



Grazia Patrizia
Raciti,
Pietro Romano

Liceo Scientifico
Statale "Leonardo",
Giarre

Equazione dei punti coniugati delle lenti: teoria, simulazione, esperimento

(Pervenuto il 14.7.2008, approvato il 22.10.2009)

ABSTRACT.

This paper describes how the refraction of light in optical lens can be modeled using the dynamic geometry software Geogebra. The models and the results obtained in the lab are compared.

Introduzione

In queste pagine viene descritto un metodo per simulare una lente, utilizzando il software di geometria dinamica *Geogebra*.

Geogebra è un ambiente geometrico molto simile a Cabri Géomètre. È *Open Source* e può quindi essere prelevato senza costo alcuno dal sito del produttore (www.geogebra.at). La caratteristica forse più interessante è che integra la parte geometrica con gli aspetti analitici (coordinate ed equazioni) e dà la possibilità di inserire funzioni.

La simulazione consiste essenzialmente nella riproduzione dei due processi di rifrazione sulle superfici della lente.

Il lavoro di simulazione è stato confrontato con misure di laboratorio, per le quali si è fatto uso di una comune sorgente laser e di diversi tipi di lente.

Lenti spesse e lenti sottili

Una lente è un sistema ottico costituito da due diottri accoppiati, come schematizzato nella seguente figura (fig. 1).

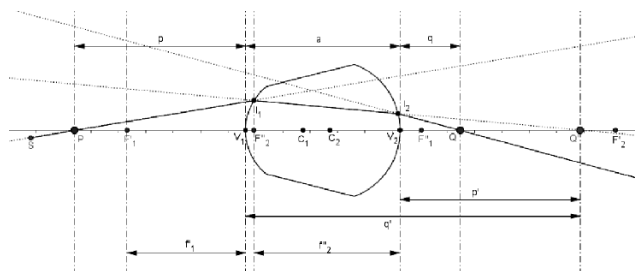


Figura 1. Schema della lente con indicazione delle grandezze caratteristiche.

Detti n_1 ed n_2 gli indici di rifrazione assoluti del mezzo circostante la lente e della lente stessa, e indicato con $n = \frac{n_2}{n_1}$ l'indice di rifrazione relativo, assumiamo come punto di partenza le relazioni che descrivono i due diottri, nell'ambito delle cosiddette *approssimazioni di Gauss*, cioè per angoli di apertura dei diottri piccoli e raggi parassiali:

$$\begin{cases} \frac{1}{p} + \frac{n}{q'} = \frac{n-1}{r_1} = \frac{1}{f_1'} \\ \frac{n}{p'} + \frac{1}{q} = \frac{1-n}{r_2} = \frac{1}{f_2''} \\ p' = -q' + a \end{cases} \quad (1)$$

In esse, abbiamo indicato con:

- p e q' , le distanze (misurate dal vertice V_1 del primo diottro) dell'oggetto e dell'immagine ottenuta dal primo diottro;
- p' , la distanza dell'immagine formata dal primo diottro, misurata però dal vertice V_2 (questa immagine diventa l'oggetto per il secondo diottro);
- $a = \overline{V_1V_2}$, la distanza tra i due vertici;
- $r_1 = \overline{C_1V_1}$ ed $r_2 = \overline{C_2V_2}$ sono i raggi dei due diottri;
- f_1' è il primo fuoco del primo diottro ed f_2'' è il secondo fuoco del secondo diottro.

La terza equazione delle (1) esprime il legame tra q' e p' . Da (1), con brevi passaggi, si ricava anche:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} + n \frac{a}{q'(a-q')} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2)$$

che, per $a \rightarrow 0$, ci fa ottenere la ben nota *equazione dei punti coniugati per lenti sottili*:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right). \quad (3)$$

L'ipotesi $a \rightarrow 0$ in pratica annulla la distanza tra i vertici e le grandezze p e q nella (3) sono pertanto da riferirsi ad un punto $O \equiv V_1 \equiv V_2$, che chiameremo *centro ottico della lente*. Anche la (2) può essere intesa come una equazione dei punti coniugati (della lente spessa), sebbene la relazione (p, q) passi attraverso la determinazione di q' .

