

Lenti

Agostino Luca, Cafaro Alessandro, Gili Francesco, Gros Jacques Matteo

Turno AII - Gruppo 7

A.A. 2024-2025

2 marzo 2025

Indice

1	Obiettivi della misura	2
2	Apparato sperimentale	2
3	Presa dati	2
3.1	Lente biconvessa	2
3.2	Lente piano-convessa	2
3.3	Lente biconcava	2
3.4	Sistema di lenti	2
4	Analisi dati	3
4.1	Lente biconvessa	3
4.2	Lente piano-convessa	4
4.3	Lente biconcava	5
4.4	Sistema di lenti	5
5	Risultati e osservazioni conclusive	6
	Appendices	6
A	Dati	6
B	Calcoli	6

1 Obiettivi della misura

Verificare la validità delle leggi sulle lenti sottili, misurandone le proprietà geometriche; in particolare:

1. Ricavare la distanza focale e l'ingrandimento di una lente biconvessa
2. Ricavare la distanza focale di una lente piano-convessa
3. Ricavare la distanza focale di una lente divergente
4. Misurare la posizione dell'immagine di un sistema di due lenti convergenti non a contatto.

2 Apparato sperimentale

- Banco ottico (sensibilità: 1 mm)
- Proiettore con illuminazione regolabile
- Diapositiva da proiettare
- Lenti di diverso tipo: biconvessa, piano-convessa, biconcava
- Schermo per visualizzare l'immagine
- Calibro (sensibilità: 0.05 mm)

Abbiamo scelto di utilizzare come incertezza della scala graduata del banco ottico il valore di 2 mm, al posto della sua sensibilità, perché meglio rappresentativo della nostra precisione nell'effettuare la misurazione. D'ora in poi, dunque, quando si farà riferimento alla sensibilità dello strumento, si intenderà quella da noi ad esso associata.

3 Presa dati

3.1 Lente biconvessa

Abbiamo fissato la lente biconvessa su un supporto posto a distanza $p = (140 \pm 2)$ mm. Successivamente abbiamo compiuto 70 misure ripetute della posizione dell'immagine, spostando lo schermo finché questa non risultasse nitida, con l'accortezza di alternare destra e sinistra come direzioni di avvicinamento.

Ci aspettiamo che i due fuochi abbiano la stessa distanza dalla lente; l'abbiamo quindi ruotato di π e ripetuto le misure utilizzando la stessa procedura e le medesime accortezze.

Per entrambe le lenti abbiamo poi calcolato l'ingrandimento come il rapporto tra la distanza di due punti distinti sullo schermo e degli stessi sulla diapositiva.

3.2 Lente piano-convessa

Abbiamo ripetuto le precedenti misurazioni su una lente convergente piano-convessa mantenendo inalterato il numero di misure e la procedura utilizzata.

3.3 Lente biconcava

Riutilizzando la lente biconvessa della Sezione 3.1, abbiamo costruito un sistema ottico formato da quest'ultima e da una lente divergente biconcava, montandole in modo che fossero il più possibile vicine tra loro. Abbiamo posto le due lenti a distanza p dall'oggetto e, come scritto sopra, abbiamo compiuto N misurazioni di q .

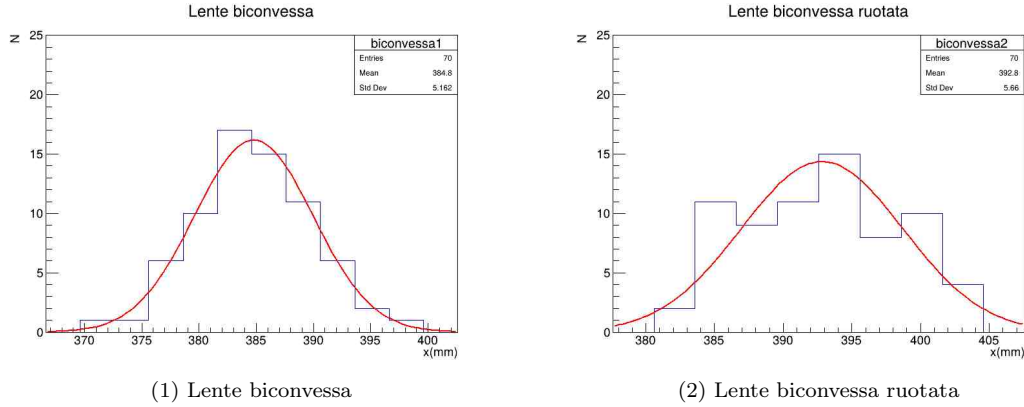
3.4 Sistema di lenti

Utilizzando due lenti convergenti non a contatto, abbiamo misurato 10 volte il valore di q_2 , ovvero la posizione dell'immagine del sistema.

