S.S.I.S. a.a. 2003-2004

RELAZIONE di
Laboratorio di Didattica della Fisica

(Esperimento della lente e della candela)

di

MARIA LEPORE

e

SARA MARSANO

I anno, Classi 47-48-59

Prof.ssa Tuccio

ESPERIMENTO DELLA LENTE E DELLA CANDELA

Materiale utilizzato:

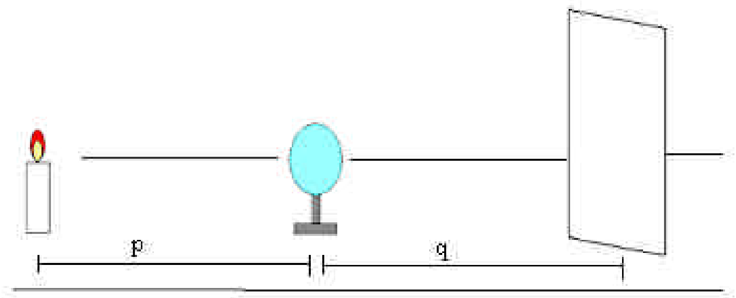
- Candela;
- Pannello di compensato con foglio bianco;
- Lente;
- Metri rigidi ed estensibili, strumenti la cui sensibilità è di 1mm

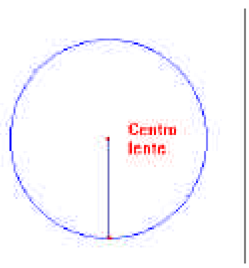
Scopo : ricavare la distanza focale di una lente, nota la legge dei punti coniugati di una lente

Procedimento:

Abbiamo interposto la lente tra la candela accesa e il pannello, su cui abbiamo attaccato un foglio bianco. Abbiamo messo a fuoco l'immagine della candela sullo schermo, che era reale, capovolta, rimpicciolita (almeno inizialmente).
Abbiamo quindi fissato la lente e due metri rigidi in modo da fare scorrere parallelamente a questi la candela ed il pannello.
Abbiamo cercato di porre la lente in modo che la fiamma della candela fosse ben allineata con il centro della lente e per far ciò abbiamo dovuto effettuare le seguenti misure con un righello:

- la distanza del centro della lente dal bordo: $(3,2 \pm 0,1)$cm
- la distanza della fiammella dal tavolo: $(10,0 \pm 0,1)$cm





Abbiamo poi proceduto spostando la candela e lo schermo in modo da ottenere sempre un figura messa a fuoco sullo schermo, in particolare, fissata la candela ad una certa distanza dalla lente abbiamo spostato lo schermo fino ad ottenere su di esso un'immagine nitida della fiamma.
Chiamata **p** la distanza candela—lente, e **q** la distanza schermo—lente,abbiamo effettuato le misurazioni servendoci di un righello avente sensibilità di 1mm. Tenendo conto delle condizioni in cui abbiamo effettuato tali misure (la fiamma non era fissa e perciò era difficile trovare il punto esatto in cui la sua immagine fosse nitida sullo schermo) abbiamo preso come errore 5mm. Riportiamo i dati nella tabella seguente:

distanza candela-lente p	***distanza schermo-lente q***
$43,0 \pm 0,5$ cm	$17,0 \pm 0,5$ cm
$41,0 \pm 0,5$ cm	$17,5 \pm 0,5$ cm
$38,0 \pm 0,5$ cm	$18,0 \pm 0,5$ cm
$33,0 \pm 0,5$ cm	$19,5 \pm 0,5$ cm
$28,0 \pm 0,5$ cm	$22,5 \pm 0,5$ cm
$25,0 \pm 0,5$ cm	$24,5 \pm 0,5$ cm
$23,0 \pm 0,5$ cm	$28,0 \pm 0,5$ cm
$20,0 \pm 0,5$ cm	$37,0 \pm 0,5$ cm
$18,0 \pm 0,5$ cm	$51,0 \pm 0,5$ cm

L'obiettivo dell'esperienza è determinare la distanza focale f della lente, utilizzando la legge dei punti coniugati: $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=F$ dove $F=\frac{1}{f}$ e quindi : $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$

In particolare, dalla relazione precedente segue che tra $\frac{1}{p}$ e $\frac{1}{q}$ esiste una relazione lineare; ponendo infatti $x=\frac{1}{p}$ e $y=\frac{1}{q}$ si ottiene $x+y=F$.

Calcoliamo quindi i valori di x ed y e li grafichiamo.