I *fuochi* della lente sottile si ottengono ponendo $p \rightarrow \infty$ (secondo fuoco) e $q \rightarrow \infty$ (primo fuoco) nella (3), e in entrambi i casi si ottiene:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right). \quad (4)$$

La costruzione dell'immagine formata da un oggetto di dimensioni finite si ottiene facilmente se si considerano le proprietà dei fuochi e del centro ottico della lente (fig. 2):

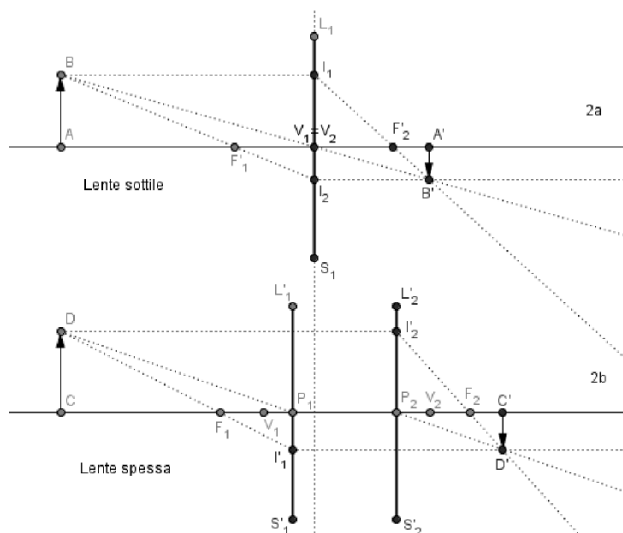


Figura 2. Costruzione delle immagini per lenti sottili (in alto) e per lenti spesse (in basso).

Schematizzando la lente con un segmento $(\overline{L_1S_1})$, in fig. 2a), si ha che:

- a) Un raggio parallelo all'asse ottico, incontra la lente (in I_1), e procede verso il secondo fuoco F_2 .
- b) Un raggio diretto verso il primo fuoco F_1 , incontra la lente (in I_2), e procede parallelamente all'asse ottico.
- c) Un raggio diretto verso il centro della lente, non devia.

Nel caso in cui la lente non possa considerarsi sottile, bisogna utilizzare la più completa relazione (2). Per la determinazione delle distanze focali, questa fornisce:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Fuoco } F_2 (p \rightarrow \infty) \\ \left\{ \begin{array}{l} q_2 = \frac{nr_1}{n-1} \\ \frac{1}{f_2} = -n \frac{a}{q_2(a-q_2)} + (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \end{array} \right. \end{array} \right| \left. \begin{array}{l} \text{Fuoco } F_1 (q \rightarrow \infty) \\ \left\{ \begin{array}{l} q_1 = \frac{nr_2}{n-1} + a \\ \frac{1}{f_1} = -n \frac{a}{q_1(a-q_1)} + (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (5)$$

dove, in generale, è $f_1 \neq f_2$.

È possibile dimostrare che l'equazione (2) può porsi in una forma molto simile alla (3):

$$\frac{1}{p+\alpha} + \frac{1}{p+\beta} = \frac{1}{f'} \quad (6)$$

dove $\alpha = \overline{P_1V_1}$ definisce un punto, P_1 , che viene detto *primo punto principale* della lente. Analogamente, $\beta = \overline{P_2V_2}$ definisce il *secondo punto principale* P_2 . I piani perpendicolari all'asse ottico e passanti per P_1 e P_2 prendono il nome di *piani principali* della lente. Le grandezze α , β , f' si esprimono attraverso le relazioni:

$$\alpha = \frac{af_1'}{n(f_1' + f_2'') - a}; \beta = \frac{af_2''}{n(f_1' + f_2'') - a}; f' = \frac{nf_1'f_2''}{n(f_1' + f_2'') - a} \quad (7)$$

I passaggi per ricavare le relazioni (6)-(7) non sono complicati, ma li omettiamo per non appesantire la trattazione. Una loro derivazione è data in [1]. L'aspetto che qui vogliamo sottolineare è che si possono derivare regole per costruire le immagini abbastanza simili a quelle date per le lenti sottili. Ora però la lente viene schematizzata con due segmenti (i due piani principali $\overline{L_1S_1}$ ed $\overline{L_2S_2}$ in fig. 2b) e si ha che:

- a') Un raggio parallelo all'asse ottico, dopo l'incontro col secondo piano principale (in I_2), procede verso il secondo fuoco F_2 .
- b') Un raggio diretto verso il primo fuoco F_2 , dopo l'incontro col primo piano principale (in I_1), procede parallelamente all'asse ottico.
- c') Un raggio diretto verso il punto P_1 , esce dal punto P_2 parallelamente a sé stesso.

