

OTTICA

Ottica geometrica

Ignora il carattere ondulatorio della luce e parla di raggi luminosi che si propagano in linea retta.

Fenomeni descritti dall'ottica geometrica:
riflessione e rifrazione

Ottica fisica

Si occupa della natura ondulatoria della luce.

Fenomeni interpretabili solo in termini di ottica ondulatoria:

**interferenza,
diffrazione e
polarizzazione**



Piano Lauree Scientifiche
1 febbraio 2013

Riflessione e rifrazione della luce

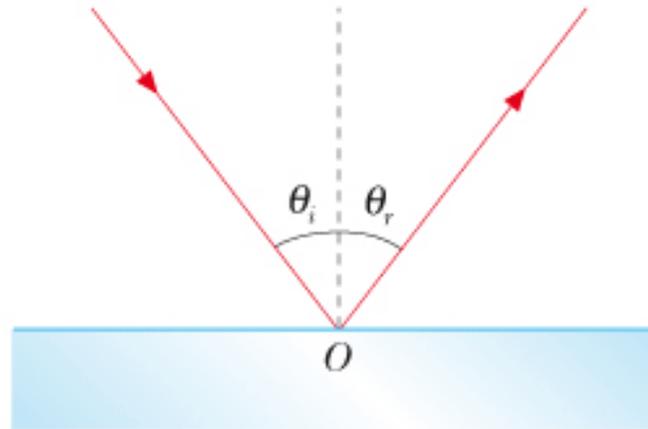
Alcune esperienze di laboratorio sull'ottica geometrica

- Verifica della legge sulla riflessione
- Verifica della legge di Snell
- Esperienza sulle lenti sottili

La riflessione

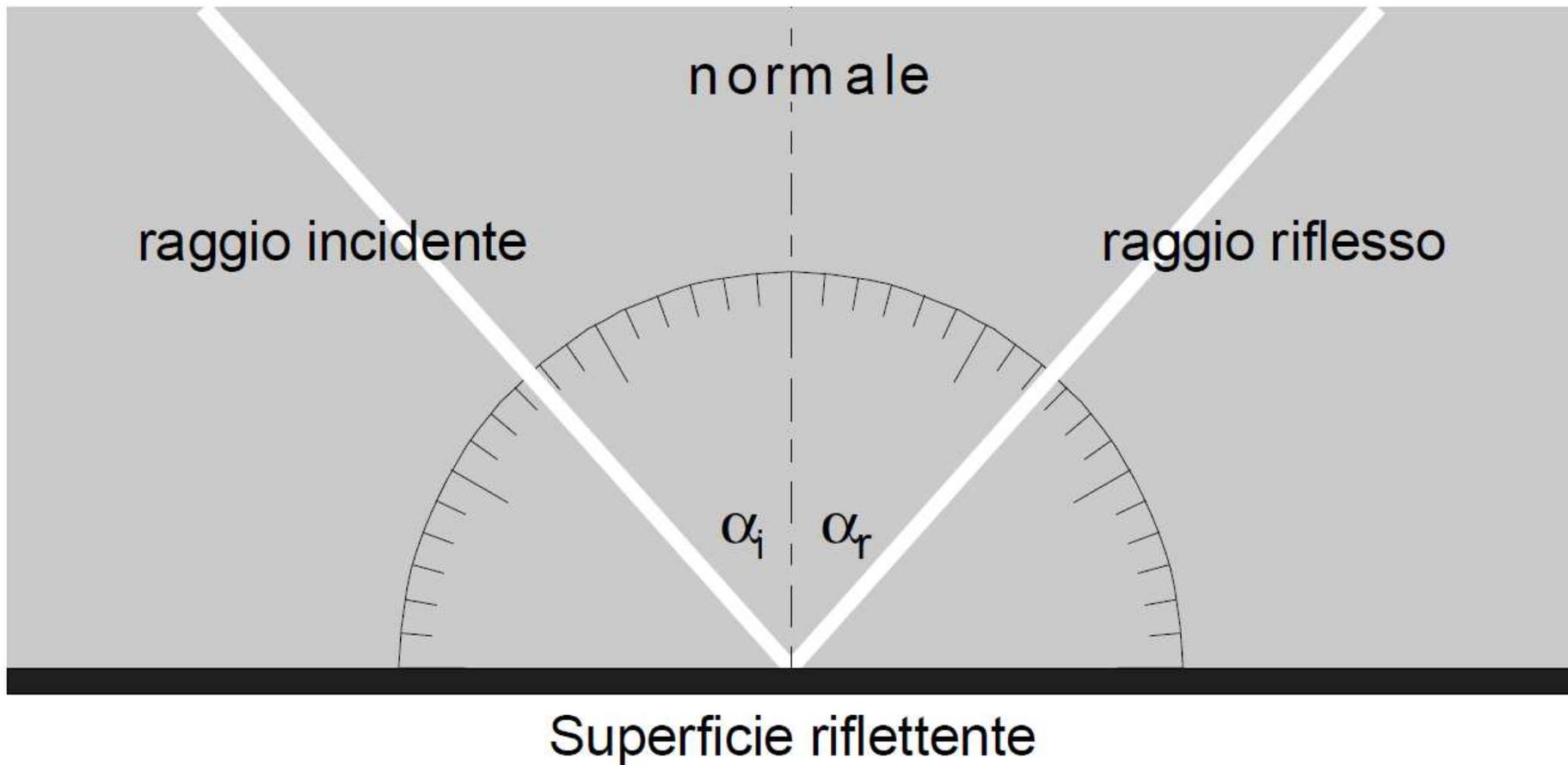
Si ha il fenomeno della riflessione ogni volta che un fascio di luce, dopo aver colpito un corpo non trasparente lucido e levigato, rimbalza sulla sua superficie e viene deviato in un'altra direzione.

Il raggio di luce che arriva sulla superficie lucida e levigata (raggio incidente) viene "rimandato indietro" (raggio riflesso) in una direzione diversa, secondo regole ben precise.



Leggi della riflessione

- Il raggio incidente, il raggio riflesso e la normale allo specchio giacciono sullo stesso piano
- L'angolo formato dal raggio incidente e dalla normale è uguale a quello formato dal raggio riflesso e dalla normale



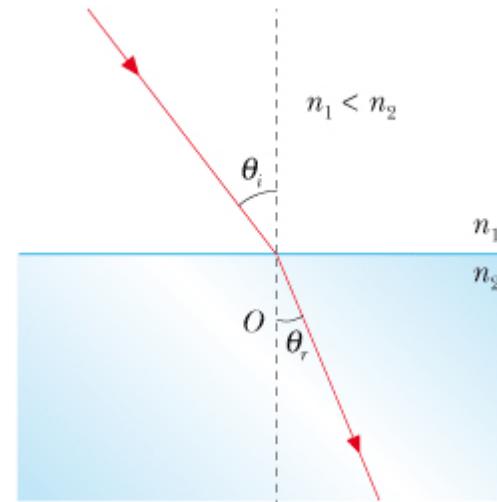
La rifrazione

Sappiamo che i raggi luminosi nell'aria si propagano in linea retta e che nell'acqua si propagano nello stesso modo.

Tuttavia la velocità della luce nei due mezzi trasparenti è diversa perché diversa è la loro densità.

I raggi luminosi, perciò, nel passaggio da un mezzo meno denso (l'aria) ad uno più denso (acqua) rallentano e vengono deviati: questo fenomeno è detto rifrazione della luce.