4 Analisi dati

4.1 Lente biconvessa

Poiché abbiamo compiuto $N = 70$ misure ripetute della stessa grandezza, affetta da errori casuali, ci aspettiamo che i dati si distribuiscano secondo un andamento gaussiano. Abbiamo dunque eseguito un fit dell'istogramma delle frequenze assolute dei dati.



Di seguito riportiamo il test del χ^2 , con un livello di significatività del 5%:

H_0 : la distribuzione gaussiana ben descrive quella dei dati sperimentali.

	(1)	(2)
χ^2	1.942	11.010
d.o.f	9	7
χ_c^2	16.919	14.067

In entrambi i casi, $\chi^2 \leq \chi_c^2$, dunque accettiamo l'ipotesi nulla.

Siccome il fit gaussiano ben descrive la distribuzione dei dati, possiamo considerare $q = \mu$ con un livello di confidenza del 95%:

$$q_1 = (385 \pm 2) \text{ mm}$$

$$q_2 = (393 \pm 2) \text{ mm}$$

dove come incertezza associata abbiamo tenuto la sensibilità dello strumento, in quanto la deviazione standard della media era inferiore.

Successivamente abbiamo calcolato il valore del fuoco:

$$f_1 = \frac{p_1 \cdot q_1}{p_1 + q_1} = (103 \pm 1) \text{ mm}$$

$$f_2 = \frac{p_2 \cdot q_2}{p_2 + q_2} = (103 \pm 1) \text{ mm}$$

Come ci aspettavamo, le due distanze focali sono compatibili.

L'ingrandimento vale invece:

$$G_1 = \frac{q_1}{p_1} = (2.75 \pm 0.04)$$

$$G_2 = \frac{q_2}{p_2} = (2.81 \pm 0.04)$$

Per verificare che il secondo ingrandimento sia compatibile con il rispettivo valore misurato, abbiamo effettuato un test di Gauss:

H_0 : abbiamo estratto $G_2 - G_{2m}$ da una distribuzione normale centrata intorno a $\mu = 0$ con $\sigma = \sqrt{\sigma_{G_2}^2 + \sigma_{G_{2m}}^2} = 0.07$

z osservato (z_o)	1.75
livello di significatività (α)	5%
z critico (z_c)	1.96

Poiché $z_o \leq z_c$, accettiamo l'ipotesi nulla H_0 con un livello di significatività del 5%.

4.2 Lente piano-convessa

Abbiamo ripetuto il processo descritto nella sezione precedente per la lente piano-convessa.

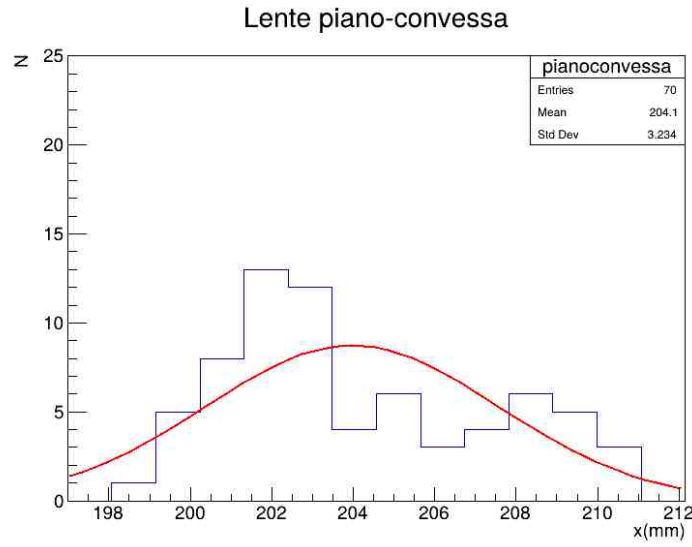


Figura 1: Lente piano-convessa

Test del χ^2 ($\alpha = 5\%$):

H_0 : la distribuzione gaussiana ben descrive i dati sperimentali.

