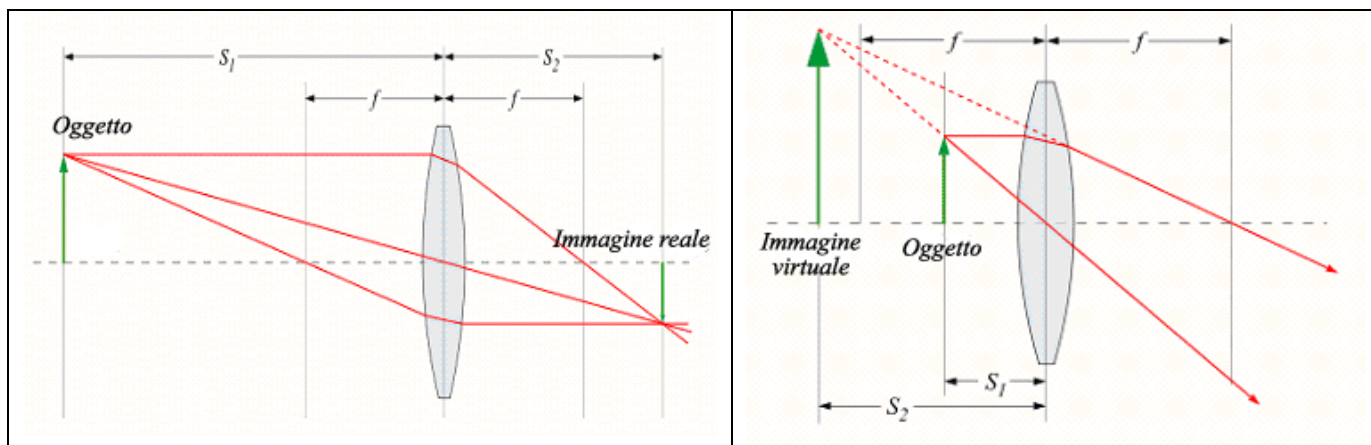


Figura 5. Dipendendo dalla posizione dell'oggetto, una stessa lente può formare immagini reali o virtuali.

Le lenti convergenti o positive producono nel loro fuoco l'immagine di un oggetto posto all'infinito. Se il sole è la sorgente luminosa, una notevole frazione della radiazione visibile ed infrarossa che incide sulla lente è concentrata nell'immagine prodotta nel fuoco della lente. L'immagine creata da una lente può avere sufficiente intensità per bruciare un oggetto (es. un pezzetto di carta, un fiammifero, ecc...) posto nel fuoco della lente. Spesso questo modo di bruciare qualcosa è stato un gioco infantile. Le lenti convergenti sono state usate come strumenti ustori per più di duemila anni.

Differenti tipi di lenti sono usate per correggere alcuni difetti di visione dell'occhio umano, per es. miopia, ipermetropia, presbiopia ed astigmatismo. Le lenti degli occhiali hanno generalmente una forma leggermente ovale, non circolare. La loro curvatura può non avere una simmetria assiale, per poter correggere l'astigmatismo.

Le lenti sono anche usate in molti sistemi ottici, per es. binocoli, microscopi, telescopi, proiettori e macchine fotografiche. Alcuni sistemi, quando usati dall'occhio umano, producono una immagine virtuale; altri producono una immagine reale che può essere raccolta su uno schermo o catturata su una foto o da sensori.

Secondo Apparato: Lente fatta con una goccia di acqua

Argomento:

Esperimenti con lenti realizzate con materiali a costo nullo o basso o di riciclo.

Cosa serve:

- acqua,
- vetrini da microscopio oppure una qualsiasi piastrina sottile di un qualche materiale trasparente,
- carta con testo stampato o scritto (es. lettera, giornali, libro, ecc...),

- ago o stecchino o contagocce (anche la punta di un dito può essere usata con un pò di abilità) per far cadere una goccia d'acqua.

N.B. Coinvolgere gli studenti nel reperire i materiali e costruire le lenti, serve per motivarli e stimolare il loro interesse

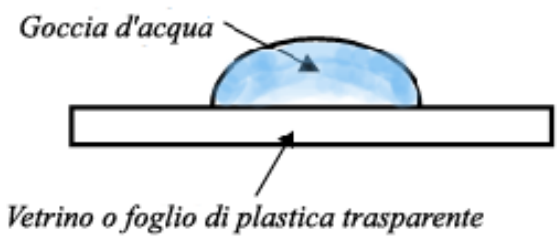
Quando svolgere gli esperimenti:

come lavoro di laboratorio, compito a casa, attività di piccolo gruppo o individuale. È opportuno che una succinta relazione descriva il lavoro svolto; eventuali difficoltà incontrate e loro soluzione; ciò che è piaciuto e ciò che non è piaciuto; domande personali a cui si è avuto risposta; espansioni dell'argomento che si vorrebbero affrontare; legami con altri contenuti di fisica o altre discipline che sono venuti in mente o a cui si vorrebbe fosse data attenzione.

Nodi concettuali affrontabili:

- Come funziona una lente d'ingrandimento
- Rifrazione della luce, Indice di rifrazione

Esperimento:

<ul style="list-style-type: none">– pulire il vetrino da microscopio da polvere o tracce di sporco;– metterlo sopra un pezzo di carta su cui è scritto o stampato un testo;– metter una sola goccia d'acqua sul vetrino;– -osservare il testo, il suo ingrandimento (l'ingrandimento dovrebbe essere ben visibile ad occhio nudo).	 <p>Goccia d'acqua</p> <p>Vetrino o foglio di plastica trasparente</p>
---	--

La lente fatta con una goccia d'acqua su un vetrino è una lente piano-convessa. Il suo ingrandimento dipende dalla grandezza della goccia d'acqua.

Esplora il comportamento di gocce d'acqua di dimensioni diverse. Maneggia con molta cura il vetrino con la goccia.

Descrivi con parole tue i risultati dell'esplorazione e spiegali in breve.