Prima di procedere è necessario fare alcune considerazioni sulle grandezze in questione: i valori di p e q sono grandezze misurabili direttamente e sono affette da un errore dipendente dalla sensibilità dello strumento e da altri fattori casuali. Tale errore è stato scelto di 0,5cm.

Perciò in corrispondenza di ogni misurazione non abbiamo un valore esatto della grandezza, bensì un intervallo di valori possibili, in particolare diremo che il valore vero di p sarà compreso tra un valore minimo $p_{\min}=p-0{,}5$ cm ed uno massimo $p_{Max}=p+0{,}5$ cm e dove p sono i valori misurati con il metro. Analogamente il valore vero di q sarà compreso tra $q_{\min}=q-0{,}5$ cm e $q_{Max}=q+0{,}5$ cm.

Da questo fatto segue che anche x ed y non avranno un valore ben preciso ma saranno anch'esse espresse da misure affette da errore, infatti risulta che:

$$x_{\min}=\frac{1}{p_{Max}}\leq x\leq\frac{1}{p_{\min}}=x_{Max} \text{ e } y_{\min}=\frac{1}{q_{Max}}\leq y\leq\frac{1}{q_{\min}}=y_{Max} \; .$$

In particolare prenderemo come valore di x ed y la media tra valore massimo e valore minimo e come errori, che chiameremo rispettivamente Δx e Δy, la semidifferenza tra valore massimo e valore minimo:

$$x_{medio}=\frac{x_{Max}+x_{\min}}{2} \quad , \quad \Delta x=\frac{x_{Max}-x_{\min}}{2} \;\Rightarrow\; x_{medio}\pm\Delta x$$

e

$$y_{medio}=\frac{y_{Max}+y_{\min}}{2} \; , \; \Delta y=\frac{y_{Max}-y_{\min}}{2} \;\Rightarrow\; y_{medio}\pm\Delta y$$

Un'altra cosa da tener presente, in una buona e significativa trattazione dei dati, è il numero di cifre significative con cui esprimere i valori calcolati. Nel nostro caso, tenendo conto che p e q hanno due o tre cifre significative, non avrà senso prendere valori di x ed y che abbiano più di tre cifre significative.

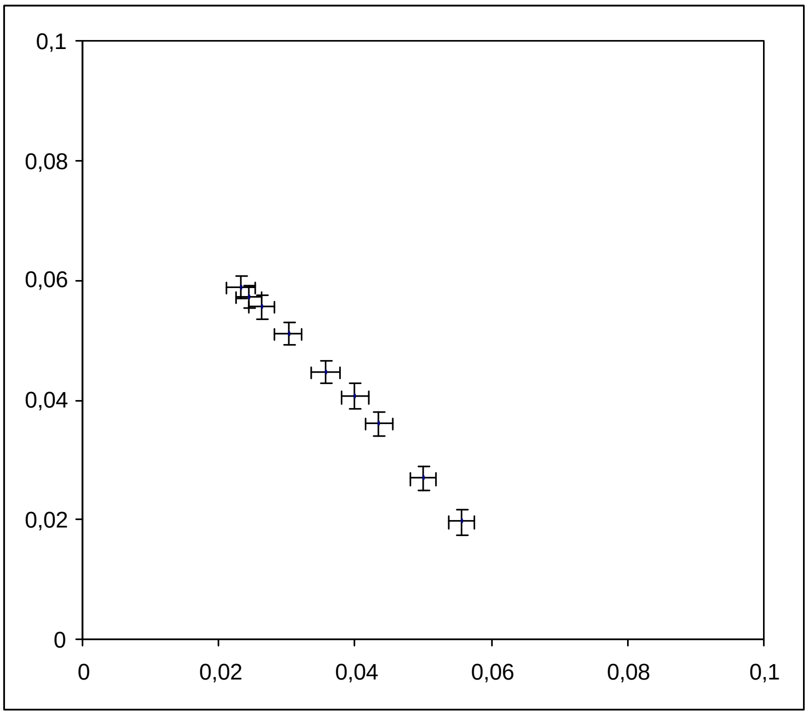
Riportiamo i dati su un foglio Excel e tracciamo il grafico:

p	pMax	pMin	xmin	xMax	Deltax	Medio
43,0 cm	43,5 cm	42,5 cm	0,0230 cm^{-1}	0,0235 cm^{-1}	0,0003 cm^{-1}	0,0233 cm^{-1}
41,0 cm	41,5 cm	40,5 cm	0,0241 cm^{-1}	0,0247 cm^{-1}	0,0003 cm^{-1}	0,0244 cm^{-1}
38,0 cm	38,5 cm	37,5 cm	0,0260 cm^{-1}	0,0267 cm^{-1}	0,0004 cm^{-1}	0,0263 cm^{-1}
33,0 cm	33,5 cm	32,5 cm	0,0298 cm^{-1}	0,0308 cm^{-1}	0,0005 cm^{-1}	0,0303 cm^{-1}
28,0 cm	28,5 cm	27,5 cm	0,0351 cm^{-1}	0,0364 cm^{-1}	0,0007 cm^{-1}	0,0358 cm^{-1}
25,0 cm	25,5 cm	24,5 cm	0,0392 cm^{-1}	0,0408 cm^{-1}	0,0008 cm^{-1}	0,0400 cm^{-1}
23,0 cm	23,5 cm	22,5 cm	0,0426 cm^{-1}	0,0444 cm^{-1}	0,0009 cm^{-1}	0,0435 cm^{-1}
20,0 cm	20,5 cm	19,5 cm	0,0488 cm^{-1}	0,0513 cm^{-1}	0,0013 cm^{-1}	0,0501 cm^{-1}
18,0 cm	18,5 cm	17,5 cm	0,0541 cm^{-1}	0,0571 cm^{-1}	0,0015 cm^{-1}	0,0556 cm^{-1}

q	qMax	qmin	yminy	yMax	Deltay	Medio
17,0 cm	17,5 cm	16,5 cm	0,0571 cm^{-1}	0,0606 cm^{-1}	0,0017 cm^{-1}	0,0588 cm^{-1}
17,5 cm	18,0 cm	17,0 cm	0,0556 cm^{-1}	0,0588 cm^{-1}	0,0016 cm^{-1}	0,0572 cm^{-1}
18,0 cm	18,5 cm	17,5 cm	0,0541 cm^{-1}	0,0571 cm^{-1}	0,0015 cm^{-1}	0,0556 cm^{-1}
19,5 cm	20,0 cm	19,0 cm	0,05 cm^{-1}	0,0526 cm^{-1}	0,0013 cm^{-1}	0,0513 cm^{-1}
22,5 cm	23,0 cm	22,0 cm	0,0437 cm^{-1}	0,0457 cm^{-1}	0,0001 cm^{-1}	0,0447 cm^{-1}
24,5 cm	25,0 cm	24,0 cm	0,0398 cm^{-1}	0,0415 cm^{-1}	0,0008 cm^{-1}	0,0406 cm^{-1}
28,0 cm	28,5 cm	27,5 cm	0,0353 cm^{-1}	0,0366 cm^{-1}	0,0007 cm^{-1}	0,0360 cm^{-1}
37,0 cm	38,0 cm	37,5 cm	0,0265 cm^{-1}	0,0272 cm^{-1}	0,0004 cm^{-1}	0,0269 cm^{-1}
51,0 cm	51,5 cm	50,5 cm	0,0194 cm^{-1}	0,0198 cm^{-1}	0,0002 cm^{-1}	0,0196 cm^{-1}

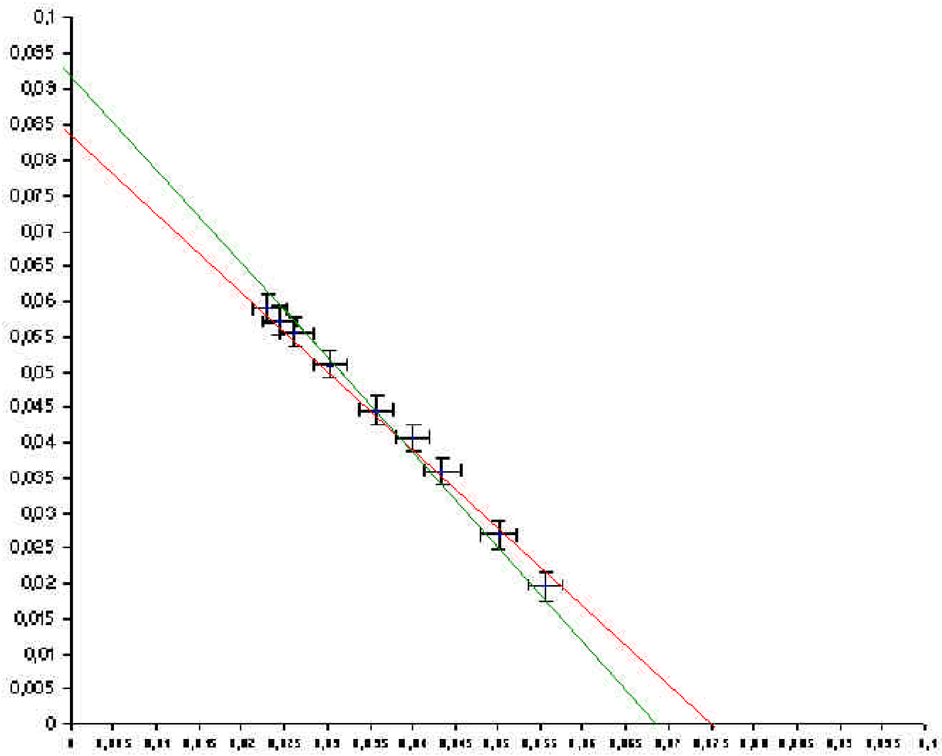
Riportando i dati su un grafico non si avranno quindi dei punti, bensì delle croci che tengono conto sia dell'errore presente sulle x sia sulle y