Dalla fig. 2b, deduciamo infine la relazione che ci dà l'ingrandimento lineare della lente. Dai triangoli P_1CD e $P_2C'D'$ segue che:

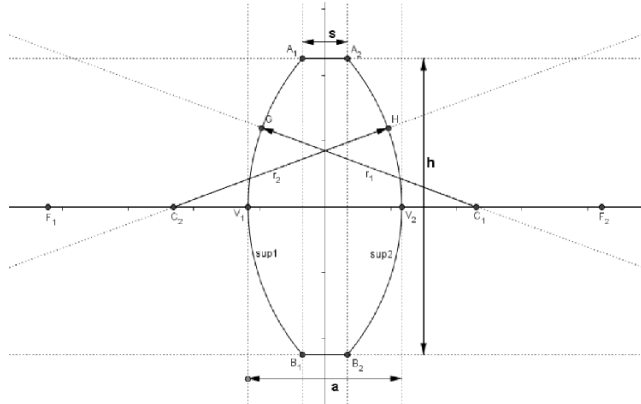
$$I_L = \frac{\overline{C'D'}}{\overline{CD}} = \frac{\overline{P_2C'}}{\overline{P_1C}} = \frac{q+\beta}{p+\alpha} \quad (8)$$

relazione che, per lenti sottili, restituisce la ben nota $I_L = -\frac{q}{p}$.

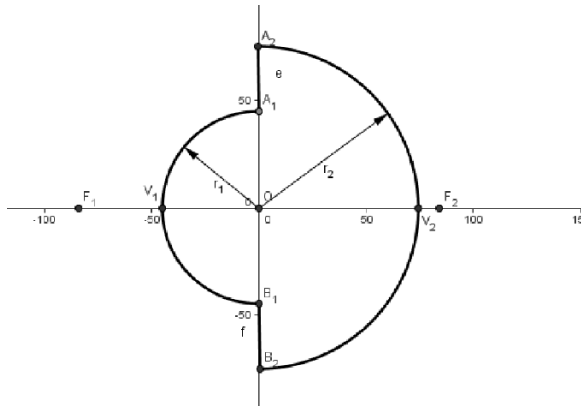
**Attrezzatura di laboratorio.
Geometria delle lenti utilizzate**

Per la parte sperimentale, si è fatto uso di una sorgente laser, di un piano sul quale viene disposto un foglio millimetrato di larghezza 75 cm e lunghezza 3 metri e di vari tipi di lente, tutte dello stesso materiale (plexiglas).

In fig. 3, le lenti utilizzate vengono caratterizzate geometricamente:



	a (mm)	s (mm)	h (mm)	$r_1 (= -r_2)$ (mm)
Lente 1	$47,00 \pm 0,05$	$14,00 \pm 0,05$	$90,00 \pm 0,05$	$69,6 \pm 0,4$
Lente 2	$33,00 \pm 0,05$	$16,00 \pm 0,05$	$100,00 \pm 0,05$	151 ± 1
Lente 3	$27,00 \pm 0,05$	$3,00 \pm 0,05$	$90,00 \pm 0,05$	$90,4 \pm 0,6$
Lente 4	$9,00 \pm 0,05$	$28,00 \pm 0,05$	$90,00 \pm 0,05$	-111 ± 1



	r_1 (mm)	r_2 (mm)
Lente 5	$45,00 \pm 0,05$	$-75,00 \pm 0,05$

Figura 3. Geometria delle lenti.

Le prime tre sono lenti biconvesse (e simmetriche); la quarta è biconcava (sempre simmetrica). Con un calibro al ventesimo di millimetro, si è determinato lo spessore minimo, quello massimo, e l'altezza. Dai dati rilevati, è possibile ricavare i raggi di curvatura r_1 ed r_2 , che, data la simmetria, sono uguali. L'errore è stato valutato con le formule di propagazione.

La quinta lente è ottenuta mettendo assieme due lenti piano-convexe con raggi differenti. In questo caso, col calibro si misurano direttamente i due raggi di curvatura.

Costruzione della lente con Geogebra. Simulazione della rifrazione

Cominciamo innanzitutto a descrivere alcuni aspetti di Geogebra, e lo facciamo con riferimento alla fig. 4, dove viene mostrata la costruzione della lente 1:

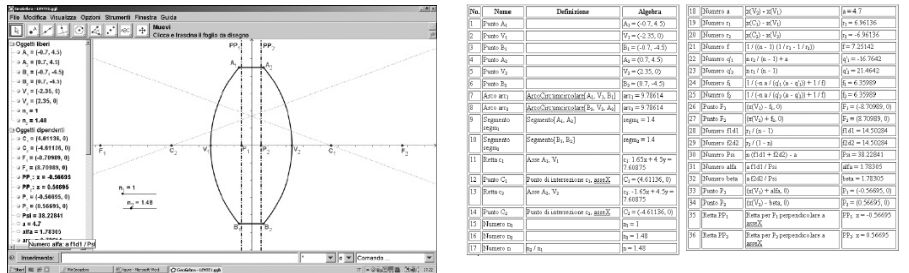


Figura 4. La costruzione della lente 1 mostrata nell'ambiente Geogebra ed il relativo protocollo di costruzione.

