

CZU: 53(072)

**TREI VARIANTE DIFERITE
ALE UNEI LUCRĂRI DE LABORATOR DE FIZICĂ**

Mihail POPA, conf. univ., dr.
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

Abstract: *This article shows three different versions of a laboratory work of Physics with the name „Determination of focal length and/or convergence of a thin lens”.*

Termeni-cheie: *lentilă, distanță focală, convergență, banc optic, focar, plan focal*

Introducere

Studierea experimentală a fenomenelor fizicii, deducerea și verificarea experimentală a legilor fizice constituie imperativul învățământului actual, ce are caracter preponderent formativ. Deși lucrările de laborator reprezintă o acțiune reală, materială asupra sistemului fizic, ele nu se reduc la o simplă cunoaștere senzorială, ci presupun un proces complex, în care gândirea teoretică are și ea un rol important, mai ales în faza de concepere a montajului și a modului de lucru, dar și după obținerea datelor, în etapa prelucrării și interpretării acestora. Urmărind curriculumurile și manualele de fizică, se remarcă peste tot amprenta caracterului experimental ce se atribuie acestei materii școlare. Dintr-o asemenea perspectivă rezultă că activitatea de laborator este de importanță decisivă, fiind condiția fundamentală a învățării acestei discipline, ce are ca obiect de studiu natura cu manifestările sale fizice.

Articolul respectiv prezintă trei variante diferite ale unei lucrări de laborator de fizică cu numele *Determinarea distanței focale și/sau convergenței unei lentile subțiri*.

Variantă I

Obiectivul lucrării: familiarizarea cu metodele experimentale de determinare a distanței focale și convergenței unei lentile convergente.

Aparate și accesorii: banc optic, lentile convergente, sursa de lumină într-o carcasă specială, ecran, riglă.

Considerații teoretice

Lentila este un corp transparent (de obicei sticlă), delimitat de două suprafețe sferice, cu razele R_1 și R_2 (Fig. 1.a). Lentilele sunt biconvexe, biconcave, plan-convexe, plan-concave, menisc convergent și menisc divergent. Lucrarea se referă la numai primul tip de lentilă.

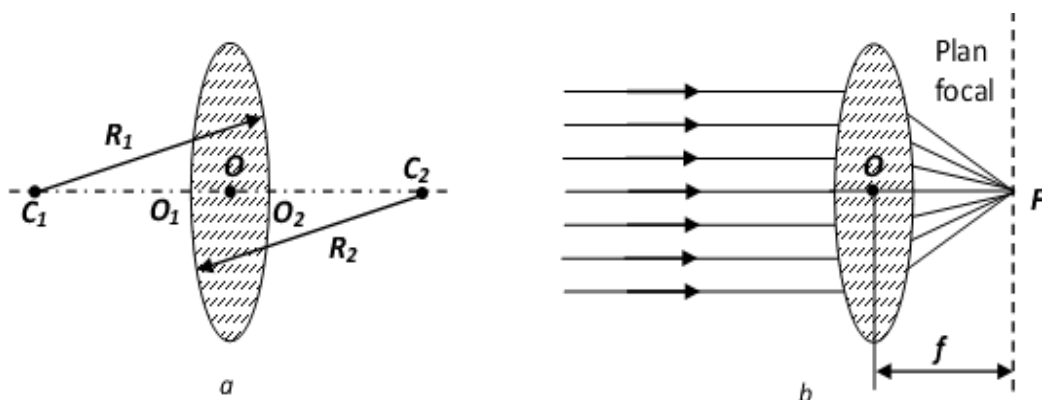


Fig.1. Elementele principale ale unei lentile subțiri (a). Planul focal al unei lentile (b)

Linia dreaptă care unește centrele C_1 și C_2 ale suprafețelor sferice este numită axa optică a lentilei. Punctele O_1 și O_2 sînt vîrfurile lentilei, iar distanța O_1O_2 reprezintă grosimea lentilei. Lentila este considerată subțire, dacă grosimea ei este mult mai mică decît razele R_1 (sau R_2). Punctul O este centrul optic al lentilei (Fig 1.a).

Dacă pe lentilă cade un fascicul de lumină, paralel cu axa optică principală, după refracție pe suprafețele lentilei, razele (sau extensiunile lor) se vor întîlni în punctul F . Acest punct se numește *focarul lentilei*, iar distanța dintre centrul optic O și focarul lentilei F se numește *distanțã focală*. Lentilă biconvexă are două focare, amplasate pe părțile opuse ale lentilei la aceeași distanță ($R_1 = R_2$). Planul perpendicular pe axa optică și care trece prin unul din focare este numit *plan focal*. Mărimea $C = 1/f$, adică mărimea inversă distanței focale se numește *puterea optică* a lentilei. În SI unitatea de măsură a puterii optice este *dioptria* (δ). O dioptrie este puterea optică a lentilei cu distanța focală $f = 1 \text{ m}$.

