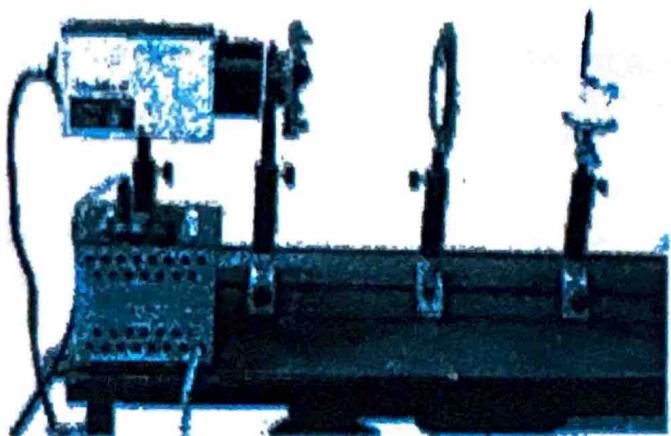


1

OPTICA GEOMETRICA



PRINCIPIILE OPTICI GEOMETRICE

Optica studiază lumina și fenomenele luminoase (natura și proprietățile ei, modul de producere, legile propagării, modul de interacțiune cu substanța).

Optica geometrică studiază legile propagării luminii și formării imaginilor optice, având la bază principiile opticii geometrice, făcându-se abstracție de natura luminii.

Principiile opticii geometrice au fost stabilite direct, în urma a numeroase observații și experimente, efectuate de-a lungul timpului asupra fenomenelor luminoase.

Principiul propagării rectilinii a luminii

Dacă între un paravan opac (exemplu: un perete fig. 1.1) și o sursă de lumină cștă așezat un corp opac atunci pe paravan se formează *umbra* corpului respectiv.

Pământul și Luna, fiind luminate de Soare, formează în partea opusă Soarelui câte un *con de umbră*.

Când o regiune din suprafața Pământului intră în conul de umbră al Lunii, în acea regiune are loc o eclipsă de Soare (fig. 1.2).

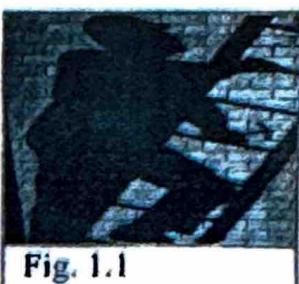


Fig. 1.1

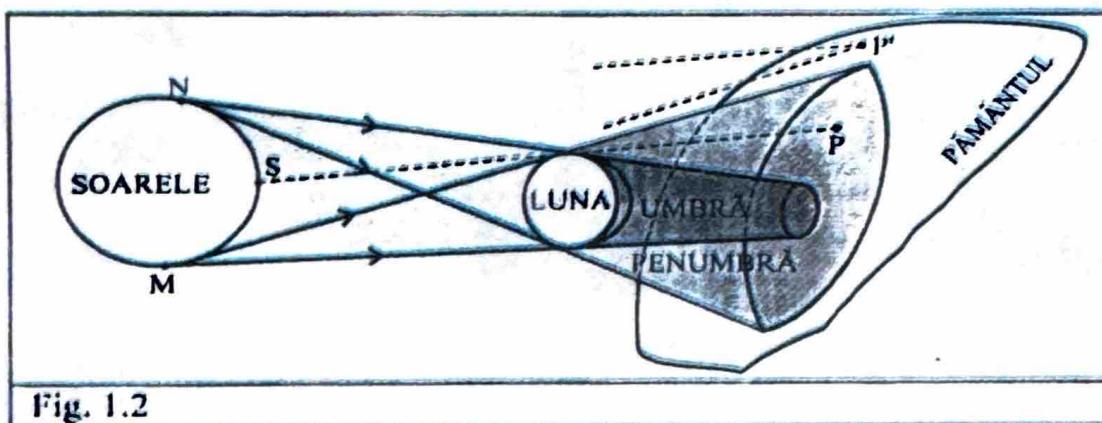


Fig. 1.2

| Ce porțiunc din Soare vede un observator situat în P? Dar unul situat în P'?

Regiunea în care nu ajunge deloc lumina este *umbra*, iar în jurul ei se formează *penumbra*.

Formarea umbrei și penumbrei, formarea imaginilor prin instrumentele optice, alinieră obiectelor prin vizare precum și alte fenomene asemănătoare au la bază *principiul propagării rectilinii a luminii*:

Într-un mediu transparent și omogen lumina se propagă în linie dreaptă.

În vid și în aer lumina se propagă cu viteza de 300 000 km/s. În alte medii viteza de propagare a luminii este mai mică.

Direcția de propagare a luminii poate fi reprezentată printr-o rază de lumină.

Raza de lumină este un model folosit în optica geometrică pentru descrierea fenomenelor luminoase.

| Dați exemple de alte modele folosite în studiul fizicii în gimnaziu.

Un *fascicul de lumină* se poate reprezenta printr-un grup de raze de lumină. Dacă razele de lumină sunt concurente într-un punct ele formează un *fascicul conic*.

Un fascicul conic este: *divergent* când razele sale pleacă din vârful conului (fig. 1.3.a); *convergent* când sensul razelor este spre vârful conului (fig. 1.3.b); fascicul este *paralel* dacă razele sunt paralele (fig. 1.3.c).

Sursele de lumină dau de obicei fascicule divergente, condensatorii aparatelor de proiecție dau fascicule convergente, fascicul emis de un laser este paralel.

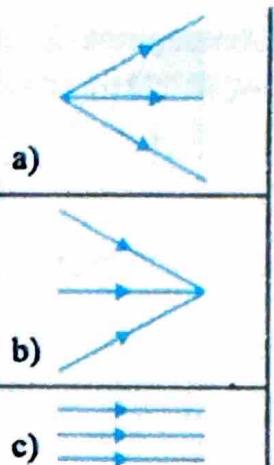


Fig. 1.3

Principiul independenței fasciculelor de lumină

Dacă două sau mai multe fascicule de lumină se intersectează, fiecare se propagă independent de acțiunea celorlalte (figura 1.4), adică:

Drumul unei raze de lumină este independent de acțiunea altor raze.

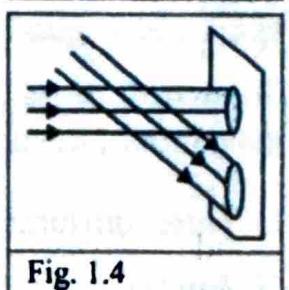


Fig. 1.4

Principiul reversibilității drumului razelor de lumină

Experimental se constată că drumul parcurs de lumină între două puncte date nu se schimbă dacă se mută izvorul luminos dintr-un punct în celălalt, adică:

Drumul unei raze de lumină nu depinde de sensul ei de propagare.

1.1 REFLEXIA ȘI REFRACTIA LUMINII

Majoritatea obiectelor sunt vizibile deoarece ele reflectă lumina, o parte din lumina reflectată ajungând la ochiul nostru.

O carte aflată pe o masă într-o încăpere luminată de o singură sursă punctiformă de lumină poate fi văzută din orice parte a camerei deoarece ea reflectă lumina în toate direcțiile.



Suprafața unei ape liniștite reflectă o parte din lumina care cade pe ea; așa se explică de ce copaci de pe mal se văd în apa unui lac liniștit ca într-o oglindă.

Cu toate acestea doar o mică parte din lumină este reflectată, cea mai mare parte pătrunde în apă, modificându-și brusc direcția de propagare, adică se refracță.