Qui, si ha la finestra principale di Geogebra. In alto, abbiamo la *barra dei menu* e la *barra dei pulsanti*. Questi sono dotati di *sottomenu*, che attivano una grande varietà di operazioni di costruzione (*input geometrico*).

Sotto la barra dei pulsanti, abbiamo due finestre: la *finestra geometria*, dove si costruisce la figura e la *finestra algebra*, che mostra gli aspetti analitici degli elementi costruttivi.

È inoltre possibile attivare/disattivare varie opzioni e, tra queste, il *protocollo di costruzione*, che elenca in ordine cronologico i passaggi operativi che portano alla realizzazione della figura geometrica (sempre in fig. 4, a destra, ne viene mostrato un esempio). Inoltre, è possibile realizzare *macro costruzioni*, che sono essenzialmente strumenti definiti dall'utente per rendere automatica l'esecuzione di procedure ripetitive. In basso nella finestra di Geogebra, è presente la *barra di inserimento*. Essa consente il cosiddetto *input algebrico* che, oltre a costituire un modo alternativo per la definizione degli oggetti geometrici, permette anche di definire funzioni ed equazioni. Per costruire la lente, bisogna definire le sue due superfici rifrangenti; quindi, nel piano, vanno tracciati due archi di circonferenza (i due diottri). Definiamo pertanto tre punti, A₁, V₁, B₁ per il primo diottero e altri tre, A₂, V₂, B₂, per il secondo. Con riferimento ad esempio, al punto A₁, basta digitare attraverso la barra di inserimento il comando: A_1 = (-0.7,4.5) oppure definire un punto qualunque del piano con i pulsanti (strumento geometrico *punto*) e modificarne le coordinate dalla *finestra algebra*.

Si tracciano quindi gli archi A₁V₁B₁ e A₂V₂B₂ (strumento geometrico *arco circumcircolare per tre punti*). I centri C₁ e C₂ dei due diottri si costruiscono a partire dagli assi dei segmenti A₁V₁ e A₂V₂. Le relazioni (5) e (7), che consentono di definire fuochi e punti principali, e tutte le grandezze correlate vanno immesse sempre tramite la barra di inserimento. Il modo in cui viene simulato il processo della rifrazione con Geogebra è mostrato in fig. 5:

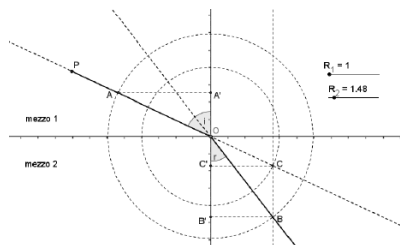


Figura 5. Simulazione della rifrazione.

Il segmento PO rappresenta il raggio di luce che viaggia nel mezzo 1. Con centro in O , vengono tracciate due circonferenze, di raggi R_1 ed R_2 . Il prolungamento di PO nel secondo mezzo incontra la circonferenza di raggio R_1 in C . Da C , si traccia la perpendicolare alla superficie di separazione dei due mezzi, determinando il punto B sull'altra circonferenza. Il raggio OB è il raggio rifratto in quanto, dalla figura, segue che:

$$\begin{cases} \sin \hat{i} = \frac{AA'}{R_2} = \frac{CC'}{R_1} \\ \sin \hat{r} = \frac{BB'}{R_2} = \frac{CC'}{R_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \left(\frac{AA'}{BB'} \right) = \frac{R_2}{R_1}. \quad (9)$$

Se $R_1 < R_2$, si simula il passaggio da un mezzo 1 ad un mezzo 2 più denso. Viceversa, con $R_1 > R_2$, si simula il processo inverso¹.

Variando la posizione del punto P nel mezzo 1, si ottengono differenti raggi rifratti ma il rapporto (9) si mantiene costante, se non si variano i raggi delle due circonferenze. Il rapporto dei raggi definisce quindi l'indice di rifrazione e la costruzione simula adeguatamente il processo.

