

COSTRUZIONE DI UN SISTEMA DI LENTI

Obbiettivi:

- Ricavare la distanza focale di una lente convergente;
- Ricavare la distanza focale di una lente divergente costruendo un sistema di lenti.

Materiale:

- Lente convergente;
- Lente divergente;
- Modulo laser;
- Alimentazione (pacco pile o alimentatore da banco);
- Lampada o torcia;
- Diapositiva (stile silhouette);
- Carta millimetrata;
- Squadra;
- Metro da sarto.

Procedimento:

- 1) Messa in asse del sistema di lenti:** Come primo passo bisogna procurarsi i supporti (per es. scatole di cartone, libri, fermalibri) su cui si andranno a posizionare gli elementi che costituiscono l'apparato sperimentale (lampada, diapositiva, lenti e schermo). E' fondamentale che tali supporti permettano un fissaggio stabile degli elementi, poiché andranno spostati di volta in volta per prendere le misure. Stendete il metro da sarto e posizionate i vari elementi lungo di esso e nell'ordine descritto in [figura 1](#).

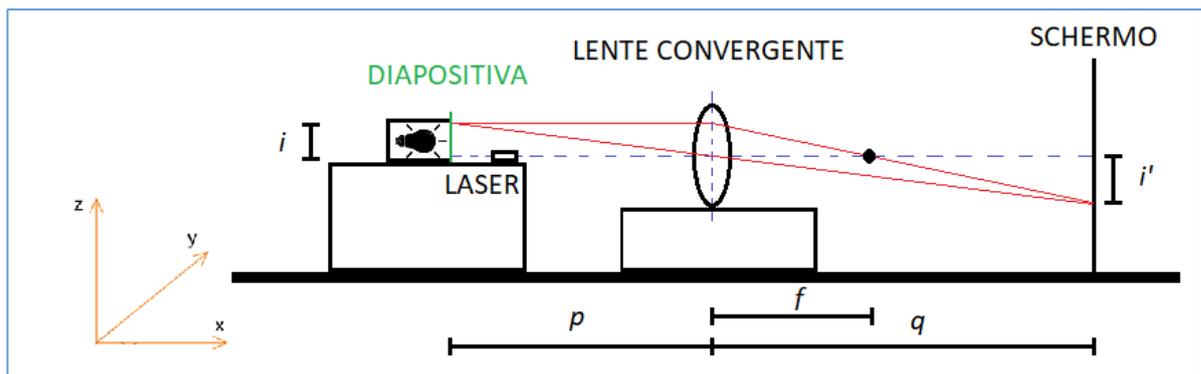


Figura 1 Schema con sola lente convergente

Posizionate la carta millimetrata sullo schermo e procedete alla messa in asse del sistema ottico, si consiglia l'uso di un puntatore laser per questa operazione. Ponete il puntatore sopra il supporto della sorgente in modo tale che il fascio sia alla stessa altezza della base della diapositiva ovvero dove andremo a porre l'asse ottico del sistema (linea tratteggiata orizzontale in [figura 1](#)). Segnate sullo schermo la posizione dell'asse ottico riportando le coordinate (z, y) del puntatore, dopodiché muovete la lente in modo tale che il punto laser rimanga sopra tale riferimento. A questo punto si

può misurare il fuoco della lente convergente, se si conosce già tale informazione si può saltare questo passaggio e procedere direttamente al **punto 3**.

- 2) Misura del fuoco della lente convergente:** Lasciate il laser in posizione, spegnetelo e accendete la lampada. Muovete la lente lungo **x**, ovvero lungo il metro, fino ad ottenere un'immagine nitida sullo schermo. Annotate la coppia di misure (p, q) e ripetete il procedimento via via allontanando lo schermo. Se avete dubbi sul fatto che il sistema non sia più in asse riaccendete il laser e accertatevi che il punto sullo schermo non si sia spostato. Infine calcolate la distanza focale f utilizzando la formula per le lenti sottili per ogni coppia di dati (p, q) e fate una media per avere una stima accurata del valore di f oppure si porti in grafico $1/q$ in funzione di $1/p$: si deve ottenere una retta con pendenza -1: l'intercetta con l'asse delle ordinate corrisponderà ad $1/f$.

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

In alternativa (o come test di controllo) si può ricavare l'ingrandimento dell'immagine (G) sullo schermo misurando il rapporto tra la dimensione reale della silhouette ($i > 0$) e quella dell'immagine capovolta sullo schermo ($i' < 0$). Sfruttando la seguente relazione (guardate alle similitudini tra i triangoli rettangoli di cateto i e i' in Figura 1):

$$G \equiv \frac{i'}{i} = -\frac{q}{p}$$

Insieme all'equazione per le lenti sottili, si può ricavare il fuoco a partire dalla coppia di dati (G, q):

$$f = \frac{q}{1 - G}$$

Investigate quale metodo porta al risultato più affidabile.

- 3) Misura del fuoco della lente divergente:** È il momento di inserire la lente divergente in questo sistema ottico. L'immagine creata da una lente divergente è sempre virtuale, di conseguenza, per osservare una immagine reale sullo schermo, la lente divergente deve essere accoppiata (stesso asse ottico) ad una lente convergente, formando un sistema ottico complessivamente convergente. Lo schema in [figura 2](#) illustra un esempio di costruzione geometrica dell'immagine finale.