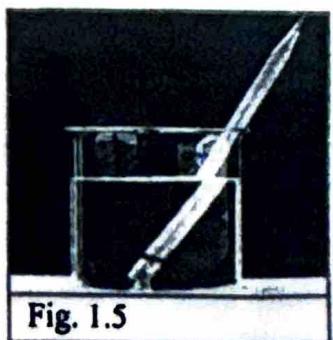


Fig. 1.5

Așa se explică de ce un obiect scufundat în apă pare să fie mai aproape de suprafața apei decât este în realitate, de ce un creion introdus în apă pare rupt în regiunea suprafeței de separare dintre aer și apă (fig. 1.5).

În imaginea de mai jos se observă un fascicul subțire de lumină care întâlnește suprafața de separare dintre aer și apă aflată într-un vas transparent.



O "parte" din lumină se reîntoarce în primul mediu; lumina se reflectă pe suprafața apei ca pe o oglindă.

Reflexia luminii este fenomenul de întoarcere a luminii în mediul din care a venit, când întâlnește suprafața de separare dintre două medii.

O "parte" din lumină trece în apă și se refractă.

Refracția luminii este fenomenul de schimbare a direcției de propagare a luminii la trecerea dintr-un mediu transparent în alt mediu transparent.

O "altă" parte din lumină este împrăștiată pe suprafața apei, formând o pată luminoasă (fenomenul de *difuzie* a luminii).

În general orice suprafață difuzează mai mult sau mai puțin lumină. De exemplu: Pe o suprafață de hârtie obișnuită (suprafață cu asperități) lumina se reflectă practic în toate direcțiile (fig. 1.6), în timp ce pe o suprafață metalică lustruită, nichelată sau argintată lumina se reflectă într-o singură direcție. Desigur există și în acest caz lumină difuzată, însă este atât de slabă încât practic nu este observată.

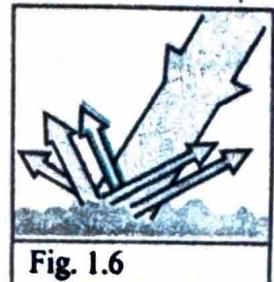


Fig. 1.6

1.1.1 LEGILE REFLEXIEI

O rază incidentă SI întâlnește o suprafață reflectoare într-un punct I, numit *punct de incidență* (fig. 1.7).

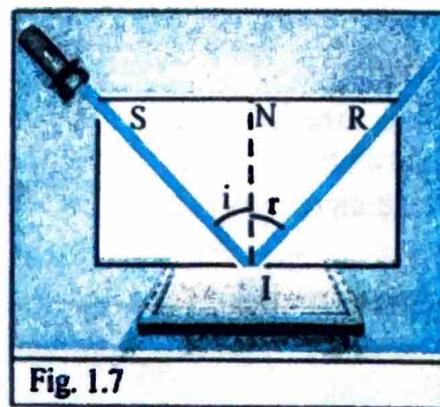


Fig. 1.7

Perpendiculara la suprafață dusă prin punctul de incidentă o numim *normală IN*. Raza IR este *raza reflectată*.

Direcțiile razelor se precizează prin unghurile pe care le formează cu normala: $\angle i = \angle SIN$, numit *unghi de incidentă* și $\angle r = \angle NIR$, numit *unghi de reflexie*.

| Folosind un montaj asemănător cu cel din fig. 1.7 realizați un experiment prin care să verificați legile reflexiei:

1) Raza incidentă, normală în punctul de incidentă și raza reflectată sunt în același plan.

2) Unghiul de reflexie are aceeași măsură cu unghiul de incidentă.

$$\angle r = \angle i$$

(1.1)

| Aplicând legile reflexiei explicați formarea unei imagini în oglinda plană.

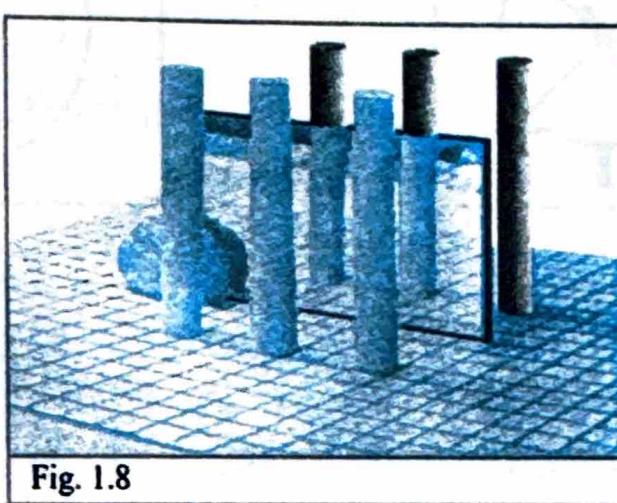


Fig. 1.8

Observație:

► Imaginea unui obiect dată de o oglindă plană este *virtuală* (se formează la intersecția prelungirilor razelor reflectate) și dreaptă.

Imaginea și obiectul sunt *simetrice față de oglindă* (fig. 1.8).

OGLINZI SFERICE

O oglindă sferică este o suprafață reflectatoare de formă unei calote sféricice (fig. 1.9).

Elementele unei oglinzi sféricice:

- *centrul de curbură* (C) – centrul sferei din care face parte calota sferică;
- *raza de curbură* (R) – raza sferei din care face parte calota sferică;
- *vârful oglinții* (O) – centrul calotei sféricice;
- *axa optică principală* – dreapta ce trece prin centrul de curbură și prin vârful oglinții.

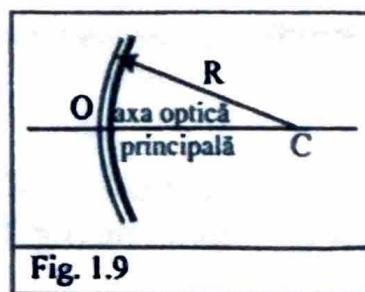


Fig. 1.9

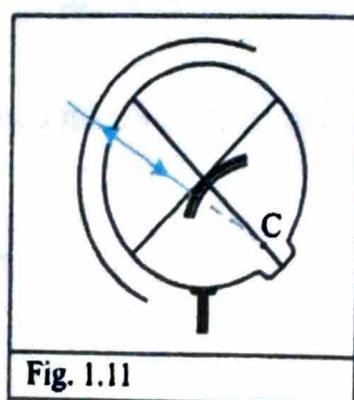
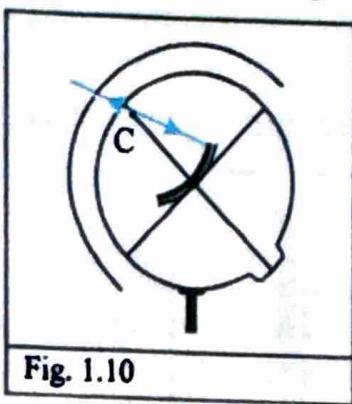
Reflexia luminii într-o oglindă sferică respectă legile reflexiei, normală în punctul de incidentă fiind raza sferei ce trece prin punctul respectiv.

Observație:

➤ Majoritatea oglinzilor sferice folosite în practică au dimensiuni mici comparativ cu raza lor de curbură. În această situație fasciculele de lumină sunt foarte puțin inclinate față de axa optică principală a oglinzii (*fascicule paraxiale*). În continuare vom considera aceste condiții îndeplinite.