$$n = c/v$$

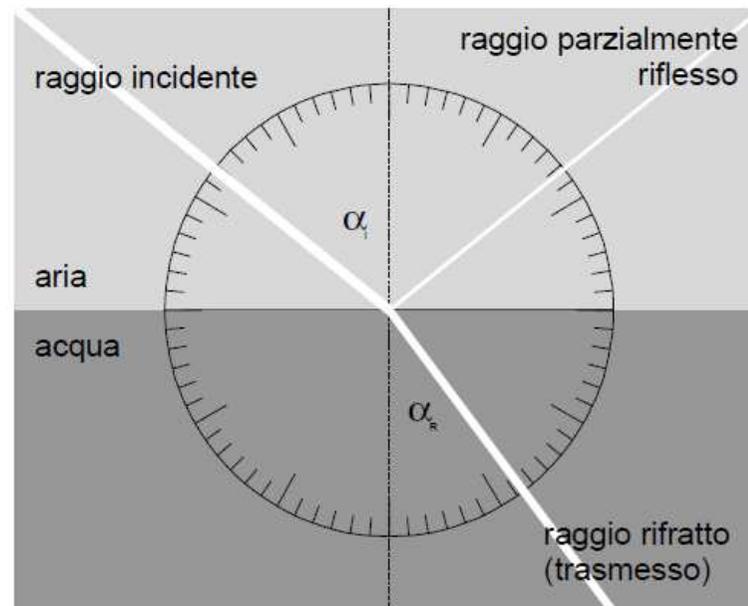


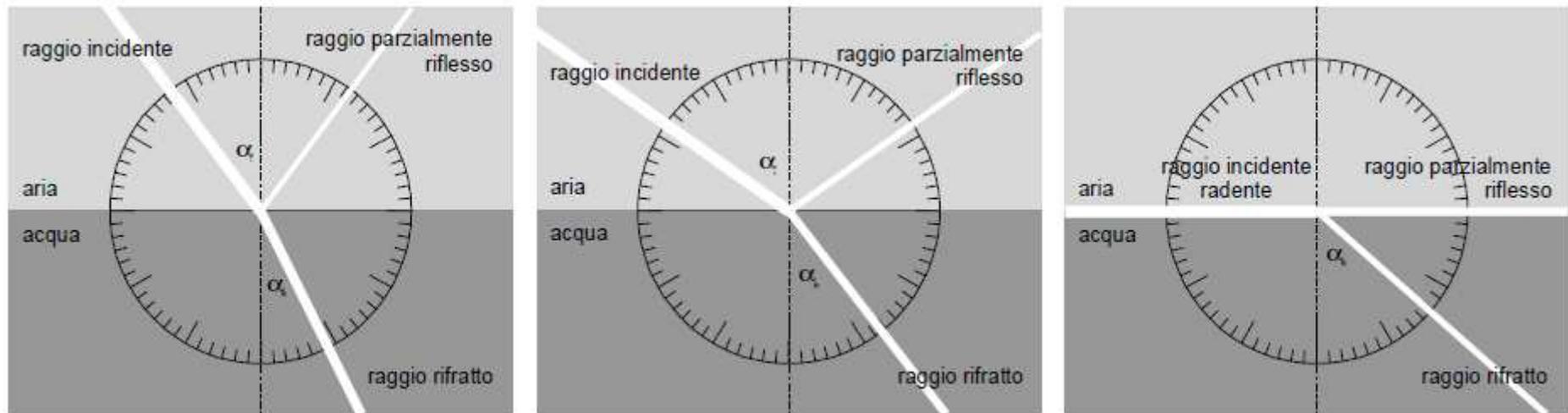
Leggi della rifrazione (Snell)

- Il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale allo specchio giacciono sullo stesso piano
- L'angolo formato dal raggio incidente e dalla normale (α_i) e quello formato dal raggio rifratto e dalla normale (α_r) sono legati dalla seguente relazione

$$n_1 \text{ sen } \alpha_i = n_2 \text{ sen } \alpha_r$$

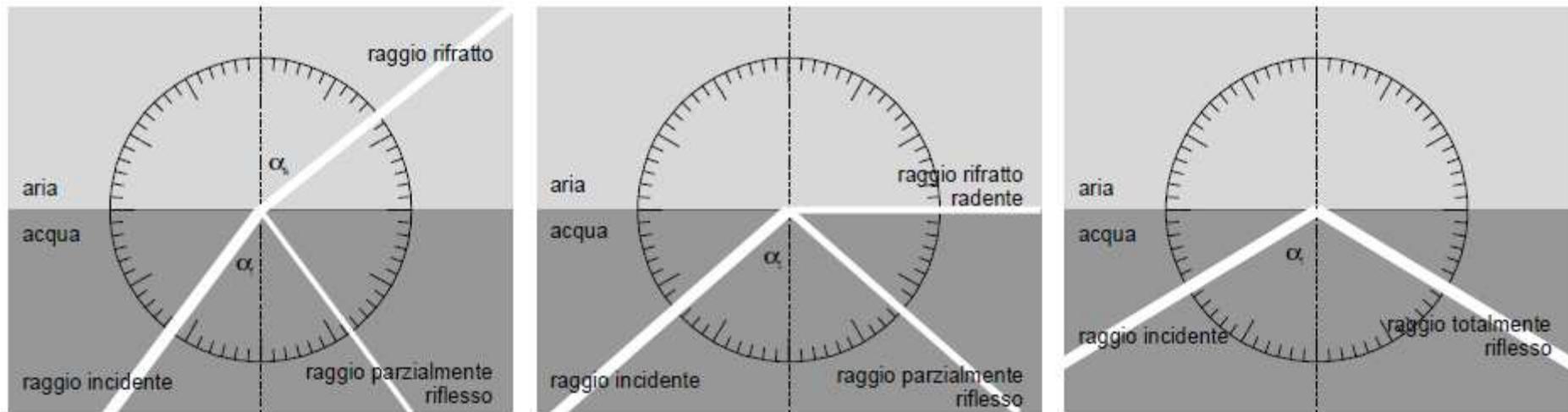
dove n_1 n_2 sono gli indici di rifrazione dei due mezzi ($n_{\text{aria}}=1$, $n_{\text{acqua}}=1.33$, $n_{\text{vetro}}=1.3-1.5$)





http://www.walter-fendt.de/ph14i/refraction_i.htm

Se la luce si propaga invece dall'acqua verso l'aria, ossia da un mezzo più denso a uno meno denso, l'angolo di rifrazione è maggiore dell'angolo di incidenza, per cui il raggio rifratto si allontana dalla perpendicolare alla superficie di separazione dei due mezzi trasparenti.



http://www.walter-fendt.de/ph14i/refraction_i.htm

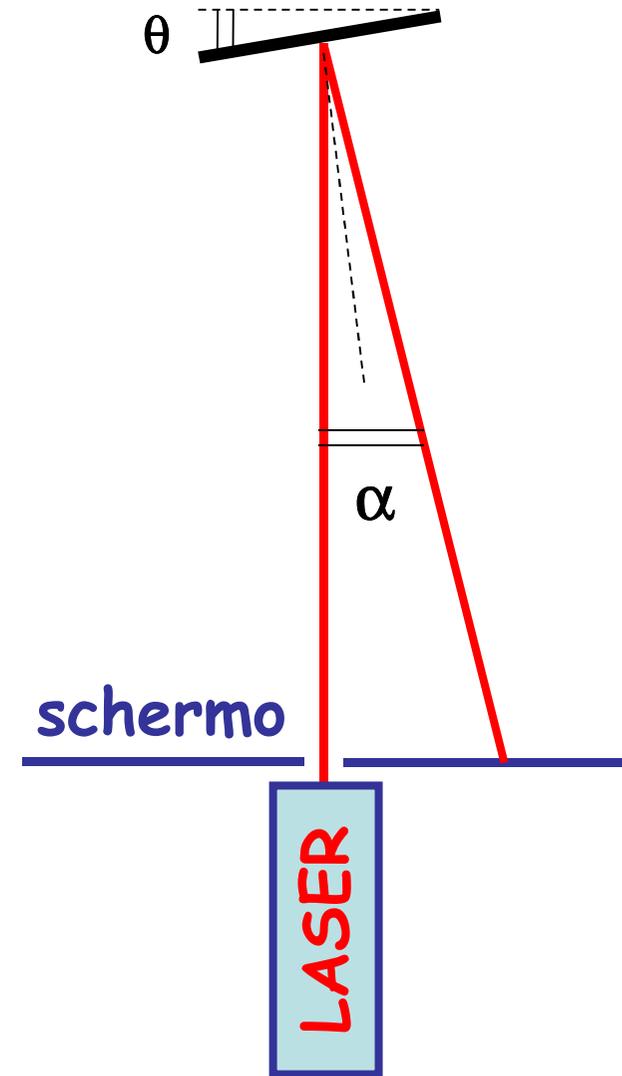
Verifica sperimentale della legge della riflessione

Si intende misurare l'angolo tra il raggio incidente e quello riflesso (α) in funzione dell'angolo di rotazione dello specchio (θ)

La relazione attesa è molto semplice

$$\alpha = 2\theta$$

Quindi il grafico dei punti sperimentali dovrebbe riprodurre, compatibilmente con gli errori, una retta passante per l'origine degli assi con coefficiente angolare uguale a 2



Strumentazione e materiale a disposizione

- Banco ottico (portata: 116.5 cm; sensibilità: 0.1 cm)
- Specchio piano montato su supporto, orientabile per mezzo di viti micrometriche
- Sorgente luminosa (laser)
- Schermo con carta millimetrata



Le viti micrometriche sono tarate: lo spostamento di una tacca corrisponde a

$\beta_o = 0.24$ milliradiani	per la rotazione sull'orizzontale,
$\beta_v = 0.34$ milliradiani	per la rotazione sulla verticale.