χ^2	23.424
d.o.f	11
χ_c^2	19.675

$\chi^2 > \chi_c^2$, rifiutiamo dunque l'ipotesi nulla. Come si può osservare dall'istogramma delle frequenze assolute, questo è probabilmente dovuto ad un errore sistematico di sottostima della posizione dell'immagine.

Scegliamo dunque come distanza lente-immagine il valor medio dei dati.

$$q = (204 \pm 2) \text{ mm}$$

La distanza focale è dunque pari a:

$$f_3 = (79.4 \pm 0.8) \text{ mm}$$

4.3 Lente biconcava

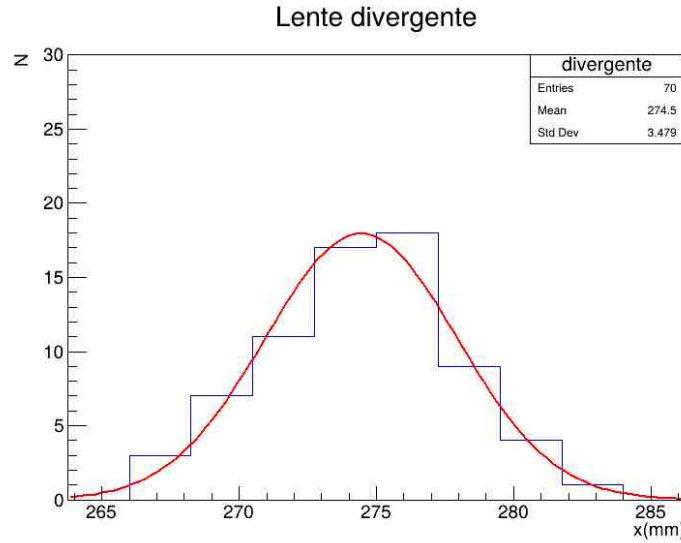


Figura 2: Lente biconcava

Test del χ^2 ($\alpha = 5\%$):

H_0 : la gaussiana ben descrive la distribuzione dei dati sperimentali.

χ^2	2.325
d.o.f	7
χ_c^2	14.067

$\chi^2 \leq \chi_c^2$, accettiamo dunque l'ipotesi nulla.

$$q = (274 \pm 4) \text{ mm}$$

Il fuoco della lente divergente è:

$$f_D = \frac{f \cdot f_1}{f_1 - f} = (-7.5 \pm 0.7) \times 10^2 \text{ mm}$$

4.4 Sistema di lenti

Non abbiamo eseguito il fit di questa distribuzione di dati perché la grandezza del campione ($N = 10$) era insufficiente. Il valore di q è dunque dato dalla media aritmetica:

$$q_m = (318 \pm 2) \text{ mm}$$

Per verificare la compatibilità tra il valore misurato e quello calcolato a partire dalle proprietà geometriche note del sistema, abbiamo effettuato un test di Gauss:

H_0 : abbiamo estratto $q_m - q_c$ da una distribuzione normale centrata intorno a $\mu = 0$ con $\sigma = \sqrt{\sigma_{q_m}^2 + \sigma_{q_c}^2} = 2 \times 10^1 \text{ mm}$

z osservato (z_o)	0.326
livello di significatività (α)	5%
z critico (z_c)	1.96

Poiché $z_o \leq z_c$, accettiamo l'ipotesi nulla H_0 con un livello di significatività del 5%.

5 Risultati e osservazioni conclusive

Alla luce dei test statistici eseguiti, possiamo ritenerci soddisfatti del lavoro compiuto. Abbiamo infatti portato a termine con successo tutti gli obiettivi che ci eravamo proposti, ovvero:

1. Tramite le approssimazioni di Gauss, misurare la distanza focale e l'ingrandimento delle lenti biconvessa e piano-convessa. Segnaliamo tuttavia la probabile presenza di un errore sistematico nell'acquisizione dei dati circa quest'ultima.
2. Misurare la distanza focale di una lente divergente (biconcava), tramite l'utilizzo di un sistema ottico composto da due lenti a contatto (biconvessa-biconcava).
3. Studiare un sistema ottico composto da due lenti non a contatto, utilizzando le proprietà ricavate nei punti precedenti.

Appendices

A Dati

B Calcoli