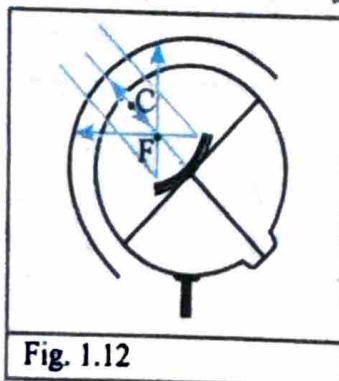
O oglindă sferică este:

- **concavă** (fig. 1.10) dacă suprafața reflectatoare este pe interiorul calotei sferice;
- **convexă** (fig. 1.11) dacă suprafața reflectatoare este pe exteriorul calotei sferice.



Explicați de ce orice rază de lumină care trece prin centrul de curbură sau a cărei extensie trece prin centrul de curbură se reflectă pe aceeași direcție.

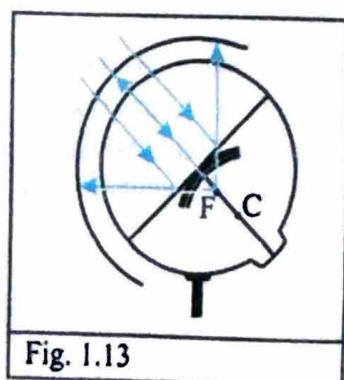
Oglinda concavă transformă un fascicul paralel într-un *fascicul convergent* (fig. 1.12).



Punctul de intersecție al razeelor reflectate este *focalul oglinzii*. Focalul oglinzii concave este *real*.

Oglinda convexă transformă un fascicul paralel într-un *fascicul divergent* (fig. 1.13).

Punctul de intersecție al extensiei razeelor reflectate este *focalul oglinzii*. Focalul oglinzii convexe este *virtual* (se află în spatele oglinzii).



Demonstrați că focarul principal al unei oglinzi sferice este situat la distanță egală de centrul de curbură și de vârful oglinziei (fig. 1.14 și fig. 1.15).

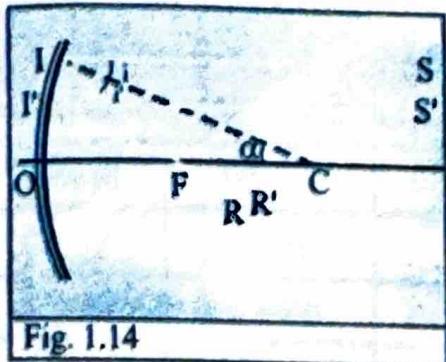


Fig. 1.14

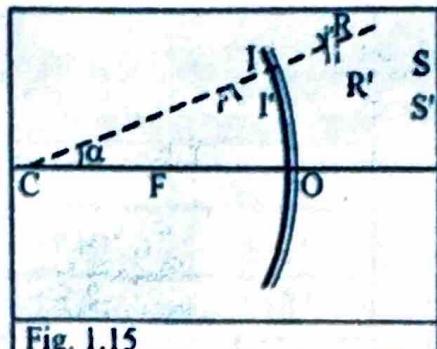


Fig. 1.15

Distanța de la vârful oglinziei la focarul oglinziei se numește *distanță focală* (f). Distanța focală este jumătate din raza de curbură.

$$f = \frac{R}{2} \quad (1.2)$$

Imagini formate în oglinzi sferice

În funcție de poziția unui obiect luminos față de o oglindă imaginea formată de oglindă poate fi:

- *imagine reală*: dacă se formează la intersecția razelor reflectate și poate fi proiectată pe un ecran;
- *imagine virtuală*: dacă se formează la intersecția prelungirilor razelor reflectate și nu poate fi proiectată pe un ecran.

Deplasați un obiect luminos (o lumânare) de-a lungul axei optice principale a unei oglinzi concave (fig. 1.16). Descrieți imaginile obținute pentru diferite poziții ale obiectului. Reluați experimentul folosind o oglindă convexă (fig. 1.17).

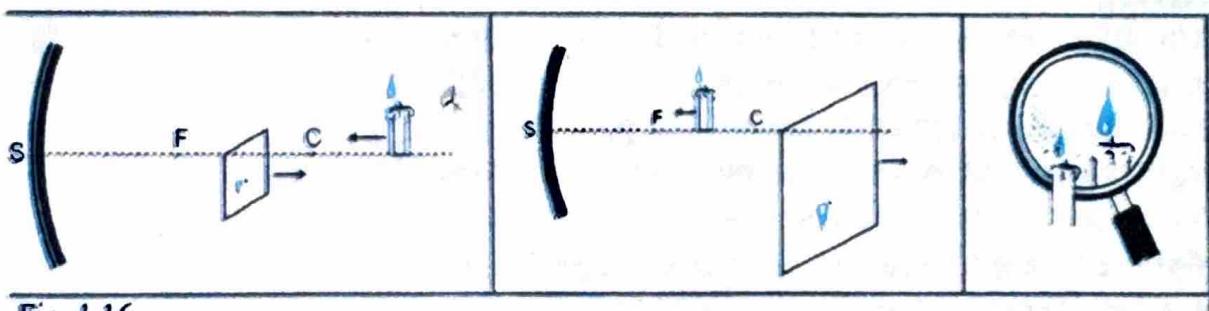


Fig. 1.16



Fig. 1.17

| Comparați caracteristicile imaginilor obținute cu cele descrise în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1

Oglindă	Obiectul	Imaginea			
concavă	Distanța obiect-oglindă ($ x_1 $)	Distanța oglindă-imagine ($ x_2 $)	Natura imaginii	Mărimea imag. în raport cu obiectul	Pozitia imaginii
	$ x_1 > 2 f $	$ f > x_2 > 2 f $	reală	mășorată	răsturnată
	$ x_1 = 2 f $	$ x_2 = 2 f $	reală	egale	răsturnată
	$2 f > x_1 > f $	$ x_2 > 2 f $	reală	mărită	răsturnată
	$ x_1 < f $	$ x_2 < x_1 $	virtuală	mărită	dreaptă
convexă	$\forall x_1 $	$ x_2 < x_1 $	virtuală	mășorată	dreaptă

Construcții grafice de Imagini în oglinzi sferice

Un punct luminos emite lumină în toate direcțiile.

Pentru a obține grafic imaginea punctului luminos A, este suficient să reprezentăm două din următoarele raze:

- o rază care trece prin centrul de curbură și se reflectă pe aceeași direcție;
- o rază paralelă cu axa optică principală care, după reflexie, trece prin focarul oglinzi (oglinda concavă) sau prelungirea razei reflectate trece prin focarul oglinzi (oglinda convexă);
- o rază care trece prin focarul oglinzi, după reflexie, devine paralelă cu axa optică principală.

La intersecția celor două raze reprezentate se obține grafic imaginea punctului luminos. Fiecare punct obiect îi corespunde un singur punct imagine.

Observație:

► Un obiect are o infinitate de puncte. Imaginea obiectului este dată de mulțimea punctelor imagine obținute. Reprezentând obiectul printr-un segment AB perpendicular pe axa optică principală, cu punctul B situat pe axă, se construiește imaginea punctului A. Imaginea punctului B se obține ducând din A' perpendiculara pe axa optică principală, intersecția cu axa fiind imaginea B'.

În figurile 1.18 și 1.19 sunt reprezentate imaginile A'B' ale unui obiect luminos AB într-o oglindă concavă, respectiv o oglindă convexă.