Lentilele se folosesc pentru schimbarea direcției de propagare a razelor de lumină în dispozitivele optice. În acest caz are loc o deplasare vizibilă și modificare a dimensiunilor liniare ale obiectelor. Pentru construirea imaginii unei surse

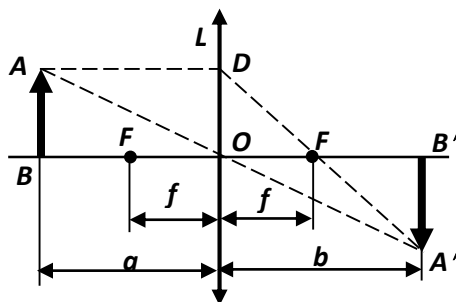


Fig. 2. Construcția imaginii într-o lentilă

fixe într-o lentilă convergentă ne folosim de două din cele trei raze. Prima rază de lumină merge paralel cu axa optică principală și după refracție trece prin focar. Cea de-a doua rază de lumină trece prin centrul optic O fără ași modifica direcția (Fig. 2). Raza 3 trece prin focarul-obiect al lentilei, iar după refracție merge paralel cu axa optică principală.

Mărimea a se numește distanța de la obiectul AB pînă la lentila L , b reprezintă distanța de la lentila L pînă la imaginea $A'B'$, iar f este distanța focală. Toate acestea sunt legate printr-o relație simplă care se poate deduce ușor. Din asemănarea triunghiurilor ABO și $A'V'O$ rezultă că

$$\frac{AB}{a} = \frac{A'B'}{b} \rightarrow \frac{AB}{A'B'} = \frac{a}{b}, \quad (1)$$

iar din asemănarea triunghiurilor DOF și $A'B'F$ rezultă

$$\frac{DO}{f} = \frac{A'B'}{b-f} \rightarrow \frac{DO}{A'B'} = \frac{f}{b-f}. \quad (2)$$

Părțile stîngi a expresiilor (1) și (2) sunt egale, deoarece $DO = AB$. De aceea, sînt egale și părțile drepte ale acestora:

$$\frac{a}{b} = \frac{f}{b-f}. \quad (3)$$

Scriem relația (3) fără linii de fracție și dacă o împărțim la termenul abf , obținem:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}. \quad (4)$$

Relația (4) reprezintă *formula lentilei subțiri*.

Descrierea instalației

Măsurătorile se fac pe un banc optic, pe care se află niște călăreți, iar pe aceștia sînt fixate sursa (spirală becului joacă rolul de obiect), lentila și ecranul. Centrele acestor elemente trebui să se afle la aceeași înălțime, iar axa optică a lentilei este paralelă cu marginea bancului optic. Distanțele dintre elementele bancului optic se măsoară cu o riglă situată pe bancul optic. Asigurarea clarității imaginii se face manual. Distanța focală f a lentilelor subțiri poate fi determinată prin diferite metode, pe care le vom descrie mai jos.

Ordinea operațiilor

Această metodă se bazează pe folosirea formulei lentilei. Într-adevăr, dacă măsurăm distanța a de la obiect la lentilă și distanța b de la lentilă la ecran, pe care se obține o imagine clară a obiectului, este ușor de calculat distanța focală după formula lentilelor subțiri:

$$f = \frac{a \cdot b}{a + b} \quad (5)$$

1.1. Pe bancul optic, la o anumită distanță, se stabilesc călăreții cu sursa de lumină (becul electric) și ecran. Între ele, se pune călărețul cu lentila convergentă. Becul electric se alimentează cu energie electrică.

1.2. Se deplasează lentila de-a lungul bancului optic pentru a obține o imagine clară a obiectului pe ecran.

1.3. Pe rigla bancului optic se măsoară distanțele a și b (pozițiile centrului lentilei, sursei și ecranului se determină după aceasta riglă).

