

LUCRAREA NR. 1

DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALĂ A LENTILELOR SUBȚIRI



Tema lucrării:

- 1) Determinarea distanței focale a unei lentile convergente.
- 2) Determinarea distanței focale a unei lentile divergente.

Aparate necesare:

Banc optic gradat, cavaleri, lentilă convergentă, lentilă divergentă, sursa de lumină, obiect luminos, vizor.

Considerații teoretice

Doi dioptri, dintre care cel puțin unul este sferic formează o *lentilă*. În practică lentila se confecționează dintr-un material transparent (sticlă, cuarț, etc.) având o formă dintre cele prezentate în fig. 1.1. În acest fel cei doi dioptri separă materialul lentilei de mediul înconjurător (de obicei aer). După acțiunea lor asupra unui fascicul paralel de lumină, lentilele se împart în *convergente*, dacă transformă fasciculul paralel de lumină într-un fascicul convergent (fig. 1.1 a, b, c) și respectiv *divergente* dacă transformă fasciculul paralel în unul divergent (fig. 1.1. d, e, f).

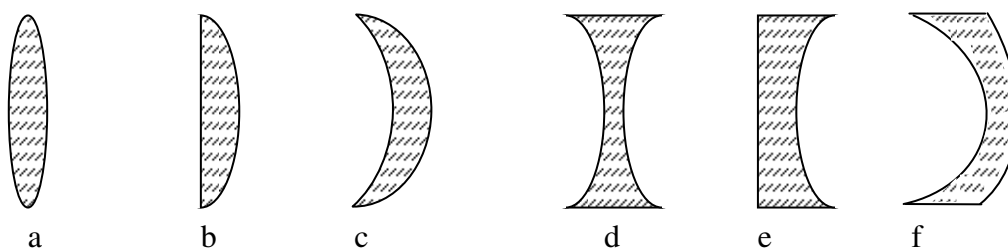


Fig. 1.1

Axa optică principală a lentilei este dreapta care trece prin cele două centre de curbură ale dioptrilor care mărginesc lentila, respectiv este perpendiculară pe suprafața plană în cazul lentilelor ce sunt mărginite de un dioptru plan. Dacă grosimea lentilei este mică în comparație cu razele de curbură ale fețelor, lentila este considerată subțire. În acest caz planele principale sunt confundate. Pentru o lentilă subțire punctele nodale coincid într-un punct numit *centru optic* notat **O** prin care razele luminoase trec nedeviate. El se află la intersecția axei optice cu planul la care s-a redus lentila subțire.

Dacă razele de lumină incidente pe lentilă sunt paralele cu axa optică principală, atunci după trecerea prin lentilă ele sunt strânse într-un punct **F₂** - *focar principal imagine* - situat pe axa optică principală.

Dacă razele de lumină incidente pe lentilă trec printr-un punct situat pe axa optică numit *focar principal obiect* **F₁**, atunci după trecerea prin lentilă ele se propagă paralel cu axa optică.

În concluzie o lentilă subțire are două focare, un *focar obiect* **F₁** și un *focar imagine* **F₂**. Pentru o lentilă cufundată în același mediu (în cazul nostru aer), cele două focare se află la distanțe egale de centrul optic **O** al lentilei, de o parte și de alta a lentilei.

Prin convenție *distanța focală* f a unei lentile este distanța de la centrul optic al acesteia la focarul imagine. Pentru lentilele convergente distanța focală este pozitivă, iar pentru cele divergente este negativă (fig.1.2.a și b).