xmedio	ymedio
0,0233 cm^{-1}	0,0588 cm^{-1}
0,0244 cm^{-1}	0,0572 cm^{-1}
0,0263 cm^{-1}	0,0556 cm^{-1}
0,0303 cm^{-1}	0,0513 cm^{-1}
0,0358 cm^{-1}	0,0447 cm^{-1}
0,0400 cm^{-1}	0,0406 cm^{-1}
0,0435 cm^{-1}	0,0360 cm^{-1}
0,0501 cm^{-1}	0,0269 cm^{-1}
0,0556 cm^{-1}	0,0196 cm^{-1}



Il grafico così ottenuto servirà per ricavare il valore numerico dei parametri necessari per ricavare la legge fisica introdotta precedentemente.

Poiché dalla relazione $x + y = F$ si ottiene $y = -x + F$ i nostri dati dovrebbero rappresentare graficamente una retta di questa equazione.
A causa dell'errore delle misure effettuate, sopra evidenziato dalle crocette, si trova in realta' una banda entro cui giace tale retta, per cui c'è grande arbitrarietà nel modo di tracciare la retta cercata.
Un metodo utilizzato in questi casi per trovare la miglior retta interpolatrice dei punti sperimentali trovati è il metodo della minima e massima pendenza: si tracciano le rette limiti che passano attraverso le barre degli errori e si determinano i due rispettivi coefficienti angolari m_{Max} e $m_{\min}$ e le rispettive intercette F_{Max} e $F_{\min}$.
Riportiamo tale procedimento nel grafico seguente:



Dai nostri dati ricaviamo il coefficiente angolare $m = \dfrac{\Delta y}{\Delta x}$ e l'intercetta F con l'asse y, ottenendo:

per la retta rossa: $m_{\min} = -1{,}12$ e $F_{\min} = 0{,}084\ cm^{-1}$
per la retta verde: $m_{Max} = -1{,}36$ e $F_{Max} = 0{,}092\ cm^{-1}$

pertanto come valore di m ed F con rispettivo errore possiamo assumere:

$$m = \frac{m_{Max} + m_{\min}}{2} \pm \frac{m_{Max} - m_{\min}}{2} = (-1{,}24 \pm 0{,}12)$$

$$F = \frac{F_{Max} + F_{\min}}{2} \pm \frac{F_{Max} - F_{\min}}{2} = (0{,}088 \pm 0{,}004)\ cm^{-1}$$

si noti che $F = \dfrac{1}{f}$ espresso in m^{-1} rappresenta il potere diottrico, cioè la capacita' di convergenza di una lente; nel nostro caso si ha $F = 0.088 \dfrac{1}{cm} = 0.088 \cdot 10^2 \dfrac{1}{m} = 8.8$ diottrie

Poiche' $f = \dfrac{1}{F}$ ripetiamo il ragionamento precedente per determinare il valore della distanza focale f con il suo errore:

$$f_{\min} = \frac{1}{F_{Max}} = \frac{1}{0.092} = 10.87cm \quad \text{e} \quad f_{Max} = \frac{1}{F_{\min}} = \frac{1}{0.084} = 11.90cm$$

da cui risulta:

$$f = \frac{f_{Max} + f_{\min}}{2} \pm \frac{f_{Max} - f_{\min}}{2} = (11.39 \pm 0{,}52)cm$$

In conclusione la distanza focale della lente da noi utilizzata risulta essere $f = (11.39 \pm 0{,}52)cm$