1.4. Se deplasează lentila, repetînd punctele 1.2 și 1.3 de circa cinci ori.

1.5. Pentru fiecare dintre perechile a și b măsurăm mărimile f_i , Σf_i , $\langle f_i \rangle$.

1.6. Calculăm puterea optică a lentilei $C = 1/f$.

1.7. Rezultatele se completează în Tabelul 1.

Tabelul 1

N	a , mm	b , mm	$f = \frac{a \cdot b}{a + b}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
$\Sigma f_i =$			
		$\langle f_i \rangle =$	
			$C =$

Varianta II

Cea de-a doua metodă de determinare a distanței focale se bazează pe construcția a două imagini reale ale unui obiect într-o lentilă convergentă, deplasînd numai lentila, în timp ce obiectul și ecranul rămîne nemodificat.

În acest caz trebuie măsurată doar distanța dintre pozițiile lentilei l fără a măsura distanțele obiect-lentilă și lentilă-imagine.

Într-adevăr, să presupunem că distanța dintre obiect și ecran L este mai mare de $4f$ ($L > 4f$). În acest caz va exista întotdeauna două astfel de poziții ale lentilei (I și II din Fig. 3), pentru care pe ecran se vor observa două imagini clare ale obiectului: una mărită și alta micșorată.

Este ușor de observat că ambele imagini sînt simetrice față de mijlocul distanței dintre obiect și imagine (ecran). Pentru prima poziție a lentilei, conform relației (5), obținem

$$f = \frac{(L - l - b_2)(l + b_2)}{L}, \quad (6)$$

iar pentru poziția a doua

$$f = \frac{(L - b_2) \cdot b_2}{L}. \quad (7)$$

Egalînd părțile drepte ale ultimelor relații, obținem

$$b_2 = \frac{(L - l)}{2}. \quad (8)$$

Astfel, în loc de expresia $a_1 = L - l - b_2$ avem $a_1 = (L - l)/2$, de unde rezultă că $a_1 = b_2$. Acest lucru înseamnă că ambele poziții ale lentilei se află la distanțe egale: una față de obiect, iar alta față de imagine, și ca rezultat, sînt simetrice față de mijlocul distanței dintre obiect și ecran. Pentru a obține expresia pentru f , analizăm una din pozițiile lentilei (de exemplu, a doua). Pentru aceasta $b_2 = (L - l)/2$, $a_2 = L - b_2 = (L + l)/2$ și înlocuind acestea în relația

$$f = \frac{a_2 \cdot b_2}{a_2 + b_2}. \quad (9)$$

obținem *formula de lucru*:

$$f = \frac{L^2 - l^2}{4L}. \quad (10)$$

Ordinea operațiilor

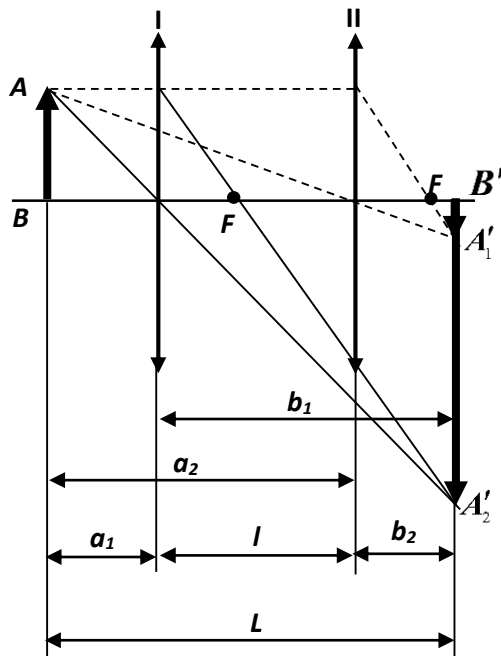


Fig. 3. Formarea a două imagini reale într-o lentilă convergentă

2.1. Sursa de lumină (obiectul) și ecranul sunt așezate pe bancul optic la o distanță $L > 4f$ una față de alta. (Cadru didactic cunoaște valoarea f în urma măsurărilor anterioare).

2.2. Se conectează sursa de lumină. Deplasăm lentila pînă cînd pe ecran se obține o *imagine clară și mărită* a obiectului. Notăm poziția lentilei prin x_1 . Măsurătorile se repetă de 5 - 7 ori.

2.3. Se deplasează lentila, astfel încît pe ecran să se obțină *imaginea clară și micșorată* a obiectului. Poziția nouă a lentilei o notăm prin x_2 . Măsurătorile se repetă de 5 - 7 ori.

2.4. Calculăm mărimile $\Sigma x_{1,i}$, $\Sigma x_{2,i}$, $\langle x_1 \rangle$, $\langle x_2 \rangle$, $\langle l \rangle = \langle x_1 \rangle - \langle x_2 \rangle$.