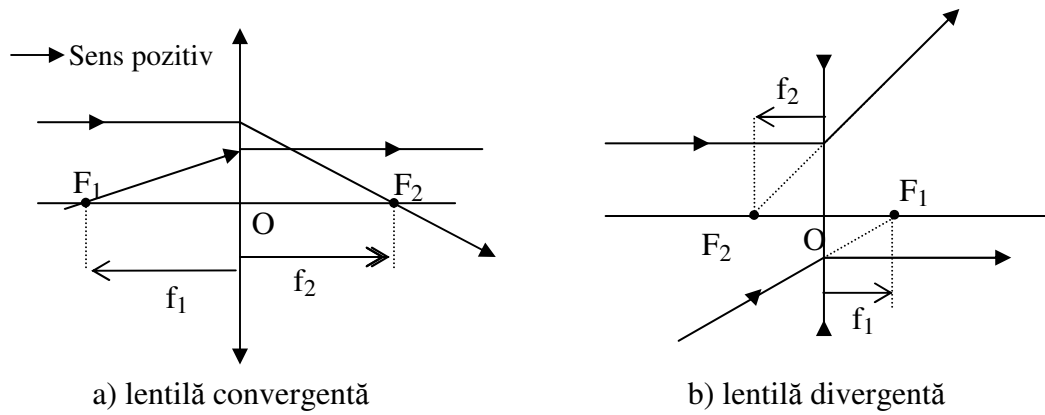


Fig. 1.2. Focarele unei lentile subțiri

Ținând seama de convenția de semn (distanțele măsurate în sensul propagării luminii sunt pozitive, iar cele măsurate în sens invers propagării luminii sunt negative) și de faptul că distanțele se măsoară de la centrul optic al lentilei (considerat originea segmentelor) între *distanța obiect* p_1 , *distanța imagine* p_2 și *distanța focală* f există relația:

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{p_1} + \frac{1}{p_2} \quad (1.1)$$

În figura (1.3.) sunt prezentate modalitățile de formare a imaginii unui obiect real prin cele două tipuri de lentile subțiri.

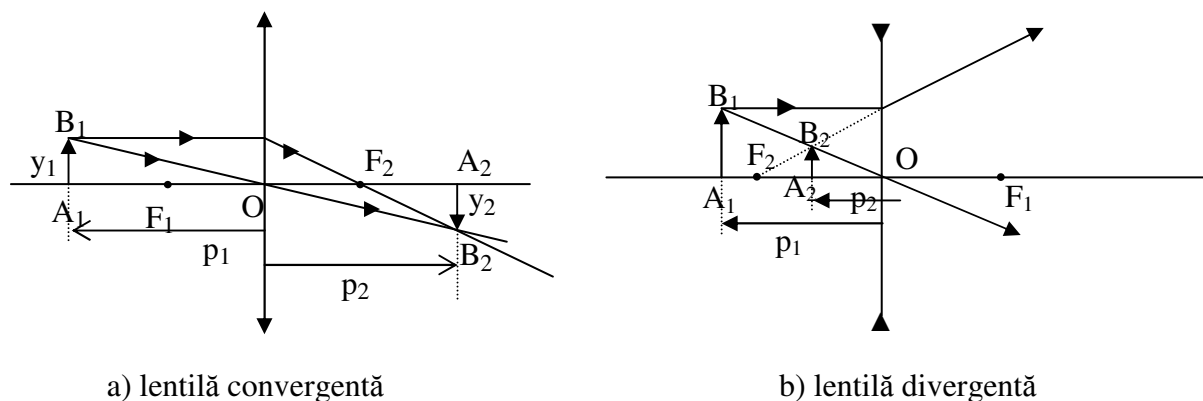


Fig. 1.3. Construirea imaginii în lentile subțiri

Fasciculele de lumină paralele, incidente pe o lentilă divergentă sunt transformate în fascicule divergente. Din acest motiv, întotdeauna imaginea formată de o lentilă divergentă pentru un obiect real va fi virtuală. Cu ajutorul lentilei divergente se pot obține imagini reale numai în cazul obiectelor virtuale, situate între centrul optic al acesteia și focarul obiect F_1 (fig. 1.4). Obiectul virtual se obține cu ajutorul unei lentile convergente auxiliare.

În cazul lentilelor convergente, imaginea unui obiect real este virtuală numai dacă obiectul este așezat între lentilă și focar. În acest caz lentila funcționează ca o lupă.