1. Passo della misura

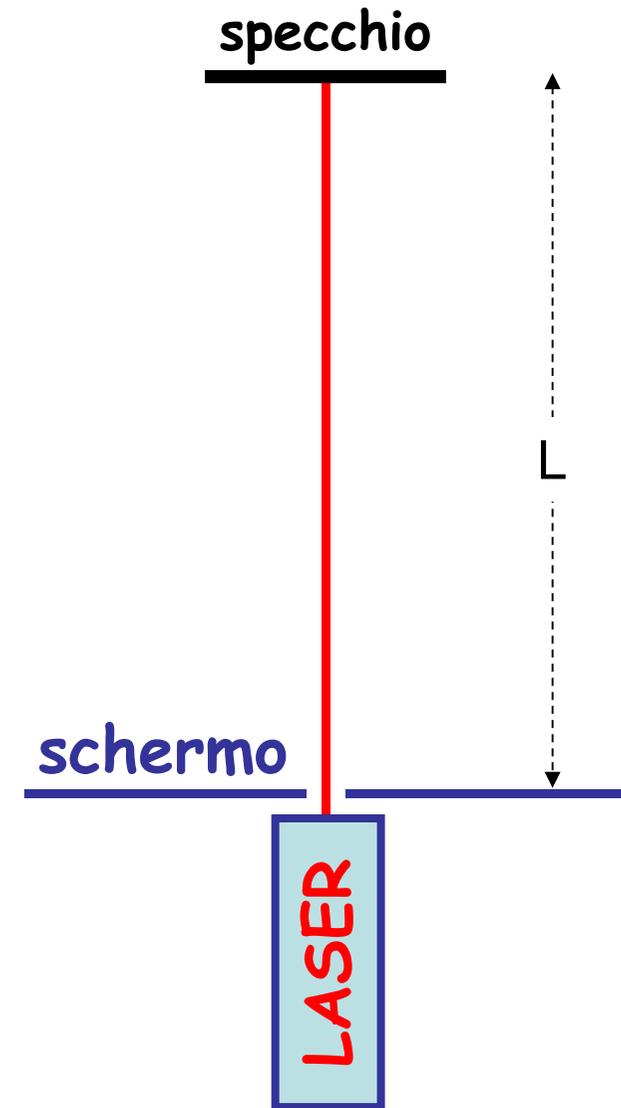
Si allinea lo specchio in modo che il raggio laser torni sul laser stesso

Questo primo passo rappresenta l'azzeramento del dispositivo di misura

In questa configurazione

$$\theta = 0 \quad \alpha = 0$$

Si misura L la distanza tra lo specchio e il laser utilizzando il metro a nastro. Si stima l'errore associato.



2. Passo della misura

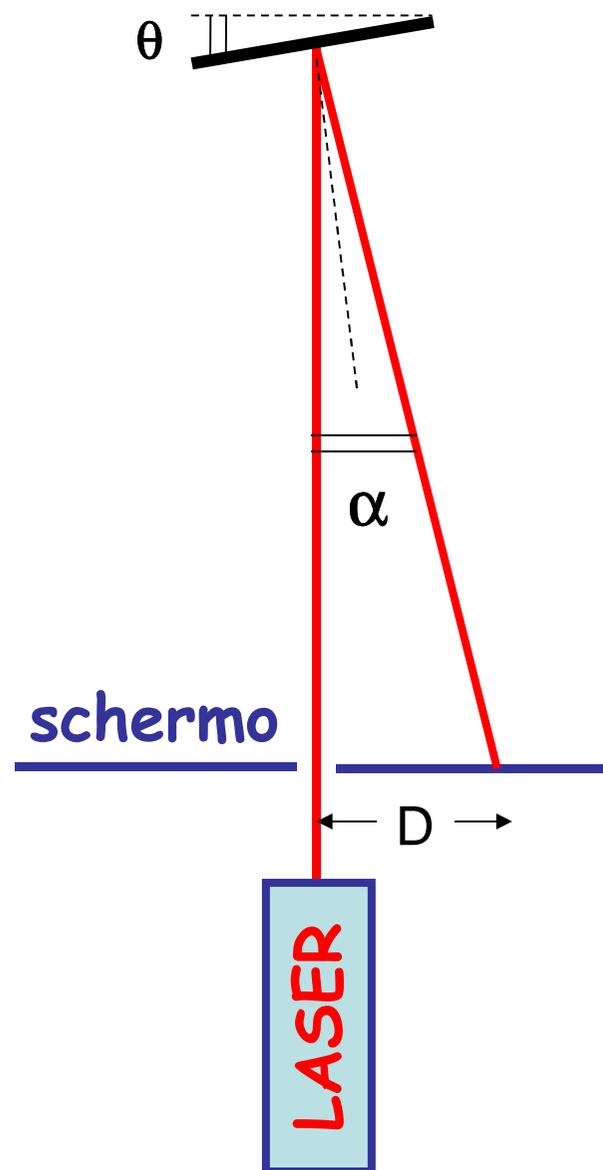
Si ruota lo specchio per mezzo delle apposite viti e si prende nota dell'angolo di rotazione θ

Si misura lo spostamento D dello spot luminoso sullo schermo.
L'angolo α (in radianti) è dato dalla relazione

$$\alpha = D/L$$

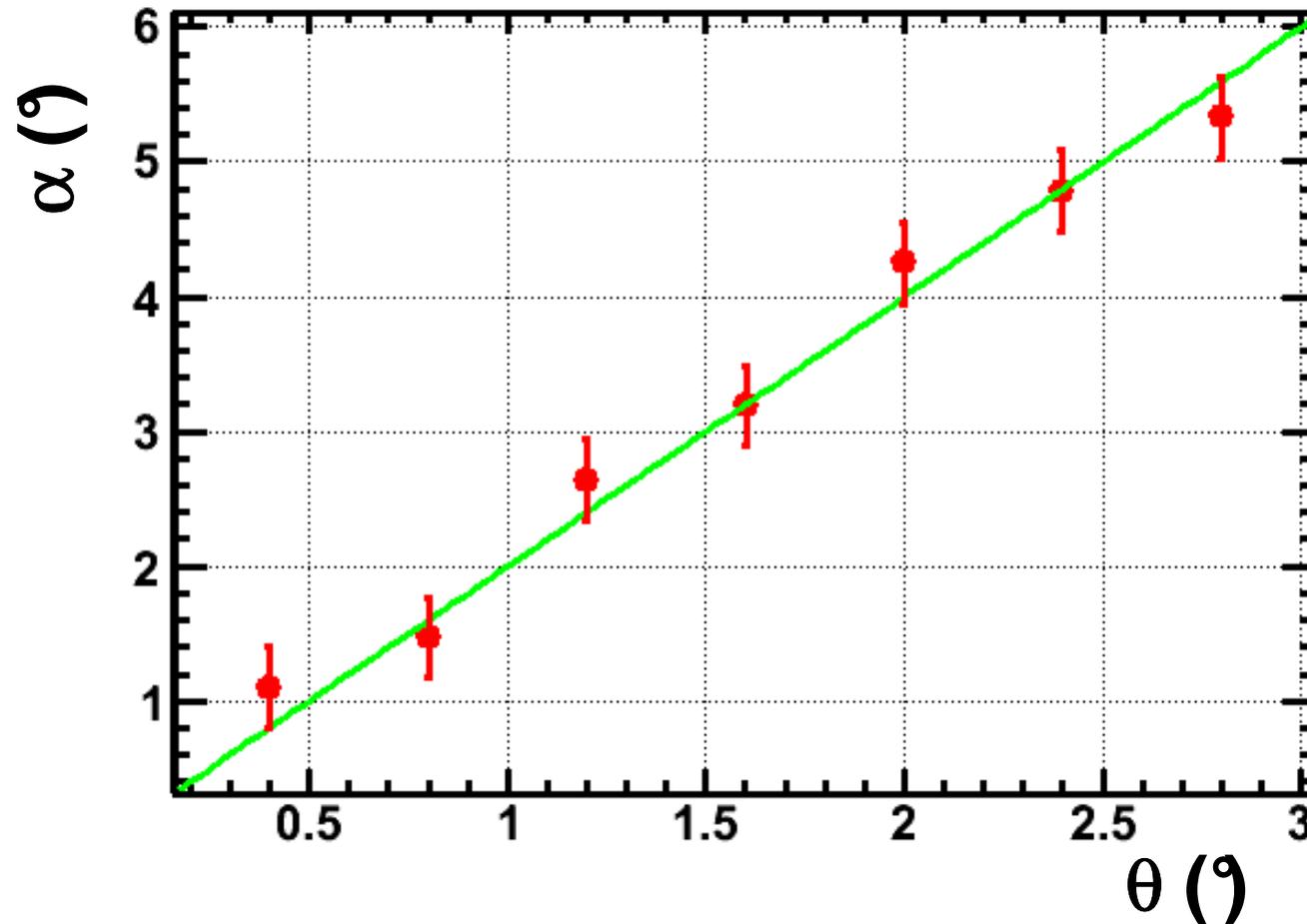
L'operazione viene ripetuta più volte al fine di ottenere un numero adeguato di coppie di valori (θ, α)

Si stimano gli errori associati alle diverse misure.