In fig. 6, abbiamo un esempio di ciò che si ottiene applicando quanto descritto alla lente:

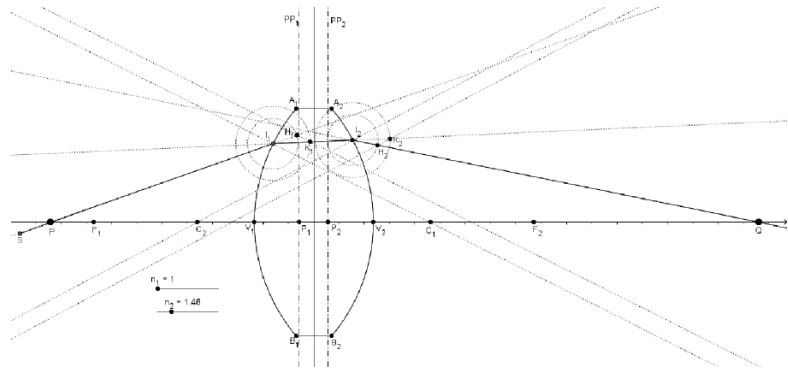


Figura 6. Costruzione geometrica dei due processi di rifrazione sui diottri della lente.

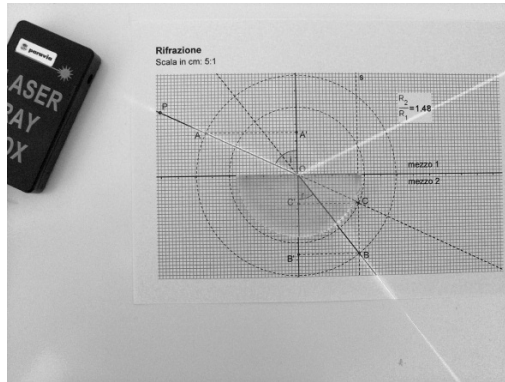
Il raggio uscente da una sorgente S incontra l'asse ottico in un punto (oggetto) P ed il primo diottero in I_1 . Viene costruito con la tecnica descritta il primo raggio rifratto, che a sua volta incide nel punto I_2 del secondo diottero. Viene costruito il secondo raggio rifratto, che incontra l'asse ottico nel punto (immagine) Q .

In fig. 6, il punto I_1 di incidenza sul primo diottero è posto "lontano" dall'asse ottico solo per rendere la figura quanto più chiara possibile. Se si vuole che siano soddisfatte le approssimazioni di Gauss, bisogna utilizzare una piccola porzione di lente in prossimità del vertice V_1 . Solamente così, infatti, determinandosi una effettiva concentrazione dei raggi rifratti, la posizione del punto immagine Q risulta indipendente dalla posizione di I_1 .

Misure di laboratorio e simulazioni: confronti

Indice di rifrazione del plexiglas: una tipica situazione di misura è mostrata nella foto di fig. 7.

Qui abbiamo il confronto diretto tra l'esperimento e la simulazione. L'indice di rifrazione può essere determinato a partire dalle misure dei segmenti AA' e BB' , e alcune di queste rilevazioni sono riportate nella annessa tabella.



$\overline{AA'}$ (mm)	$\overline{BB'}$ (mm)	n
31	21	1,47619
43	29	1,48276
47	32	1,46875
52	35	1,48571
58	39	1,48718
64	43	1,48837
70	47	1,48936
	Media	1,48262
	Dev Std	0,007557

Figura 7. Misure dell'indice di rifrazione del plexiglas.

Distanza focale: le foto di fig. 8 mostrano la determinazione della distanza focale per le lenti 1 e 4:

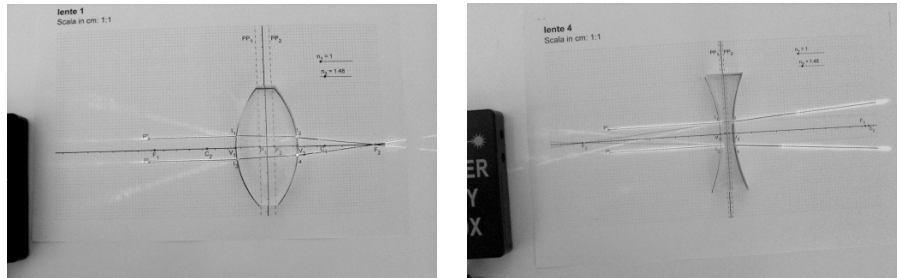


Figura 8. Misura della distanza focale per le lenti 1 e 4.

Anche qui possiamo fare un confronto diretto tra la determinazione sperimentale e la simulazione con Geogebra. L'ottimo accordo che si evidenzia ci fa ritenere adeguata la tecnica di simulazione e ci consente di migliorare la precisione delle misure, in particolare per la lente divergente, dato che il fuoco in questo caso si determina per prolungamento (nel verso opposto a quello di propagazione) dei raggi rifratti. Assumiamo allora il risultato di Geogebra come misura della distanza focale.