2.5. Determinăm distanța focală după relația $\langle f \rangle = (L^2 - \langle l^2 \rangle) / (4L)$.

2.6. Rezultatele obținute se introduc în Tabelul 2.

Tabelul 2

x_1							$\Sigma x_1 =$	$\langle x_1 \rangle =$
x_2							$\Sigma x_2 =$	$\langle x_2 \rangle =$
$L =$	$\langle l \rangle =$						$f =$	

2.7. Găsim diferență dintre rezultatele obținute prin prima și a doua metodă:

$$\delta_f = \frac{\langle f \rangle_1 - \langle f \rangle_2}{\langle f \rangle_1} \cdot 100\%$$

Variantă III

Aparate și materiale necesare: lentilă subțire, riglă gradată, o foaie de hîrtie, un creion

Ordinea operațiilor

3.1. Pe o foaie de hîrtie trasăm două linii paralele cu lungimea de 3 - 4 cm și la distanța dintre ele $h = 2 - 3$ mm (Fig. 4).

3.2. Luăm lentila în mîna stîngă, închidem ochiul drept, iar

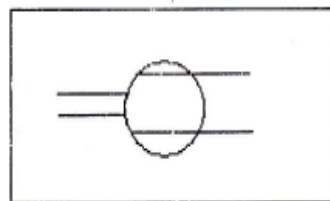


Fig. 4. Obiect și imagine

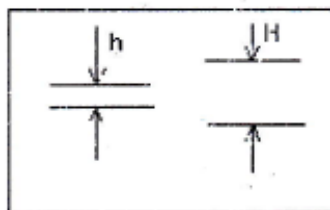


Fig. 5. Înălțimile obiectului și ale imaginii

cu ochiul stîng analizăm prin lentilă liniile trasate pînă ce imaginea acestora va deveni maximă și cea mai clară. Pentru poziția obținută, trasăm cu creionul din mîna dreaptă liniile noi obținute și notăm distanța dintre ele prin H (Fig. 5).

3.3. Pentru poziția respectivă determinați distanța de la foaie pînă la lentila subțire d (distanța obiect-lentilă).

3.4. Calculăm mărirea liniară a lentilei după formula:

$$\beta = \frac{H}{h}. \quad (11)$$

3.5. Calculăm distanța de la lentilă pînă la imagine

$$d' = \beta d. \quad (12)$$

3.6. Determinăm convergența lentilei după formula:

$$C = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \quad (13)$$

sau

$$C = \frac{d+d'}{dd'}. \quad (14)$$

3.7 Repetăm punctele 3.1 – 3.6 pentru alte două distanțe diferite h .

3.8 Completăm Tabelul 3.

Tabelul 3

Nr. exp.	h, m	H, m	d, m	β	d', m	C, δ	C_{med}, δ	$\frac{\Delta C}{C}$	$\Delta C, \delta$	$\Delta C_{med}, \delta$
1.										
2.										
3.										

3.9. Deduceți formula de calcul a erorii relative $\Delta C/C$.

3.10. Determinați eroarea absolută ΔC .

3.11. Prezentați rezultatul final sub forma:

$$C = C_{med} + \Delta C_{med}. \quad (15)$$

Chestionar

1. Ce reprezintă un sistem optic? Care sisteme optice se numesc centrate?
2. Cum se determină convergența și mărirea liniară ale unui sistem optic din lentile asociate?
3. Cum depinde distanța focală a unei lentile de razele de curbură ale suprafețelor și de indicele de refracție a materialului din care ea este confecționată?
4. Enumerați regula semnelor pentru razele de curbură a lentilelor și explicați modul de aplicare al ei.

Bibliografie

8. ЛАНДСБЕРГ, Г.С., *Оптика*, Москва, Физматлит, 2003, гл. XII., 230 с.;
9. POPESCU, I.-I., ULIU, F., *Optică geometrică*, Craiova, Editura Universitaria, 2006, 212 p.;
10. GRUESCU, C., *Optica tehnică. Aplicații*, 2009, 99 p.
11. ВДОВИН, Н.А., ЛОСКУТОВ, К.Н., МАРЦЕНЮК, Т.Д., ЩИЦИНА, Ю.К., *Оптика: лабораторный практикум*, Издательство ПГТУ, Пермь, 2004, 84 с.
12. ПЕТРОВА, Н.А., ШУБИН В.В., *Волновая и геометрическая оптика: Сб. лаб. работ по общему курсу физики*, Великий Новгород, Нов.Г.У. им. Ярослава Мудрого, 2000, 76 с.
13. <http://www.phys.ubbcluj.ro/~dana.maniu/Laborator%20Optica/Lentile%20subtiri.pdf>