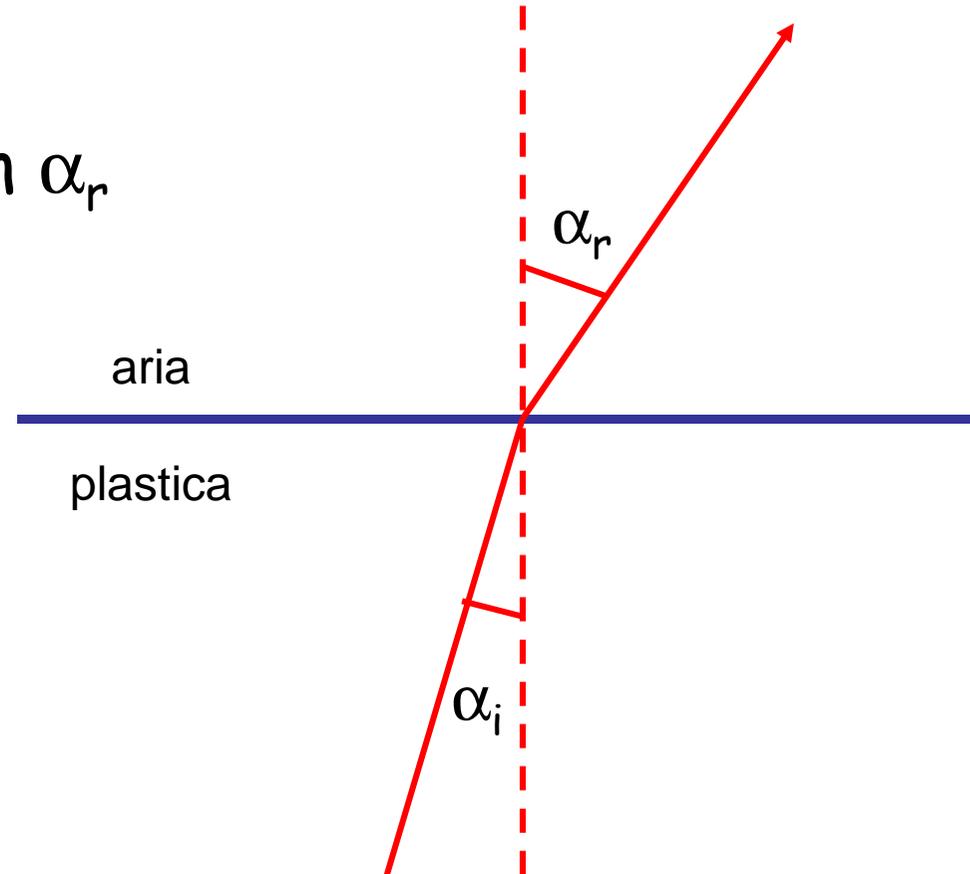
3. Passo della misura

Dopo aver convertito tutti i valori nelle stesse unità di misura (tutti gradi o tutti radianti), si disegna il grafico dei punti sperimentali e si interpola per mezzo di una retta passante per l'origine



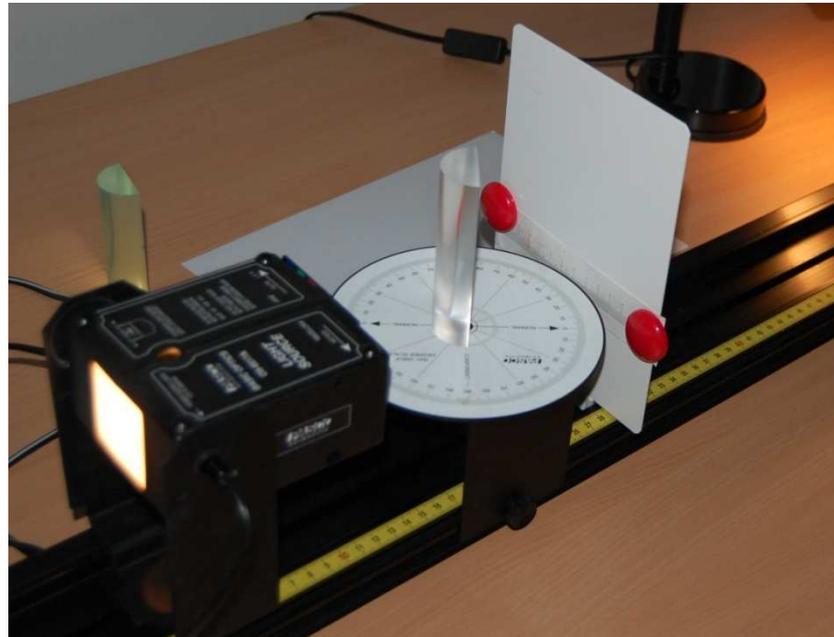
Verifica sperimentale della legge della rifrazione

$$n_1 \operatorname{sen} \alpha_i = n_2 \operatorname{sen} \alpha_r$$



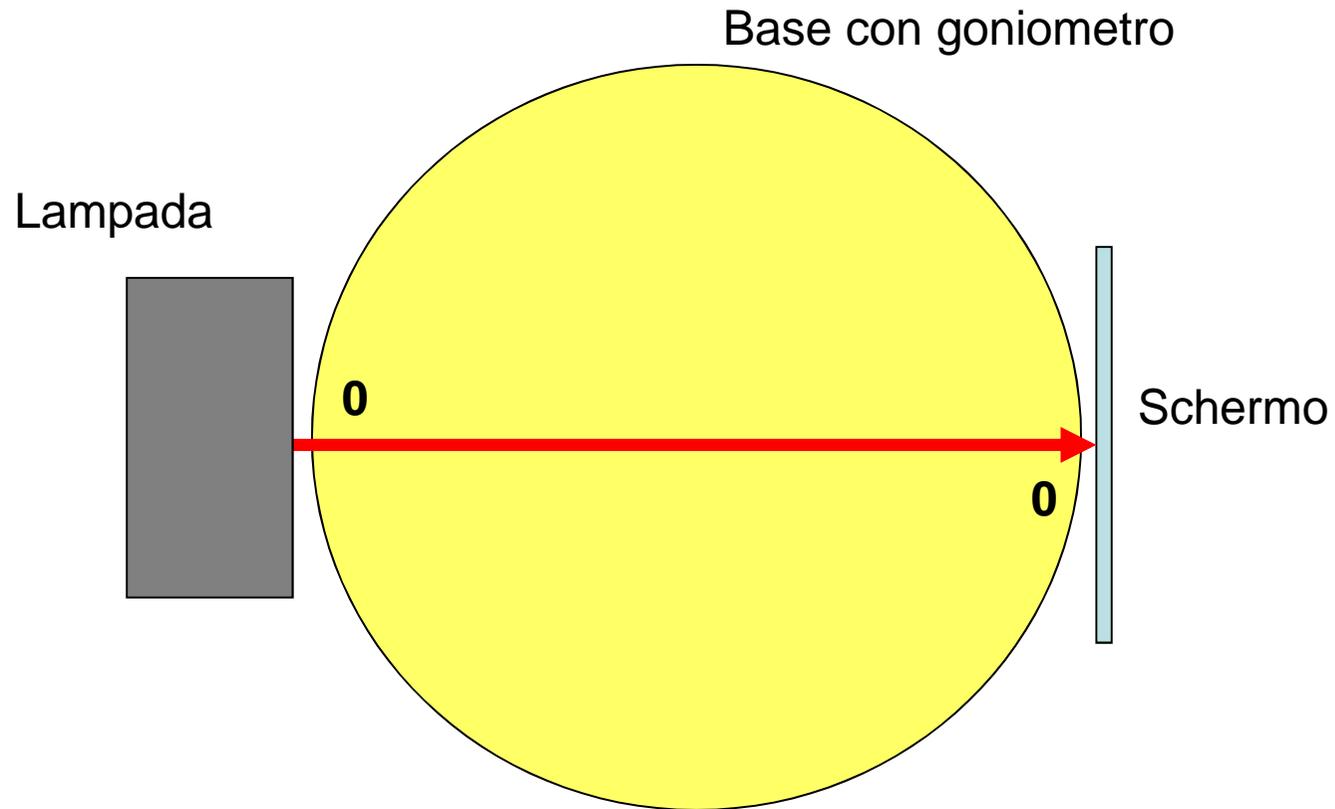
Strumentazione e materiale a disposizione