In tab. 1, queste determinazioni sono riportate nella colonna 2 e indicate come f_{lab} :

	f_{lab} (mm)	f_{calc} (mm)	a/f_{lab}	$\Delta f/f_{lab}$
Lente 1	64±1	73±1	0,72	14%
Lente 2	152±1	158±2	0,22	4%
Lente 3	89±1	94±1	0,30	6%
Lente 4	-117±1	-116±1	0,08	1%
Linea 5	$f_1 = 41,7 \pm 0,1$ $f_2 = 11,7 \pm 0,1$	59±1	2,88 10,26	40% 392%

Tabella 1. Confronto fra la distanza focale determinata con tecnica accoppiata esperimento + simulazione ed il valore calcolato con la teoria delle lenti sottili.

L'errore indicato è quello che deriva dal calcolo con le formule di propagazione, che non riportiamo. In colonna 3, si riporta la distanza focale (f_{calc}), calcolata attraverso la (3), cioè nella approssimazione di lente sottile. Si osserva che, riducendosi il rapporto (colonna 4), le differenze tra i due valori di f (in colonna 5, le variazioni percentuali) diventano sempre più piccole. La lente 5 è una lente spessa ed inoltre, essendo asimmetrica, presenta due valori differenti per f_1 ed f_2 . Il confronto viene fatto comunque per entrambi i valori e le differenze sono rilevanti.

Equazione dei punti coniugati: La foto di fig. 9 è un ulteriore esempio di combinazione misura-simulazione, in questo caso per verificare l'equazione dei punti coniugati:

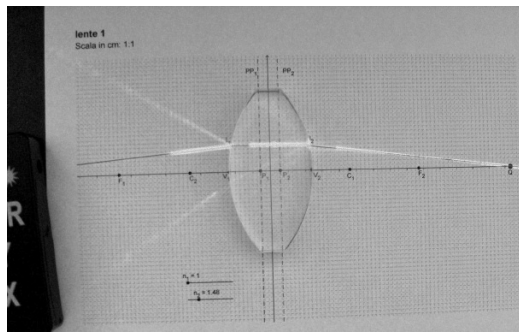


Figura 9. Verifica della equazione dei punti coniugati.

In fig. 10, viene mostrato il risultato ottenuto per la lente 5:

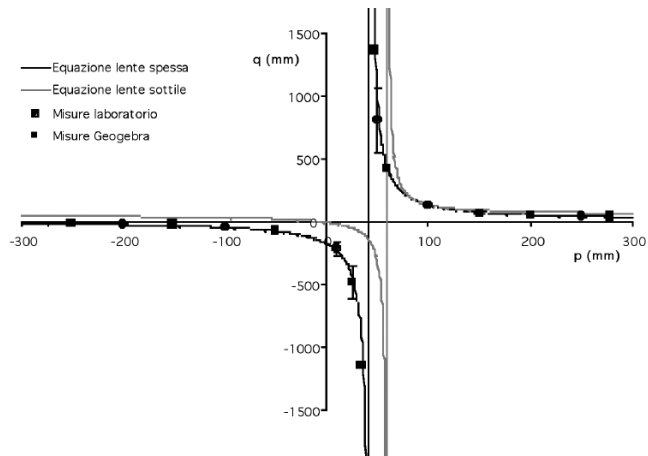


Figura 10. Relazione per la lente 5.

Qui si confrontano misure di laboratorio (simbolo ●), misure Geogebra (simbolo ■), con le teorie per lenti spesse (equazione (3)) e per lenti sottili (equazione (2)). Sia le misure di laboratorio che i risultati del simulatore sono in ottimo accordo con l'equazione per lenti spesse.

Va evidenziato che, quando p (oggetto) è posto in prossimità del primo fuoco (prima o dopo di questo), la misura di laboratorio diventa critica, come evidenziano le barre di errore presenti, che derivano dal calcolo della deviazione standard su più determinazioni. La ragione di ciò è essenzialmente legata al fatto che il fascio laser ha una larghezza Δ di circa 1,8 mm perpendicolarmente alla direzione di propagazione. Per soddisfare la condizione di raggi parassiali, l'inclinazione del fascio rispetto all'asse ottico deve essere piccola. Ciò determina una *larghezza efficace* maggiore, che può essere stimata facilmente. Ad esempio, per un angolo di inclinazione di 5° , abbiamo

certo grado di indeterminazione nella individuazione della posizione del punto oggetto. Per un angolo di 10° , è $\Delta_{eff} \approx 1$ cm, cioè una indeterminazione inferiore, accompagnata però da un minor rispetto della parassialità. Questa indeterminazione su p ha comunque poco effetto se si è distanti dai fuochi, in quanto, in queste condizioni, come è ben visibile in fig. 10, q è poco influenzato da p . Di contro, in prossimità di questi, piccole variazioni di p determinano grandi variazioni di q e, in più, il fatto che ora l'immagine si forma a grande distanza dalla lente, determina un'ulteriore diminuzione di precisione dovuta all'allargamento del fascio laser.