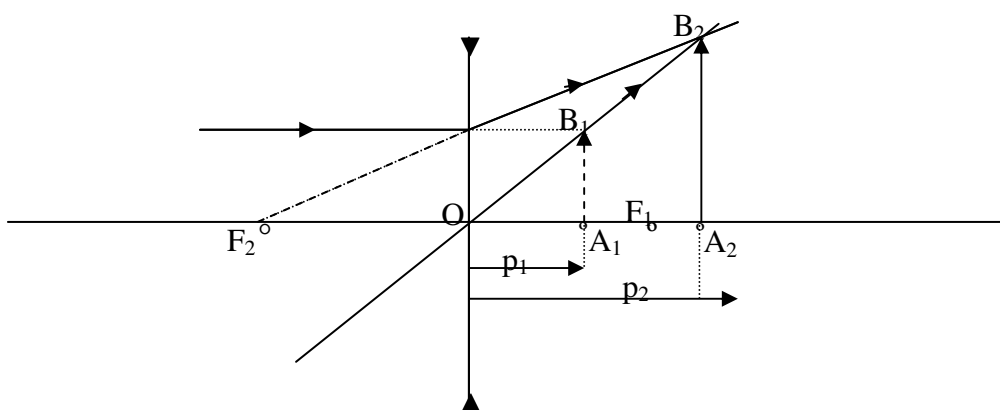


Fig. 1.4. Obținerea unei imagini reale într-o lentilă divergentă

Mersul lucrării

1) Determinarea distanței focale a unei lentile convergente

Operații preliminare:

I) Se determină orientativ ordinul de mărime a distanței focale a lentilei convergente. Pentru aceasta se proiectează imaginea clară a unui obiect depărtat pe un paravan (perete). Distanța de la lentilă la paravan este aproximativ egală cu distanța focală f a lentilei.

II) Înainte de a începe măsurătorile este necesară centrarea întregului dispozitiv experimental. Pentru aceasta se așează pe bancul optic, în ordine, sursa de lumină, obiectul (care are un caroiaj și un filtru de culoare verde), lentila și vizorul. Distanța dintre obiect și vizor trebuie să fie mai mare decât de patru ori distanța focală. Se verifică ca toate piesele să fie la aceeași înălțime deasupra bancului optic. Se deplasează lentila pentru ca în vizor să se obțină imaginea micșorată a obiectului. Se centrează astfel vizorul astfel încât centrul imaginii să fie în centrul câmpului vizual. Se

deplasează lentila până când în vizorul rămas fix se obține imaginea mărită a obiectului. Se centrează lentila, urmărind în vizor ca centrul imaginii să ajungă în centrul câmpului vizual. Centrarea dispozitivului experimental se controlează deplasând lentila până când în vizor se obține din nou imaginea micșorată. Dacă este necesar, se repetă operațiile descrise mai sus, până când imaginile obținute își păstrează centrarea la deplasarea lentilei pe bancul optic.

a) Determinarea distanței focale prin metoda directă

Această metodă permite calcularea distanței focale f cu ajutorul formulei (1.1) determinând direct valorile distanțelor p_1 și p_2 .

Se așază pe bancul optic piesele indicate în fig. 1.5.

Pozițiile obiectului a_1 și ale lentilei a_0 , se iau astfel încât distanța obiect să fie mai mare decât distanța focală a lentilei. Se deplasează vizorul până când în planul firelor reticulare se vede, clar și fără paralaxă, imaginea obiectului. Se notează poziția imaginii a_2 . Se calculează distanța obiect p_1 și distanța imagine p_2 cu ajutorul relațiilor:

$$p_1 = a_1 - a_0$$

$$p_2 = a_2 - a_0$$

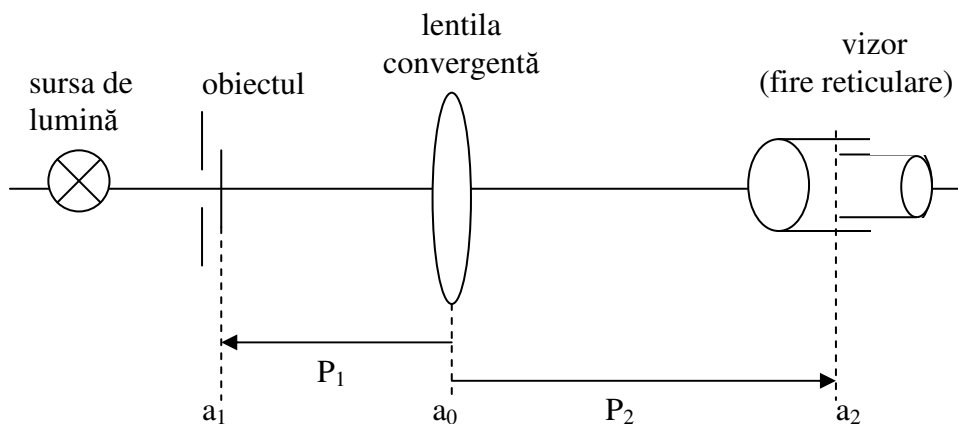


Fig. 1.5.

Menținând fixe pozițiile obiectului și ale lentilei, se repetă de cel puțin trei ori determinarea poziției imaginii a_2 . Apoi se calculează valoarea medie a distanței imagine p_2 . În continuare se deplasează lentila (modificând astfel valoarea p_1) și procedând analog se determină valorile p_2 și valoarea medie corespunzătoare. Măsurătorile se repetă pentru cel puțin trei valori diferite ale distanței p_1 .

Pentru fiecare pereche de valori p_1 și \bar{p}_2 se calculează distanța focală f a lentilei convergente cu formula (1.1) și valoarea medie a distanței focale \bar{f} . Datele experimentale și calculele se trec în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1.

a_1	a_0	a_2	p_1	p_2	\bar{p}_2	f	\bar{f}	Δf	$\overline{\Delta f}$	$\frac{\overline{\Delta f}}{f}$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	%

Rezultatele obținute pot fi sintetizate cu ajutorul relației: $f = \bar{f} + \overline{\Delta f}$

b) Determinarea distanței focale prin metoda Bessel

Această metodă este utilizată și în cazul lentilelor groase sau a sistemelor mai complexe, deoarece elimină eroarea de centrare a lentilei pe suport.

Dacă obiectul și vizorul sunt așezate la o distanță l suficient de mare ($l > 4f$), există două poziții ale lentilei pentru care se obțin imagini clare: pentru o poziție a lentilei mai aproape de obiect se obține o imagine mărită, iar pentru o poziție a lentilei mai aproape de vizor se obține o imagine micșorată. Pentru aceste două poziții ale lentilei, aflate la o distanță d una de alta, valorile p_1 și p_2 se inversează. Ținând seama de aceasta, rezultă:

$$|p_1| + |p_2| = l$$

$$|p_2| - |p_1| = d$$

Înlocuind în formula (1.1) se obține pentru distanța focală valoarea:

$$f = \frac{l^2 - d^2}{4l} \quad (1.2)$$

Deoarece în relația (1.2) apare numai diferența dintre cele două poziții ale lentilei, valoarea distanței focale f nu este afectată de o centrare imperfectă a lentilei pe suport sau de grosimea acesteia.

Pe bancul optic se așează în ordine: sursa de lumină, obiectul, lentila convergentă și vizorul. Se controlează centrarea tuturor pieselor de pe bancul optic și se notează poziția obiectului cu a_0 . Se așează vizorul într-o poziție a_v astfel ca distanța l dintre obiect și vizor să fie mai mare decât $4f$. Se deplasează lentila între obiect și vizor și se notează cu a_1 și a_2 pozițiile lentilei pentru care se obțin imagini clare în vizor. Se calculează distanțele:

$$l = a_v - a_0$$

$$d = a_2 - a_1.$$

Pentru aceeași valoare a distanței l măsurătorile se repetă de trei ori. Se calculează valorile d corespunzătoare și valoarea medie.

Cu ajutorul formulei (1.2) se află valoarea distanței focale f .