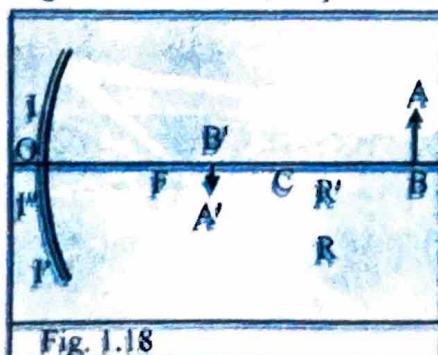


Fig. 1.18

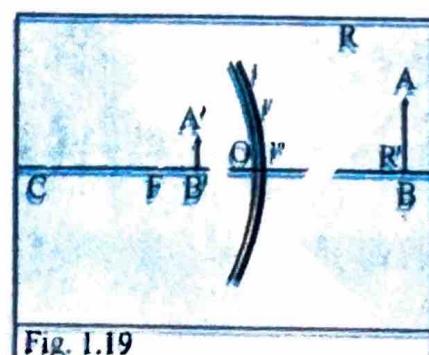


Fig. 1.19

Construiți imaginea unui obiect luminos într-o oglindă concavă pentru diferite poziții ale sale față de oglindă. Comparați caracteristicile imaginilor cu cele observate experimental.

Determinarea pe cale analitică a poziției imaginii unui obiect în oglinda sferică

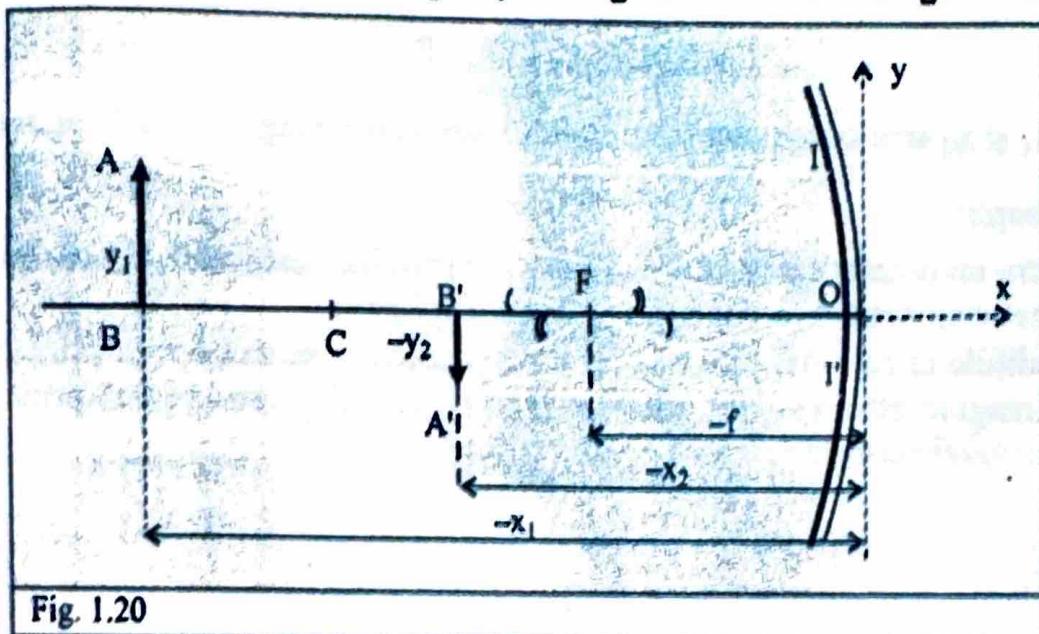


Fig. 1.20

Convenție de semne:

Se alege un sistem de două axe perpendiculare (xOy) cu originea în vârful oglinziei. Axa Ox coincide cu axa optică principală și are sensul în sensul propagării luminii incidente, iar axa Oy are sensul în sus. Poziția punctului pe axe se indică prin coordonata corespunzătoare.

Folosind convenția de semne, pentru situația din figura 1.20 coordonata x_1 este negativă, deci segmentul OB are lungimea " $-x_1$ ". Analog înălțimea imaginii $A'B'$ este " $-y_2$ ". Din asemănarea triunghiurilor OIF și $B'A'F$ obținem rapoartele de asemănare:

$$\frac{IO}{A'B'} = \frac{OF}{FB'} \quad \text{unde } IO \approx AB = y_1 \text{ și } FB' = -x_2 - (-f)$$

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{f}{x_2 - f} \quad (1.3)$$

Din asemănarea triunghiurilor $I'OF$ și ABF obținem rapoartele de asemănare:

$$\frac{AB}{I'O} = \frac{BF}{FO} \quad \text{unde: } I'O \approx A'B' = -y_2 \text{ și } BF = -x_1 = (-f)$$

deci:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{x_1 - f}{f} \quad (1.4)$$

Din relațiile (1.3) și (1.4) obținem: $\frac{f}{x_2 - f} = \frac{x_1 - f}{f}$ sau $x_1 x_2 - f x_1 - f x_2 = 0$
 Împărțind ultima relație prin produsul $x_1 x_2$ obținem formula oglinzilor sferice:

$$\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad (1.5)$$

unde x_1 și x_2 sunt coordonatele obiectului, respectiv imaginii față de oglindă.

Observație:

➤ Pentru un obiect real ($x_1 < 0$), dacă $x_2 < 0$ imaginea este reală, iar dacă $x_2 > 0$ imaginea este virtuală (se formează în spatele oglinziei).

În condițiile în care AB este un obiect perpendicular pe axa optică principală a cărui imagine este A'B', iar punctele B și B' se află pe axa optică principală, definim mărirea liniară transversală ca fiind raportul:

$$\beta = \frac{y_2}{y_1} \quad (1.6)$$

unde: y_1 este ordonata punctului A;
 y_2 este ordonata punctului A'.

Din asemănarea triunghiurilor AOB și A'OB' se obține mărirea liniară a unei oglinzi sferice:

$$\beta = \frac{y_2}{y_1} = -\frac{x_2}{x_1} \quad (1.6')$$

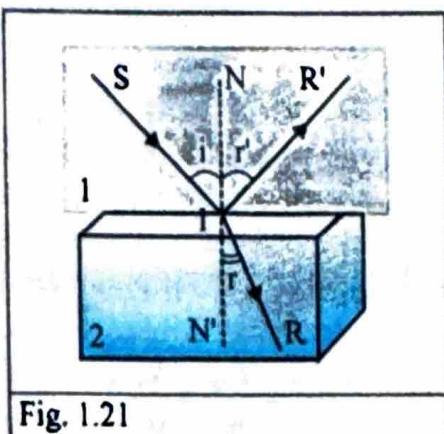
Observație:

- Când $\beta < 0$, imaginea este reală și răsturnată.
- Când $\beta > 0$, imaginea este virtuală și dreaptă.
- Când $|\beta| > 1$, imaginea este mărită.
- Când $|\beta| < 1$, imaginea este micșorată.

Oglinziele sferice concave au aplicații în practică: la construcția telescopelor, a proiecțoarelor de toate tipurile etc. Oglinziele convexe sunt utilizate la construcția retrovizoarelor de automobil, la reglementarea circulației pe străzile orașelor etc.

1.1.2 LEGILE REFRACTIEI

O rază incidentă și întâlnește suprafața de separare dintre două medii transparente în punctul de incidență I (fig. 1.21).



Raza care trece în al doilea mediu, raza refractată IR, formează cu normala NN' în punctul de incidență I, unghiul r , numit *unghi de refacție*.

Experimental s-au stabilit **legile refacției**:

- 1) Raza incidentă, normala în punctul de incidență și raza refractată sunt în același plan.
- 2) Pentru două medii transparente și omogene raportul dintre sinusul unghiului de incidență și sinusul unghiului de refacție este constant (n_{21}).