- Banco ottico
- Lampada
- Schermo
- Base rotante con goniometro (da 0° a 360° con passi di 1°)
- Semi-cilindro trasparente

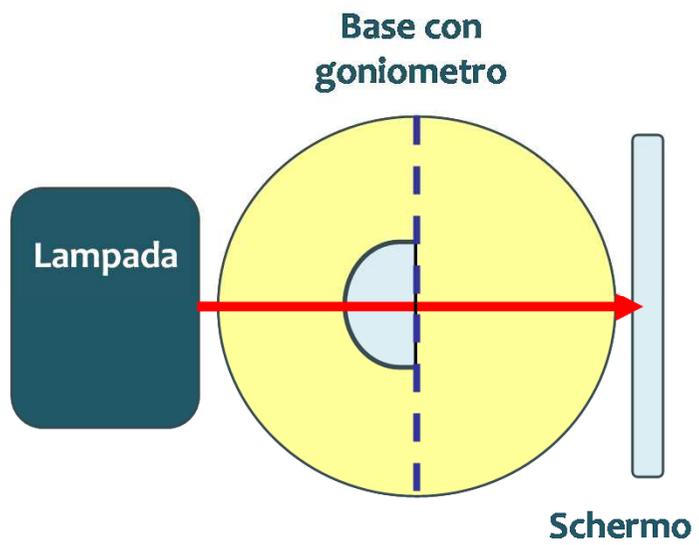


$$n_2 = 1.0003$$

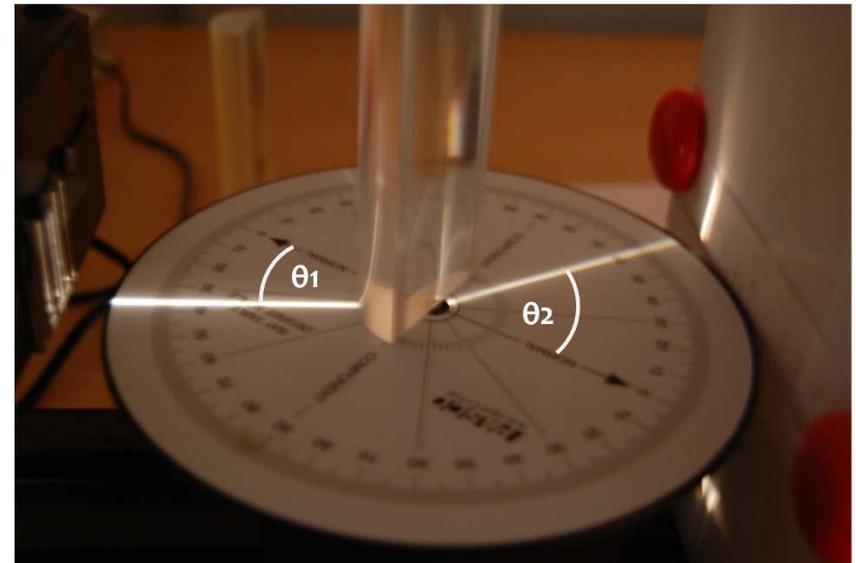
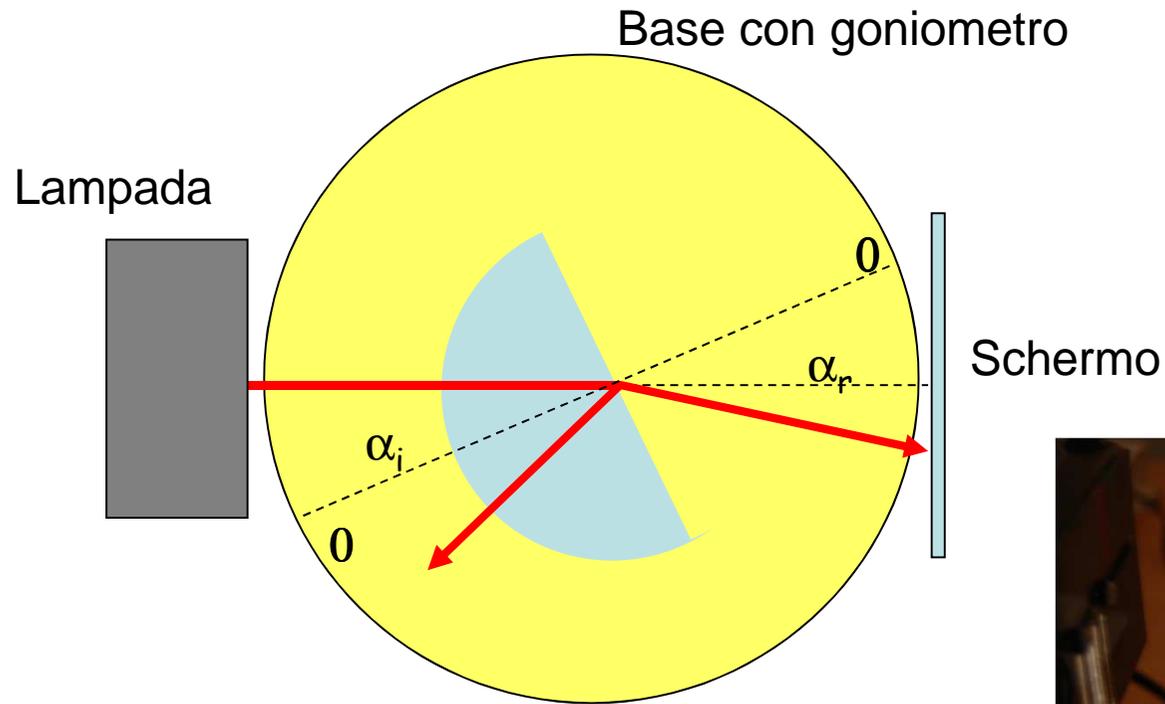
1. Azzeramento