Măsurătorile se repetă pentru trei valori ale distanței l , se calculează distanța focală f pentru fiecare pereche de valori ale distanțelor l și \bar{d} și apoi valoarea medie \bar{f} . Datele experimentale și cele calculate se trec în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2.

a_0	a_v	l	a_1	a_2	d	\bar{d}	f	\bar{f}	Δf	$\overline{\Delta f}$	$\frac{\overline{\Delta f}}{\bar{f}}$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	%

Rezultatele obținute pot fi sintetizate cu ajutorul relației: $f = \bar{f} + \overline{\Delta f}$

2) Determinarea distanței focale a unei lentile divergente prin metoda asocierii a două lentile

Se așează pe bancul optic în următoarea ordine: sursa de lumină, obiectul, lentila convergentă și vizorul (fig. 1.6).

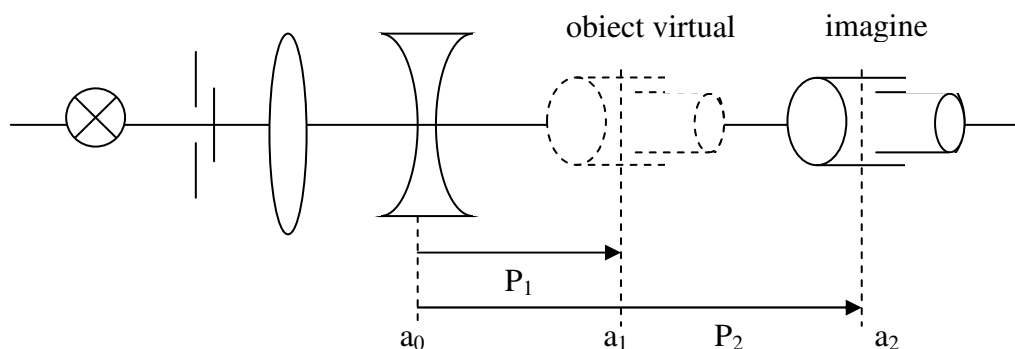


Fig. 1.6.

Mai întâi se centrează dispozitivul experimental. Cu ajutorul lentilei convergente se formează o imagine reală și micșorată a obiectului luminos, iar cu ajutorul vizorului se determină poziția a_1 a acestei imagini. Imaginea dată de lentila convergentă va servi drept obiect virtual pentru lentila divergentă a cărei distanță focală vrem să o determinăm. Menținând lentila convergentă fixă, se determină de trei ori poziția a_1 a imaginii și se calculează valoarea medie corespunzătoare.

Între lentila convergentă și vizor, mai aproape de vizor, se introduce lentila divergentă și se notează poziția ei cu a_0 (fig.1.6). Prin introducerea lentilei divergente, imaginea obținută anterior în vizor dispare. Se deplasează vizorul până când se observă din nou o imagine clară. Aceasta este imaginea reală obținută cu ajutorul lentilei divergente; poziția ei se notează cu a_2 . Menținând cele două lentile fixe se determină de trei ori poziția a_2 și se calculează valoarea medie.

Se calculează distanțele p_1 și p_2 cu ajutorul relațiilor:

$$p_1 = \bar{a}_1 - a_0 \quad \text{și} \quad p_2 = \bar{a}_2 - a_0$$

Cu relația (1.1) se calculează distanța focală f a lentilei divergente.

Operațiile de mai sus se repetă în ordinea indicată pentru trei poziții diferite ale lentilei divergente. Cu fiecare pereche de valori p_1 și p_2 se calculează distanța focală f și apoi se determină valoarea medie. Datele experimentale se trec în tab. 1.3.

Tabelul 1.3.

a_1	\bar{a}_1	a_0	p_1	a_2	\bar{a}_2	p_2	f	\bar{f}	Δf	$\overline{\Delta f}$	$\frac{\overline{\Delta f}}{\bar{f}}$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	%

Rezultatele obținute pot fi sintetizate cu ajutorul relației: $f = \bar{f} + \overline{\Delta f}$ (cm).