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} \quad (1.7)$$

Valoarea raportului $\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}$ se numește *indice de refacție relativ* al mediului al 2-lea (în care se găsește raza refractată) în raport cu mediul 1 (în care se găsește raza incidentă).

Tabelul 1.2: Indicii de refacție pentru lumina galbenă de sodiu

Substanță	Indicele de refacție	Substanță	Indicele de refacție
Gheăjă	1,309	Alcool metilic (CH_3OH)	1,329
Fluorină (CaF_2)	1,434	Apă (H_2O)	1,333
Sare de bucătărie (NaCl)	1,544	Alcool etilic ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	1,3618
Cuarț (SiO_2)	1,544	Glicerină	1,473
Diamant	2,417	Aer	1,003

Indicele de refracție al unui mediu transparent în raport cu vidul se numește *indice de refracție absolut*.

Indicele de refracție absolut al unui mediu transparent (n) este egal cu raportul dintre viteza de propagare a luminii în vid (c) și viteza de propagare a luminii în mediul respectiv (v).

$$n = \frac{c}{v} \quad (1.8)$$

Indicele de refracție relativ al mediului 2 în raport cu mediul 1 este:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1.9)$$

unde: n_1 și n_2 sunt indicii de refracție absoluci ai celor două medii transparente, iar v_1 și v_2 vitezele corespunzătoare de propagare a luminii în cele două medii.

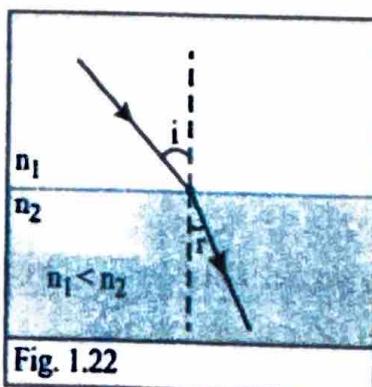
| Calculați viteza de propagare a luminii prin diamant și prin sticlă de cuart.

În funcție de indicii de refracție absoluci, a doua lege a refracției poate fi exprimată astfel:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (1.10)$$

Observații:

- Un mediu este mai refringent decât altul dacă indicele său de refracție este mai mare.
- Când lumina trece dintr-un mediu mai puțin refringent într-un mediu mai refringent unghiul de refracție este mai mic decât unghiul de incidență (fig. 1.22).



Determinarea experimentală a indicelui de refracție al unui material transparent

Lucrați în grup.

Fixați pe un disc gradat (din trusa de fizică) un semicilindru din sticlă (plastic) astfel încât fața plană a semicilindrului să se afle pe diametrul discului și centrele lor să coincidă (fig. 1.23).

Trimiteți un fascicul subțire de lumină (de exemplu de la un laser) spre centrul feței plane a semicilindrului.

Măsuраti unghiurile de refracție pentru diferite unghiuri de incidență și determinați indicele de refracție al materialului din care este confecționat semicilindrul considerând indicele de refracție al aerului $n_{\text{aer}} = 1$.

Precizați sursele de erori.

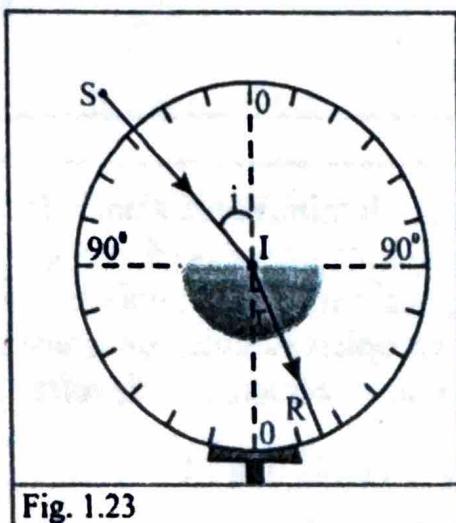


Fig. 1.23

Ce valoare are unghiul de refracție la ieșirea din semicilindru în aer? Justificați răspunsul.

1.1.3 REFLEXIA TOTALĂ (extindere)

În cazul în care lumina trece dintr-un mediu mai refringent într-un mediu mai puțin refringent (de exemplu: din apă în aer, din sticlă în aer, din sticlă în apă etc.) unghiul de refracție este totdeauna mai mare decât unghiul de incidență. Pentru un anumit unghi de incidență, unghiul de refracție poate avea 90° .

Unghiul de incidență pentru care unghiul de refracție este 90° se numește **unghi limită (ℓ)**.

Valoarea unghiului limită se determină aplicând legea a doua a refracției:

$$\sin \ell = \frac{n_2}{n_1}$$

(1.11)

Pentru unghiuri de incidență mai mari decât unghiul limită lumina nu mai trece în mediul al doilea, ci se reflectă în punctul de incidență I, întorcându-se în primul mediu (conform legilor reflexiei), suprafața de separare comportându-se deci ca o oglindă.

Absența completă a luminii în mediul al doilea pentru unghiuri de incidență mai mari decât unghiul limită și întoarcerea ei integrală în primul mediu a făcut ca acest fenomen să fie numit *reflexie totală* (fig. 1.24).

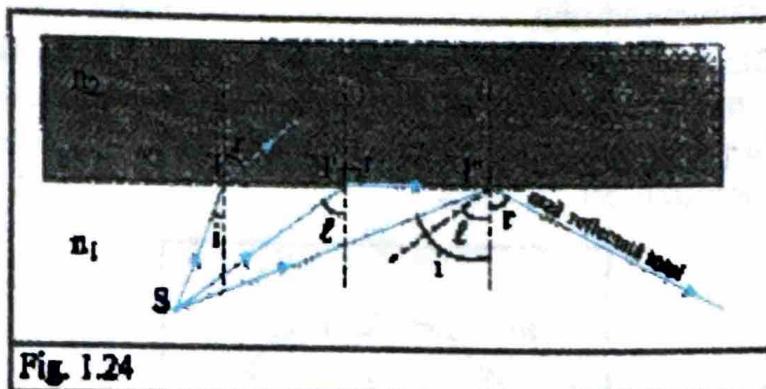


Fig. 1.24

Fenomenul de reflexie totală a luminii explică unele fenomene din atmosferă. De exemplu, într-o zi toridă poți avea impresia că vezi apă în depărtare. Apă care se vede este în realitate imaginea cerului (obținută când lumina este reflectată total de către un strat de aer din apropierea solului, deoarece densitatea aerului variază cu temperatura și deci straturile de aer au indici de refacție diferiți).

Explicați apariția mirajului optic în desert.

O succesiune de reflexii totale este folosită pentru a direcționa raza de lumină prin tuburi subțiri din sticlă, numite fibre optice (fig. 1.25) sau prin jetul de apă.