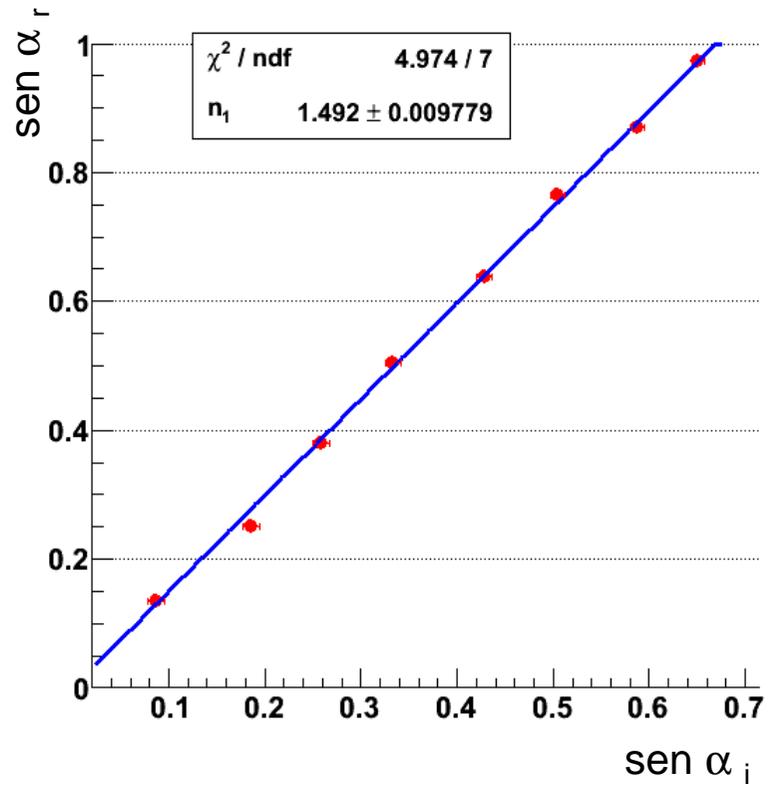
2. Azzeramento con semicilindro



3. Rotazione del cilindro e misura di α_i e α_r



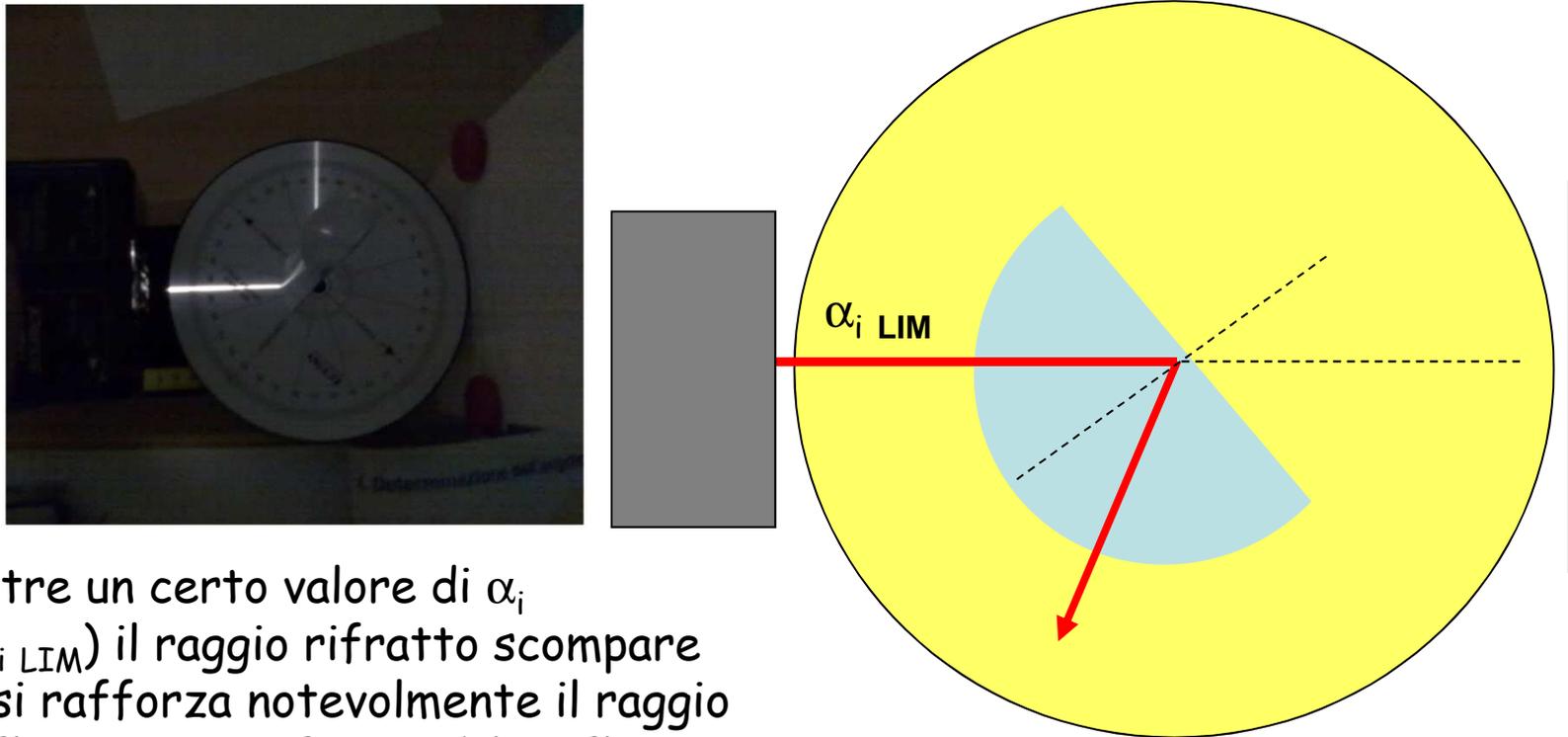
Il passo 3 viene ripetuto più volte per diversi valori di α_i e α_r



L'interpolazione lineare è fatta utilizzando la relazione (in cui $n_2 = 1.0003=1$)

$$\text{sen } \alpha_r = \left(n_1 / n_2 \right) \text{sen } \alpha_i = n_1 \text{sen } \alpha_i$$

4. Determinazione dell'angolo limite



Oltre un certo valore di α_i ($\alpha_{i \text{ LIM}}$) il raggio rifratto scompare e si rafforza notevolmente il raggio riflesso. Si verifica così la riflessione totale, sempre per effetto della legge di Snell.

$$n_1 \text{ sen } \alpha_{i \text{ LIM}} = n_2 \text{ sen } 90 = n_2$$

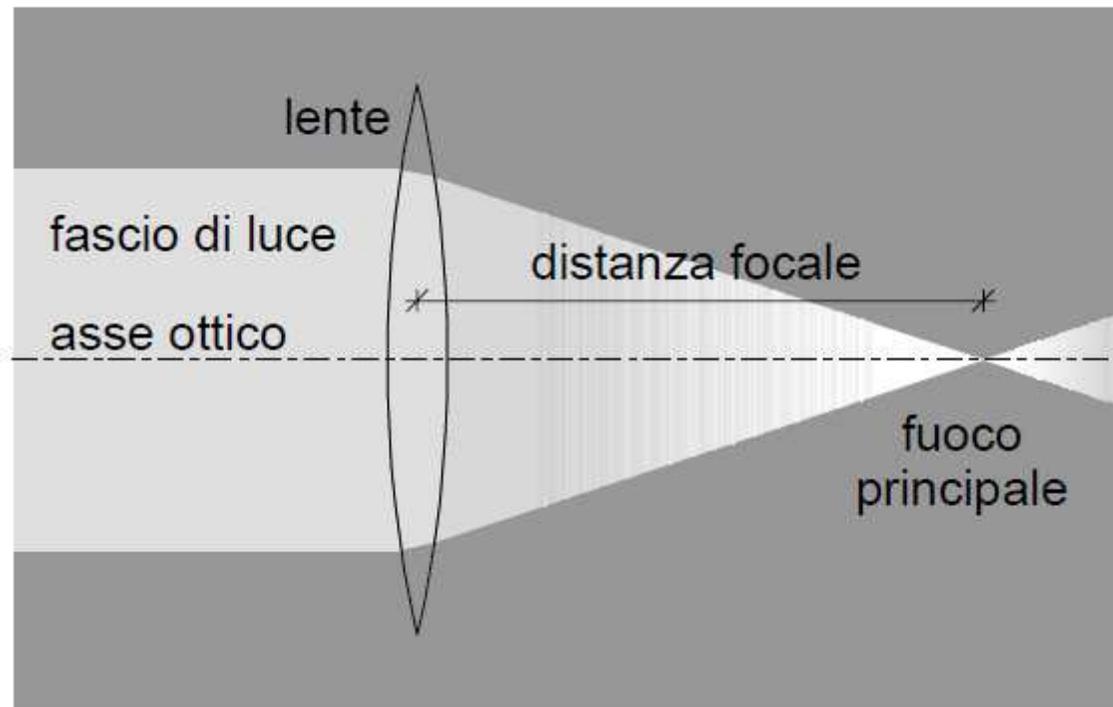
La misura dell'angolo limite permette di ricalcolare l'indice di rifrazione

$$n_1 = n_2 / \text{sen } \alpha_{i \text{ LIM}} = 1 / \text{sen } \alpha_{i \text{ LIM}}$$

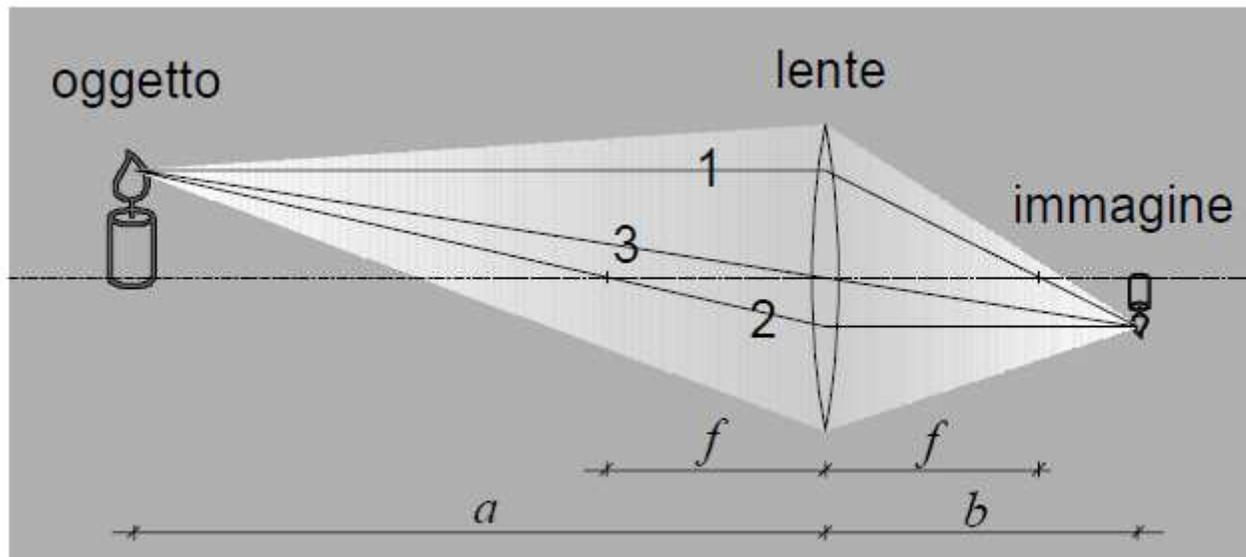
Le lenti

Se un fascio di luce incide su una **lente convergente** parallelamente all'asse ottico la luce convergerà in un punto chiamato **fuoco** della lente.