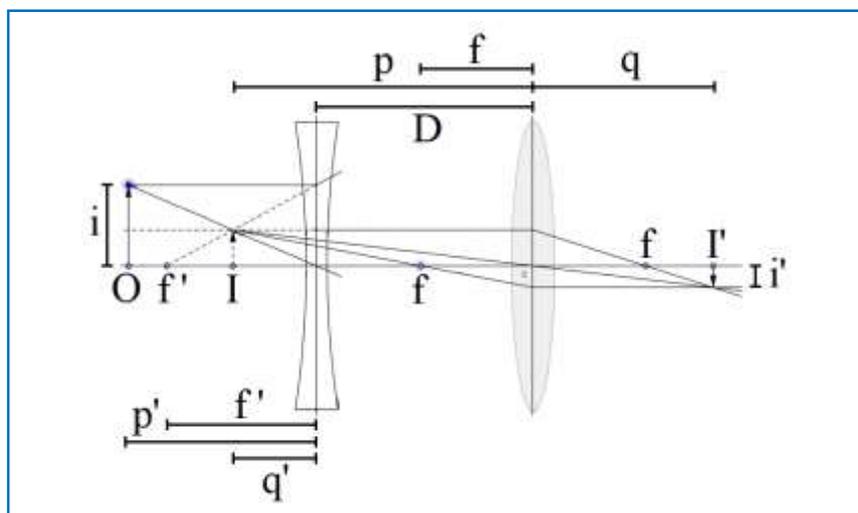


Figura 2 Sistema ottico con lente divergente e convergente

Per la lente divergente vale la seguente versione dell'equazione per le lenti sottili:

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{q'} = -\frac{1}{f'}$$

dove i simboli sono apostrofati per distinguerli dalle medesime quantità riferite alla lente convergente e le grandezze fisiche vanno intese in valore assoluto. Si noti le differenze in alcuni segni rispetto alla corrispondente relazione utilizzata per lenti convergenti. Per un approfondimento, si faccia per questo riferimento alle convenzioni sui segni delle grandezze che compaiono nell'equazione delle lenti sottili. L'immagine virtuale creata dalla lente divergente (I) è oggetto per la lente convergente, quindi l'immagine reale finale (I') si ottiene applicando 2 volte l'equazione per le lenti sottili all'oggetto reale iniziale (O). Dopo semplici passaggi algebrici si può esprimere la posizione dell'immagine virtuale a partire da quantità misurabili:

$$|q'| = \frac{fq}{q-f} - D$$

Misurando le distanze tra tutti i componenti si può quindi ricavare f' :

$$f' = \frac{\frac{fq}{q-f} - D}{p' - \frac{fq}{q-f} + D} p'$$

In alternativa si può far uso del fattore di ingrandimento per la lente divergente G' che si può ricavare a partire dal fattore di ingrandimento totale del sistema, con riferimento ora alla Figura 2 è definito come: $G^{tot} \equiv \frac{i'}{i}$ ed è uguale al prodotto algebrico degli ingrandimenti prodotti dalle due lenti $G^{tot} = G \cdot G'$:

$$G' = \frac{G^{tot}}{G} = \frac{G^{tot}}{\left(1 - \frac{q}{f}\right)} = -\frac{q'}{p'} = \frac{|q'|}{p'}$$

Si noti che in questa relazione la quantità G' è positiva (immagine non capovolta rispetto all'oggetto), mentre $G^{tot} < 0$ e $G < 0$. Nell'equazione per la lente sottile possiamo sostituire q' e p' esprimendoli in termini di f , q , D , G^{tot} :

$$|f'| = \frac{|q'|}{1 - G'} = \frac{\left(\frac{fq}{q-f} - D\right)}{1 - G^{tot}/\left(1 - \frac{q}{f}\right)}$$

Anche in questo caso si possono tentare entrambe le strade e metterle a confronto discutendo l'affidabilità di una misura diretta di p' .

Suggerimenti per il controllo della misura e approfondimenti:

- L'equazione per le lenti sottili vale per assi parassiali ovvero vicini all'asse ottico, conviene quindi non illuminare interamente la lente e scegliere una diapositiva più piccola della lenti in uso.
- Per osservare un'immagine reale si deve porre la lente convergente ad una distanza dalla sorgente maggiore della sua lunghezza focale ($p > f$). Questo è sempre vero, anche quando passiamo ad un sistema di lenti, quindi per avere un'immagine reale nello schema di Figura 2 è conveniente porre le lenti a distanza relativa confrontabile con la lunghezza focale della lente convergente in modo da garantire il rispetto di questo criterio.
- Nei più comuni testi di ottica geometrica si adotta la convenzione di scrivere l'equazione per le lenti sottili divergenti con gli stessi segni di quella per le lenti convergenti sottintendendo che le lenti divergenti hanno fuoco negativo e che la distanza a cui si forma l'immagine (q) sia negativa per immagini virtuali e positiva per immagini reali. Queste ed altre regole fanno parte della convenzione cartesiana per i segni delle lenti (*cartesian sign convention for lenses*), potete esplorare con questa [applet](#) come variano i segni della cinquina (p, q, i, i', f).
- Si ricavano tutte le formule utilizzate sopra nella guida all'esperimento.
- Per ottenere più misure del fuoco della lente divergente si consiglia di tenere fissi la sorgente e lo schermo e di muovere prima la lente divergente e dopo quella convergente cercando di mettere a fuoco l'immagine sullo schermo.
- Come ulteriore misura della lunghezza focale della lente divergente si provi ad invertire la posizione delle due lenti, antepoendo quella convergente a quella divergente e ripetere l'esperimento.

Link utili:

- <https://ophysics.com/l12.html> Applet in Geogebra per prendere confidenza con l'equazione per le lenti sottili.
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/geoopt/lenseq.html#c1> Convenzione del segno per le lenti.

**Organizza in modo originale il tuo esperimento e mandaci il tuo video:
pubblicheremo le idee più originali
buon lavoro!**