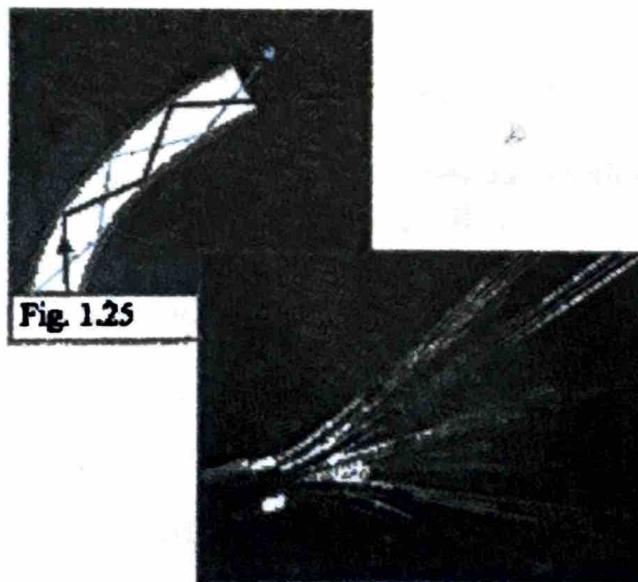
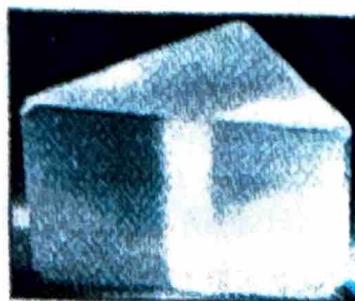


Fig. 1.25

Fibrele optice sunt folosite în domenii cum ar fi: *comunicații* (pentru a transporta informația), *medicina* (pentru vizualizarea zonelor care ar fi accesibile doar prin intervenții chirurgicale) etc.

1.1.4 PRISMA OPTICĂ (extindere)

Prisma optică este un mediu transparent și omogen limitat de două suprafețe plane neparalele.



Elementele unei prisme (fig. 1.26) sunt:

- *muchia prismei* (1), dreapta după care se intersecțiază cele două suprafețe plane;
- *unghiul prismei* (2), unghiul diedru format de cele două suprafețe;
- *baza prismei* (3), fața opusă muchiei prismei.

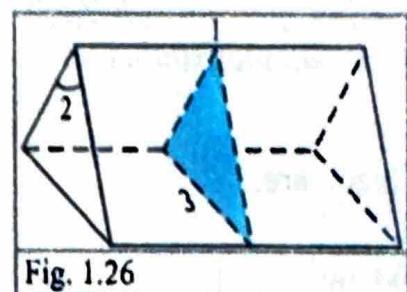


Fig. 1.26

O secțiune a prismei într-un plan perpendicular pe muchie se numește *secțiune principală*.

O rază de lumină monocromatică SI care intră din aer (n_1) în prismă (n_2) se refractă în punctul de incidență I și apoi la ieșirea din prismă în aer se refractă în punctul de emergență I'.

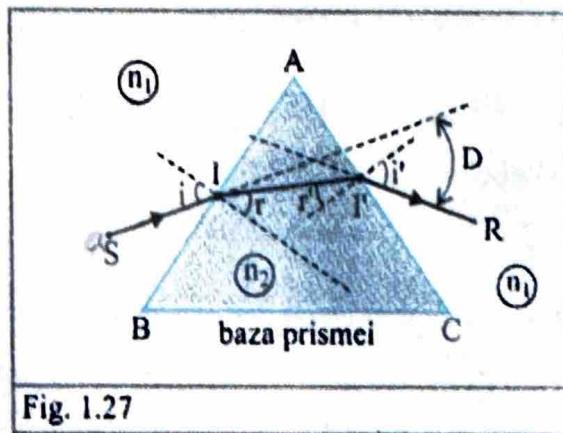


Fig. 1.27

Unghiul dintre raza emergentă I'R și raza incidentă SI se numește *unghi de deviație* (D).

Geometric se poate demonstra că unghiul de deviație este: $D = (i - r) + (i' - r')$.

Deoarece: $r + r' = A$

$$D = i + i' - A$$

(1.12)

Deviația minimă

Relația (1.12) arată că unghiul de deviație variază cu unghiul de incidență.

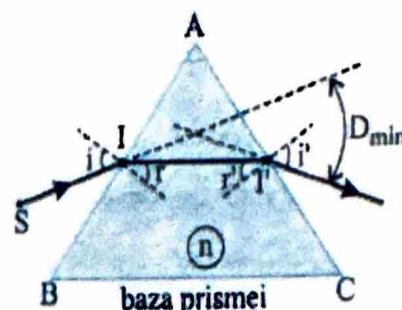
Experimental se constată că, dând diverse valori unghiului de incidență, unghiul de deviație este totdeauna mai mare decât o anumită valoare minimă. Această valoare minimă se obține când unghiul de emergență (i') are aceeași măsură cu unghiul de incidență (i), raza refractată fiind paralelă cu baza prismei (când secțiunea principală a prismei este triunghi isoscel).

Problemă rezolvată

Pe o față a unei prisme, al cărei unghi este $A = 60^\circ$, cade un fascicul îngust de lumină, paralel cu baza BC . Unghiul de deviație minim are valoarea 60° . Să se calculeze indicele de refracție al prismei.

Rezolvare:

$$\begin{array}{rcl} A = 60^\circ \\ D_{\min} = 60^\circ \\ \hline n = ? \end{array}$$



Unghiul de deviație este minim când $i = i'$, deci:

$$D_{\min} = 2i - A \quad (1.13)$$

rezultă:

$$i = \frac{D_{\min} + A}{2}$$

Aplicăm legea a doua a refracției: $\sin i = n \sin r$ și $n \sin r' = \sin i'$

Unghiiurile r și r' sunt egale $r = r'$ dar, $r + r' = A$, deci:

$$r = \frac{A}{2}$$

Înlocuind în legea a doua a refracției valorile unghiiurilor de incidență și de refracție, rezultă:

$$\sin \frac{D_{\min} + A}{2} = n \sin \frac{A}{2}$$

$$n = \frac{\sin \frac{D_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

Indicele de refracție al prismei este:

$$(1.14)$$

numeric: $n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$

Condiția de emergență

Atunci când indicele de refracție al materialului prismei este mai mare decât indicele de refracție al mediulului exterior există posibilitatea apariției fenomenului de reflexie totală în punctul I și raza de lumină să nu mai poată ieși din prismă. Pentru ca o rază de lumină care pătrunde în prismă prin fața AB să poată ieși prin fața AC (fig. 1.27) trebuie ca $r' \leq l$. Observăm că în punctul I unghiul de refracție variază între 0 și l când unghiul i variază între 0 și $\pi/2$.

Deci, după prima refracție a razei SI, unghiul r este totdeauna mai mic decât l : $r \leq l$.

Adunând cele două inegalități obținem: $r + r' \leq 2l$

Dar, $A = r + r'$ și rezultă:

$$A \leq 2l \quad (1.15)$$

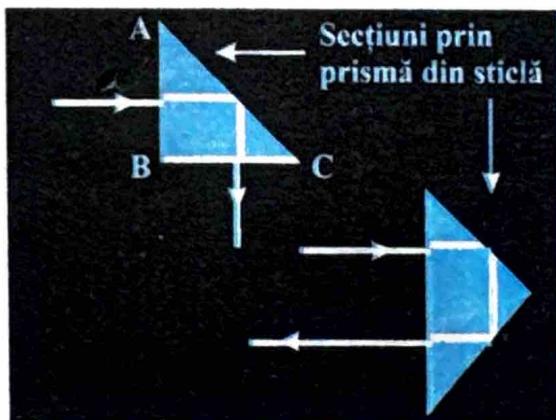
Inegalitatea (1.15) este condiția ca orice rază, odată intrată în prismă, să poată ieși din ea (*condiția de emergență*).

Prisma cu reflexie totală

Dintre numeroasele tipuri de prisme utilizate în practică menționăm prisma a cărei secțiune principală este un triunghi dreptunghic isoscel.

Dacă lumina cade perpendicular pe una din fețele-catetă, deci sub unghiul de incidență $i = 0$, atunci $r' = 45^\circ$.