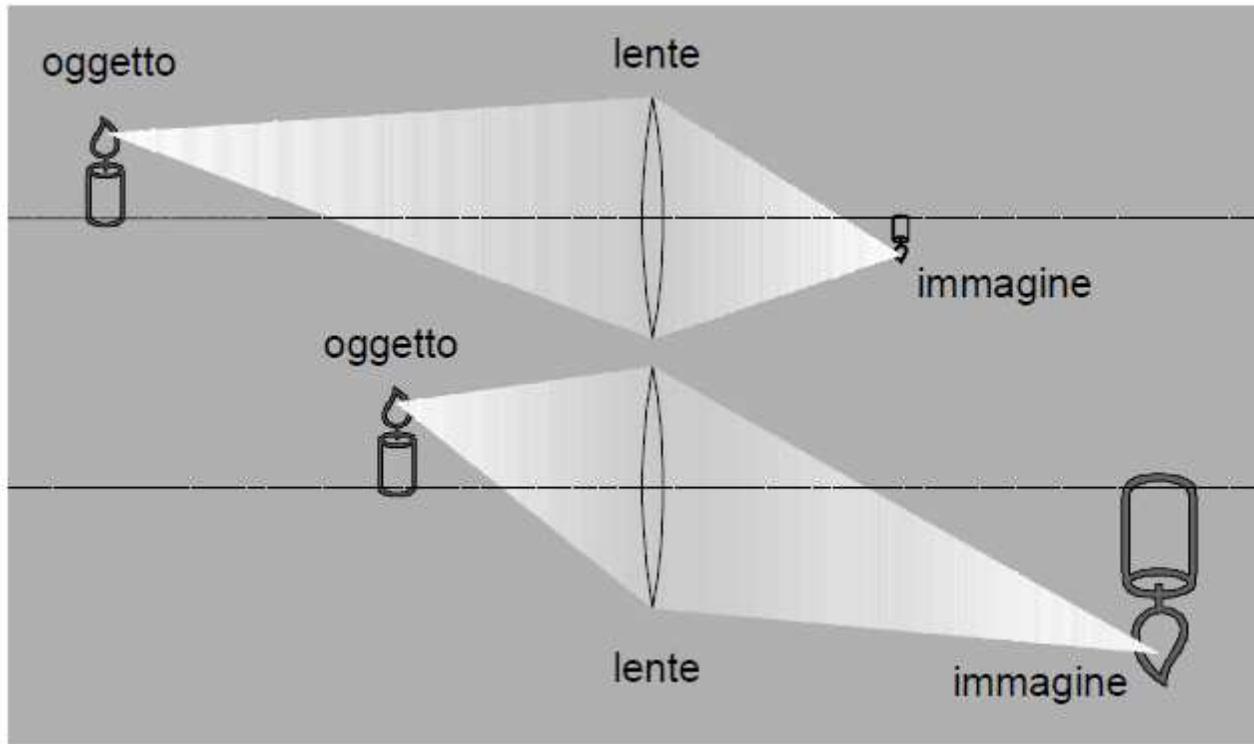
La distanza fra il fuoco e il centro della lente viene chiamata **distanza focale** ed è, assieme al diametro della lente, una delle caratteristiche principali della lente stessa.



L'immagine reale di una lente convergente

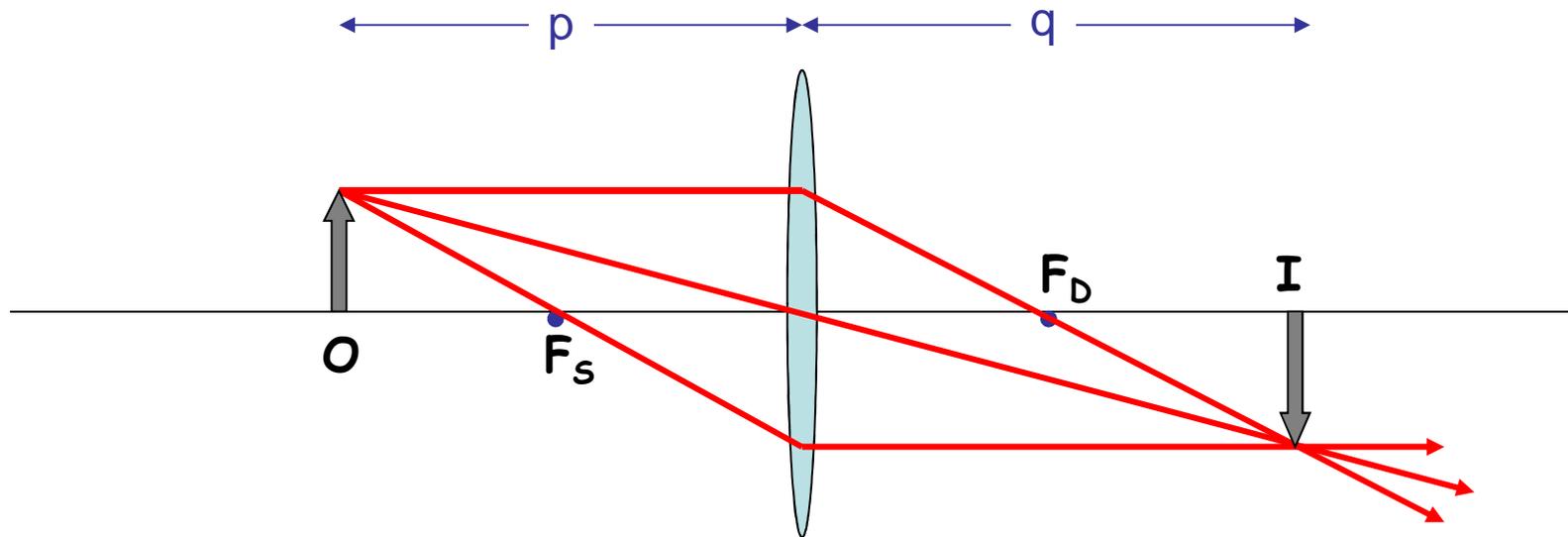


L'immagine reale di una lente convergente al variare della posizione dell'oggetto

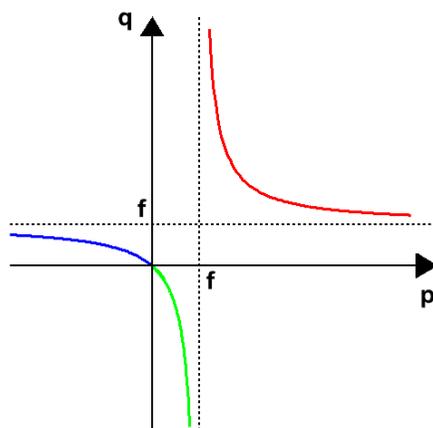


Verifica sperimentale della legge dei punti coniugati

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



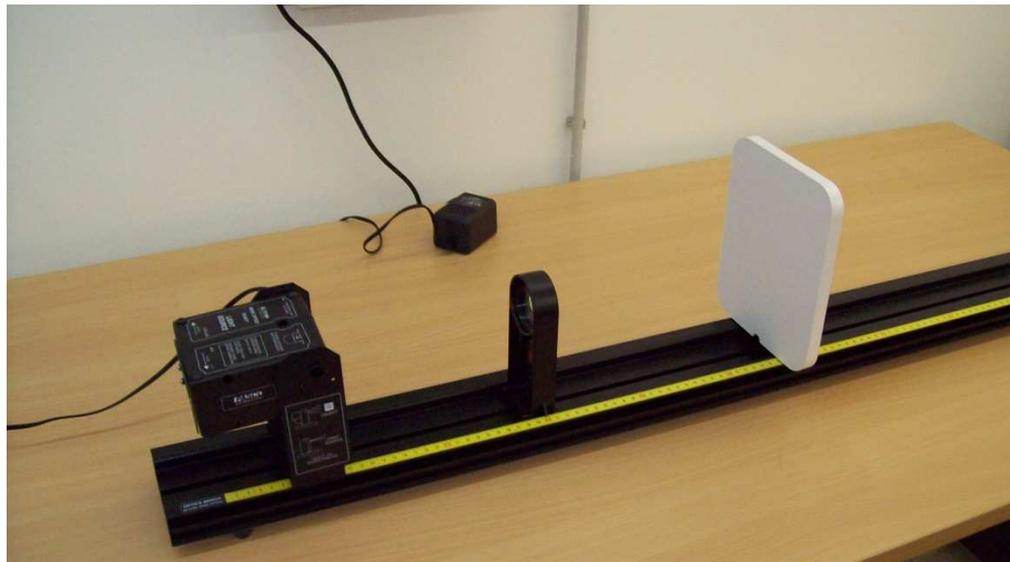
Si dimostra che l'equazione (1) è quella di un'iperbole equilatera nel piano p , q con due asintoti, uno verticale di equazione $p=f$ ed uno orizzontale di equazione $q=f$. Le distanze positive sono associate ad oggetti ed immagini reali, cioè effettivamente visibili (ramo rosso dell'iperbole). Viceversa le distanze negative sono relative ad oggetti (ramo blu) o immagini (ramo verde) non realmente visibili, de