In fig. 11, viene mostrata la relazione (p, q) per la lente divergente 4:

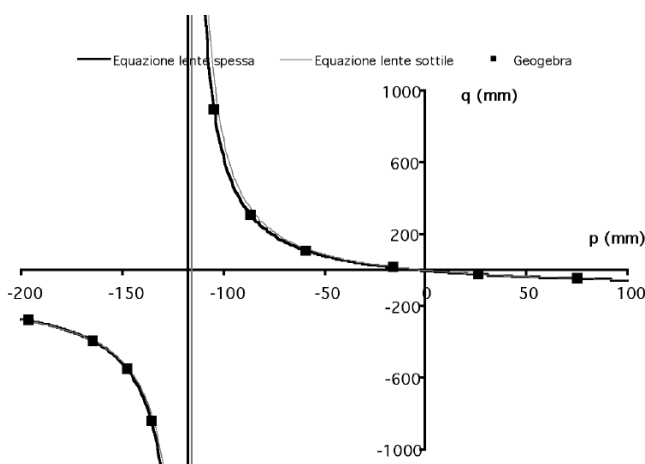


Figura 11. Relazione (p, q) : confronto fra i valori ottenuti con Geogebra (punti) e l'equazione delle lenti (2), nel caso della lente divergente (lente 4). È mostrato anche il confronto con l'equazione per lenti sottili (3).

Le misure fatte con Geogebra si mostrano anche qui in ottimo accordo con la teoria. Si vede inoltre come le differenze con la lente sottile sono, a differenza del caso precedente, minime, segno questo che la lente in questione può essere considerata tale.

Formazione dell'immagine per oggetti di dimensioni finite - Ingrandimento: Il metodo classico di costruzione dell'immagine per oggetti di dimensioni finite, già illustrato in fig. 2 e riassunto dalle regole $a) \rightarrow c)$ e $a') \rightarrow c')$, rispettivamente per lenti sottili e spesse, può essere confrontato con il risultato che si ottiene con Geogebra. In fig. 12, si hanno due di queste situazioni, riferite alla lente 1:

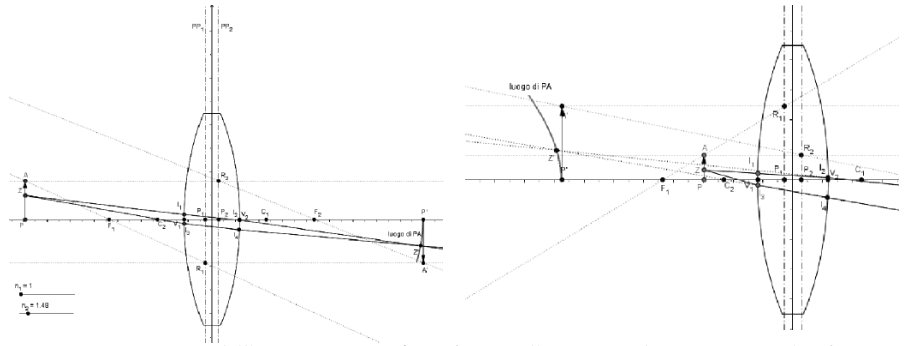


Figura 12. Formazione dell'immagine. Si può confrontare l'immagine determinata con la rifrazione con quella ottenuta applicando le regole di costruzione a) \rightarrow c).

In quella a sinistra, l'immagine è reale; nell'altra, virtuale. L'oggetto è il segmento PA . L'immagine classica è data dal segmento $P'A'$. L'immagine Geogebra viene costruita fissando un punto (Z) sul segmento PA , costruendo la sua immagine come intersezione di due raggi uscenti da Z' , e costruendo infine il luogo geometrico generato da Z' al variare di Z su PA . Si osserva che, se le dimensioni lineari dell'oggetto sono piccole (cioè, si mantiene Z vicino a P), l'immagine Geogebra è molto vicina all'immagine classica. Aumentando la distanza di Z da P , l'immagine Geogebra è distorta per effetto della progressiva perdita di parassialità dei raggi uscenti da Z . Per oggetti di piccole dimensioni, l'ingrandimento può essere valutato come:

$$(10)$$

e si ottengono valori in linea con quelli che si calcolano dalla (8).