Dacă prisma este din sticlă ($n = 1,5$) unghiul limită al sticlei este $l = 42^\circ$.



Rezultă că pe fața-ipotenuză a prismei lumina cade sub un unghi $r' > l$ și se va reflecta total sub un unghi de reflexie de 45° . Raza va cădea perpendicular pe cealălaltă față-catetă BC și va trece în aer nedeviată.

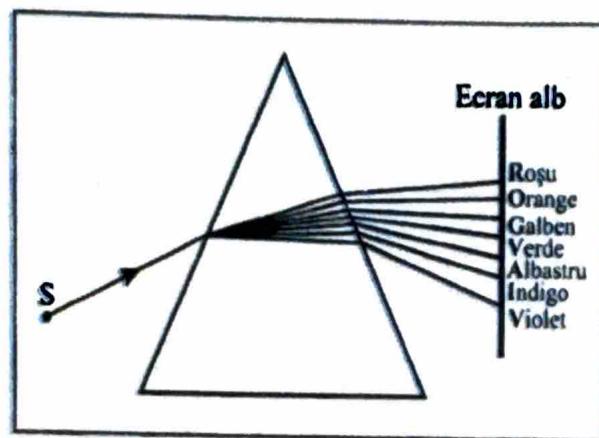
Prisma utilizată în aceste condiții deviază o rază din drumul ei cu un unghi de 90° .

Reflexia totală în prisme din sticlă este utilizată pentru a devia sau a întoarce un fascicul de lumină. Pe acest principiu funcționează catadioptrii roșii (ochi de pisică). Ei, fiind plasări în spatele vehiculelor sau pe diferite panouri de semnalizare rutieră, retrimit lumină pe direcția pe care a venit.

Dispersia luminii prin prismă

Un fascicul îngust de lumină albă la trecerea prin prisma optică se descompune în punctul de incidentă, după intrarea în prismă, într-un fascicul mai larg și colorat. După ieșirea din prismă, acesta va apărea ca o bandă viu colorată (formată din fascicule de lumină monocromatică).

Fenomenul se numește *dispersia* (descompunerea) luminii. Dispersia luminii se datorează faptului că mediul transparent al prismei are indici de refracție diferenți pentru culori diferite (de exemplu pentru sticla obișnuită $n_{\text{violet}} > n_{\text{roșu}}$).



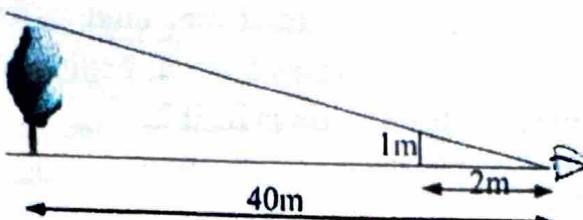
Fenomenul de dispersie a luminii albe (de la Soare) prin prismă a fost obținut și cercetat pentru prima dată de Newton.

| Explicați formarea curcubeului.

PROBLEME

1

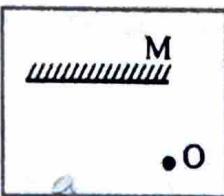
Un observator culcat pe sol vizează vârful unui băt și vârful coroanei unui arbore.



- a) Ce înălțime are arborele dacă bățul cu înălțimea de 1 m se află la 2 m de observator, iar arborele se află la 40 m?
- b) La ce distanță de arbore trebuie să se plaseze observatorul pentru a estima înălțimea arborelui dacă folosește o riglă de 20 cm pe care o plasează la 60 cm de ochi?

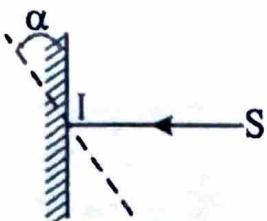
2

Reprezentați pe o schemă, ca aceea din figură, regiunea din spațiu văzută în oglinda plană (M) de un observator aflat în punctul O.



3

O rază de lumină cade perpendicular pe suprafața unei oglinzi plane. Oglinda se rotește cu unghiul α , ca în figură. Cu ce unghi se va roti raza reflectată?



4

Două oglinzi plane formează între ele un unghi $\alpha = 120^\circ$.

La distanța $d = 8$ cm de dreapta după care se intersectează și la distanțe egale față de planele oglinzelor se află o sursă S. Să se determine distanța dintre imaginile sursei în cele două oglinzi.

5

Un obiect se află la 16 cm față de centrul unui glob sferic argintat, pentru pomul de iarnă, cu diametrul de 8 cm. Care este poziția imaginii și ce mărire realizează oglinda?

6

Diametrul Lunii este de 3 480 km, iar distanța acesteia față de Pământ este de 386 000 km.

Să se afle diametrul imaginii Lunii formate de oglinda sferică concavă a unui telescop cu distanță focală de 4 m.

7

O oglindă concavă formează imaginea filamentului unei lămpi pe un ecran aflat la 4 m de oglindă.

Filamentul are înălțimea de 5 mm, iar imaginea are înălțimea de 40 cm.

- a) Care este raza de curbură a oglinzelii?
- b) La ce distanță de vârful oglinzelii este așezat filamentul?

8

Ce tip de oglindă este necesar pentru a forma, pe un perete așezat la 3 m față de oglindă, imaginea filamentului unui felinar aflat la 10 cm în fața oglinzelii?

Care este înălțimea imaginii dacă înălțimea obiectului este de 5 mm?

Reprezentați mersul razelor de lumină.

9

O oglindă concavă cu distanță focală de 2 cm formează o imagine dreaptă de trei ori mai mare a unui obiect real, de înălțime 2 cm. Să se afle înălțimea imaginii și pozițiile obiectului și imaginii.

10

O oglindă sferică concavă utilizată pentru ras are raza de curbură de 30 cm.

- Care este mărirea transversală când fața este la 10 cm de vârful oglindii?
- Unde se formează imaginea și care sunt caracteristicile ei?

11

Cum vede un scafandru o pasare care zboară deasupra apei: mai sus sau mai jos decât este ea în realitate? Justificați răspunsul.

12

Un bazin de înot cu adâncimea H are apă până la jumătate. Razele solare cad sub un unghi de incidență i . Umbra marginii bazinului este așternută pe fundul bazinului.

- Determinați lungimea umbrei.
- Până la ce nivel ar trebui să fie apa în bazin pentru ca lungimea umbrei să se reducă la jumătate?

Se cunoaște indicele de refacție relativ al apei în raport cu aerul, n .

13

O rază de lumină cade sub un unghi de incidență de 30° pe o suprafață plană ce separă două materiale transparente cu indicii de refacție 1,60 și 1,40.

Calculați unghiul de refacție (din mediul cu indicele de refacție mai mic).

14

Un fascicul paralel de lumină formează un unghi de 30° cu suprafața unei lame de sticlă având indicele de refacție de 1,50.

- Ce valoare are unghiul dintre fascicul reflectat și suprafața sticlei?
- Ce valoare trebuie să aibă unghiul de incidență θ pe această lamă, pentru ca unghiul de refacție să fie $\theta/2$?

15

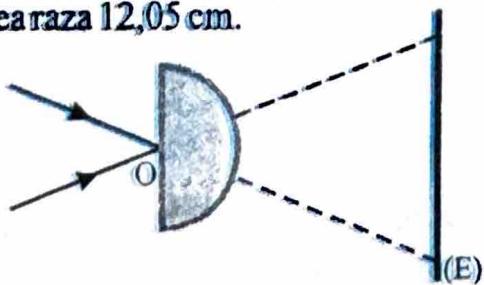
Un fascicul de lumină cade pe o lamă din sticlă sub un unghi de incidență de 60° , o parte a fasciculului fiind reflectată și o parte refractată. Se observă că razele reflectată și refractată formează un unghi de 90° . Calculați indicele de refacție al sticlei.