In questa esperienza sarà studiata solo la curva rossa, volendo verificare la validità della legge dei punti coniugati e misurare la distanza focale f della lente. Verranno misurate coppie di valori p , q per determinare graficamente la distanza focale della lente.

Strumentazione e materiale a disposizione

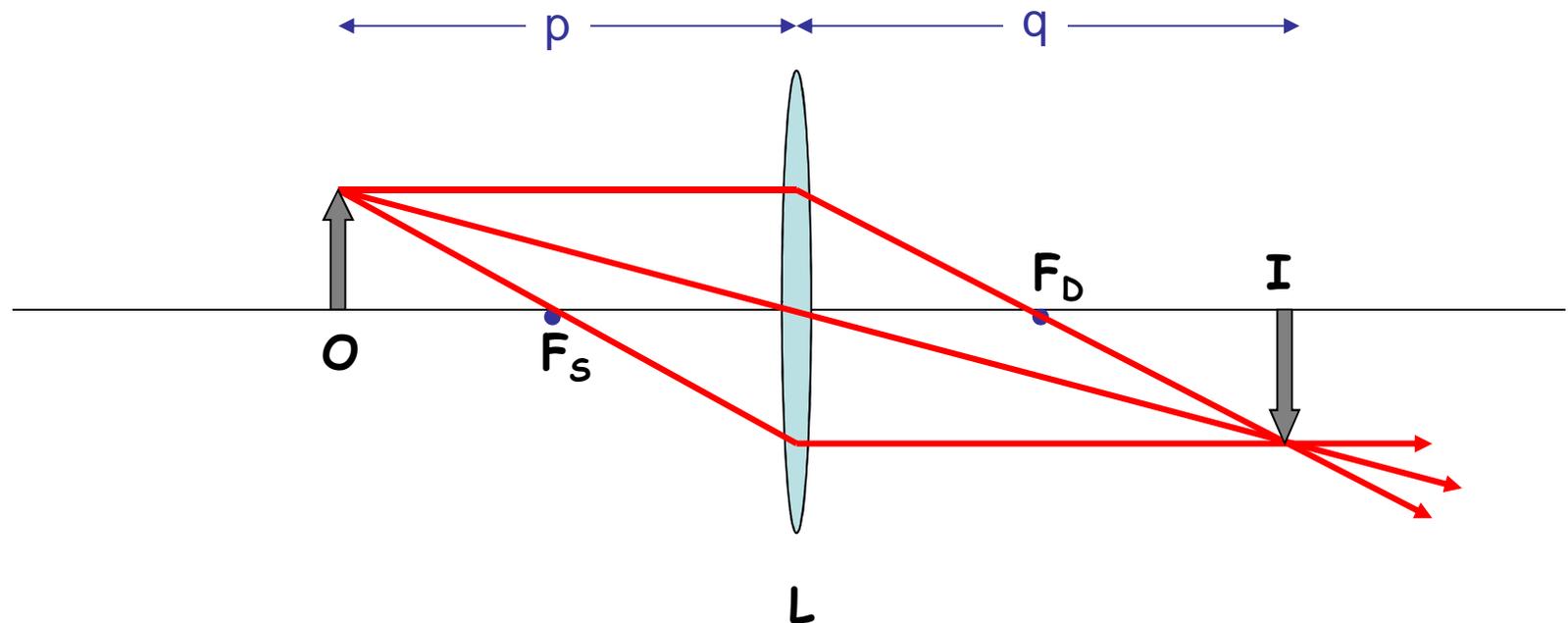
- Banco ottico munito di metro (sensibilità: 0.1 cm; portata: 110 cm)
- Lampada con mascherina sagomata come oggetto
- Lente sottile convergente con distanza focale incognita
- Schermo



Procedura sperimentale

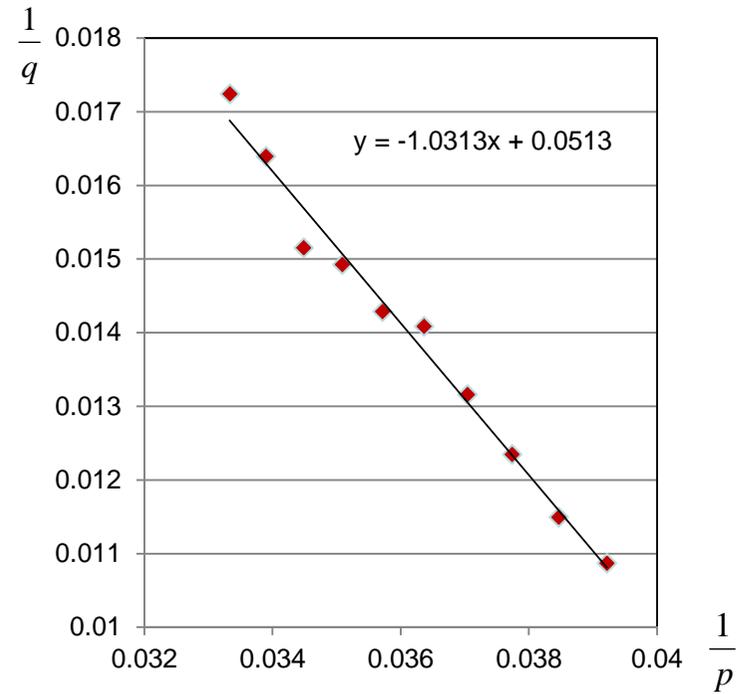
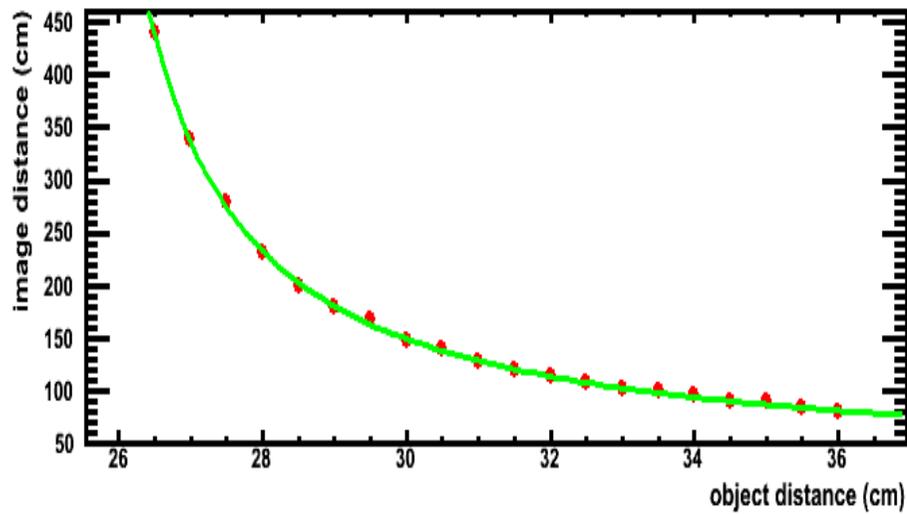
- 1) Posizionare l'oggetto illuminato
- 2) Posizionare la lente
- 3) Cercare la posizione dello schermo in cui l'immagine è ben a fuoco
- 4) Calcolare p come distanza OL
- 5) Calcolare q come distanza LI
- 6) Memorizzare i valori p, q con i rispettivi errori
- 7) Ripetere più volte, per diverse posizioni della lente

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



1) Analizzare i dati, facendo un grafico dei valori p, q

2) Adattare i dati secondo la relazione dei punti coniugati



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