Considerazioni didattiche

Uno degli aspetti primari riguardante il modo in cui questo tema è stato sviluppato è nella continua interazione tra simulazione e attività sperimentale. L'una è stata utilizzata a supporto dell'altra, e viceversa.

Inoltre, la simulazione si sviluppa sì in un ambiente operativo ben definito, il software di geometria Geogebra, dotato dei suoi strumenti standard, ma questi devono essere opportunamente applicati per tradurre le leggi fisiche su cui il fenomeno si fonda, consentendone la rappresentazione. A differenza di ciò che si fa, ad esempio, con software quali *Interactive Physics*, dove in genere le leggi fisiche sono predefinite e non modificabili, ed è possibile solamente variarne i parametri, qui le varie fasi della simulazione vengono "costruite dall'utente".

Visto che la ricerca ormai da tempo si basa anche sulla modellizzazione e simulazione di processi mediante gli elaboratori elettronici, far sì che questa "forma mentis" diventi naturale nei nostri studenti attraverso una pratica continua, diventa un obiettivo di primaria importanza.

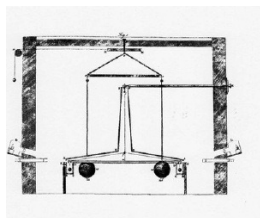
L'aumento del tempo necessario allo svolgimento di una attività, che così diventa più articolata, può essere contenuto se gli studenti sono già in possesso di determinati prerequisiti. Nel nostro caso, ad esempio, la simulazione avviene all'interno di una struttura, Geogebra, che i nostri studenti hanno imparato ad utilizzare sin dal primo anno, per l'uso che se ne fa in geometria.

Note ¹ In rif. [2], viene data una descrizione più completa della costruzione, che prende anche in considerazione la riflessione totale.

- Bibliografia** [1] R. BLUM, D. E. Roller, *FISICA - Volume secondo*, Zanichelli, 1982, p. 499-527.
[2] P. ROMANO, "Ottica Geometrica con Cabri Géomètre", *CABRIRRSAE* n. 34, gen. 2003, p. 12-14.

L'UOMO CHE PESÒ LA TERRA

dal 1 ottobre 2009 al 1 giugno 2010 in tutta Italia



Disegno originale di Cavendish rappresentante il suo apparato per la determinazione del valore di G. Per eliminare gli inconvenienti dovuti alle correnti d'aria, egli racchiuse il dispositivo in una custodia sigillata. Inoltre, si servì di piccoli telescopi per osservare da lontano la rotazione del braccio della bilancia...

Perché una bomba esplode e un carciofo no? Di chi è la bilancia di Cavendish se il pendolo di Foucault è di Umberto Eco? Parallela e parallasse significano la stessa cosa? Così domanda – nello spettacolo teatrale *L'uomo che pesò la Terra* – un'allieva alla propria insegnante. Convinta che Cavendish fosse una

specie di supereroe (il costume: quello dell'Uomo Ragno!) intento a esperimenti segreti e Newton poco più che un *nerd*, l'allieva inonda di domande l'insegnante che, a lei e al pubblico, cerca di spiegare chi siano veramente Newton e Cavendish (l'uomo, oltre che lo scienziato), cosa sia la legge di gravitazione universale, come sia nata... E così, dal concetto di peso presso gli antichi Greci e passando attraverso la scoperta della gravità, la legge di Newton, si arriva alla bilancia di torsione di Cavendish e alla misura della costante di gravitazione.

L'uomo che pesò la Terra è uno spettacolo teatrale creato dall'associazione *Schegge di cotone* e ideato e scritto per le scuole secondarie superiori. C'è, ancora una volta, la volontà di avvicinare i giovani alla scienza, di smontare i pregiudizi che la vogliono noiosa e ostica; ma c'è di più: l'intento di dare importanza anche agli aspetti biografici degli uomini che fanno scienza e di restituire centralità e spessore ai fondamenti filosofici e alle idee che hanno segnato lo sviluppo del pensiero scientifico.

Lo spettacolo non necessita di spazi e allestimenti particolari. La compagnia *Schegge di cotone* sta predisponendo il calendario delle rappresentazioni per la seconda parte dell'anno scolastico 2009/2010:

8-13 febbraio 2010	Torino e Piemonte
22-27 febbraio 2010	Brescia e Lombardia
12-17 aprile 2010	Treviso, Veneto e Friuli

Chiunque fosse interessato a promuovere una rappresentazione di *L'uomo che pesò la Terra* presso la propria scuola, può contattare: Ottavia Leoni, 347-1480701, ottavial@yahoo.it
www.scheggedicotone.com