16

Ce adâncime reală are apa dintr-un bazin, dacă privind perpendicular pe suprafața apei ni se pare că are o adâncime de 2 m?

17

Un fascicul luminos, monocromatic, converge în punctul O. El formează pe un ecran (E), aflat la 0,5 m de O, o pată luminoasă cu rază 18,2 cm. Se aşază în calea fasciculului un semicilindru din sticlă ca în figură, punctul O fiind în centrul feței plane. Pata de pe ecran va avea rază 12,05 cm.



a) Calculați indicele de refracție al sticlei, n .

b) Ce rază va avea pata de pe ecran dacă tot sistemul se scufundă în apă cu indicele de refracție $n_a = 1,33$?

18

Care este valoarea cea mai mare a unghiului de deviație a razei de lumină ca urmare a refracției pe suprafața de separare a două medii transparente și omogene? Se cunoaște valoarea unghiului limită ℓ .

19

O lămă din sticlă cu fețele plan paralele având indicele de refracție 1,6 este menținută pe suprafața apei dintr-o cuvă. O rază de lumină care vine din aer formează un unghi de incidență de 45° cu suprafața superioară a sticlei. Ce unghi formează raza cu normala în apă ($n_{apă} = 1,33$)? Cum variază acest unghi cu indicele de refracție al sticlei?

20 E

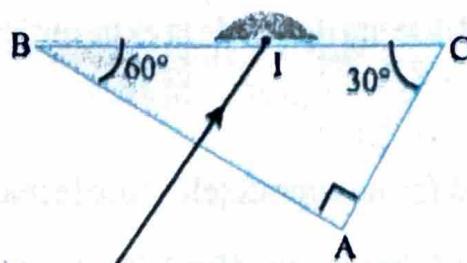
O sursă punctiformă de lumină se află pe fundul unui bazin plin cu apă ($n = 4/3$) cu adâncimea de 1 m. Să se calculeze raza cercului luminos de pe suprafața apei.

21 E

Un fascicul îngust de lumină cade normal pe una din fețele-catetă ale unei prisme din sticlă cu secțiunea un triunghi dreptunghic isoscel și se reflectă total în interiorul prismei, pe fața ipotenuzei. Ce se poate spune despre indicele de refracție al sticlei? Ce se întâmplă dacă prisma este introdusă într-o cuvă cu apă ($n_a = 4/3$)? Reprezentați mersul unei raze de lumină.

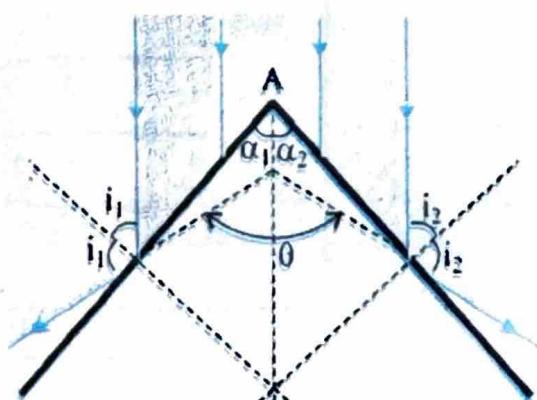
22 E

O rază de lumină intră normal pe fața AB a prismei, reprezentată în figură, cu secțiunea triunghi dreptunghic și cu indicele de refracție $n = 1,5$. În punctul de incidență I pe fața exterioară a prismei se află o picătură de lichid cu indicele de refracție n' . Care este valoarea maximă pe care o poate avea n' pentru ca raza de lumină să se reflecte total în I?



23 E

Un fascicul paralel de lumină este incident pe o prismă ca în figură, o parte fiind reflectată pe o față și o parte pe celalaltă. Arătați că unghiul θ dintre cele două fascicule reflectate este dublul unghiului A dintre cele două suprafețe reflectante.



1.2 LENTILE SUBȚIRI

Legile reflexiei și refracției au stat la baza construirii numeroaselor instrumente optice (lupa, ochelarii, microscopul etc.) folosite pentru a mări capacitatea de vedere a ochiului liber, cu alte cuvinte pentru a-l ajuta să vadă ceea ce este prea departe sau prea mic.

Lentila este elementul de bază al tuturor acestor instrumente optice.



Fig. 1.28

Lentila este un mediu transparent și omogen mărginit de două suprafețe din care cel puțin una nu este plană.

Lentilele sunt confectionate din sticlă, material plastic etc., grosimea lor la mijloc fiind diferită de cea de la extremități.

Lentilele mai groase la mijloc și mai subțiri la extremități se numesc lentile convergente.

După forma suprafețelor care le mărginesc lentilele convergente pot fi:

- lentile biconvexe (fig. 1.29 a),
- lentile plan-convexe (fig. 1.29 c) și
- meniscuri convergente (fig. 1.29 b).

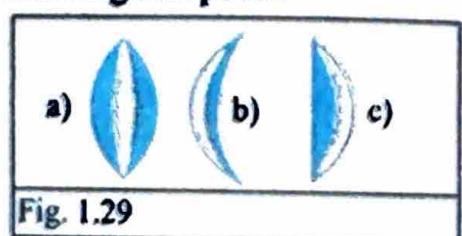


Fig. 1.29

Lentilele convergente transformă un fascicul paralel într-un fascicul convergent (fig. 1.30). Punctul de convergență este *focarul* imagine al lentilei. Focarele lentilei convergente sunt *reale*.

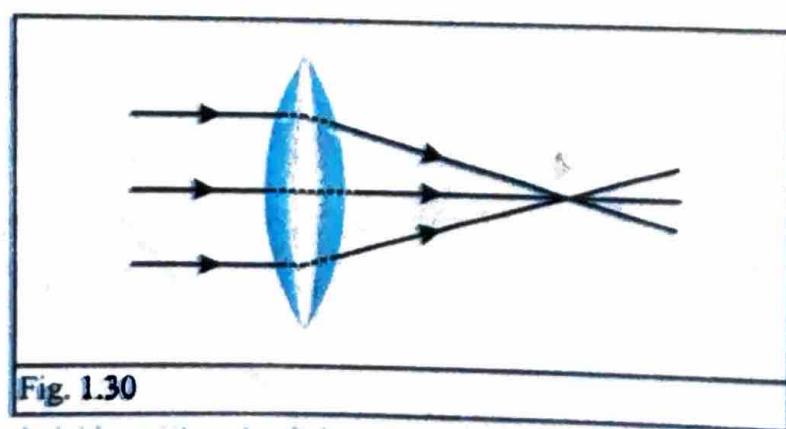


Fig. 1.30

Lentilele mai subțiri la mijloc decât la extremități se numesc lentile divergente.

Lentilele divergente pot fi:

- biconcave (fig. 1.31 a),
- plan-concave (fig. 1.31 c) și
- meniscuri divergente (fig. 1.31 b).

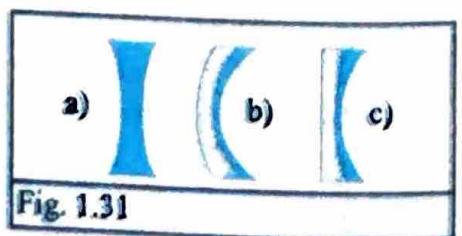
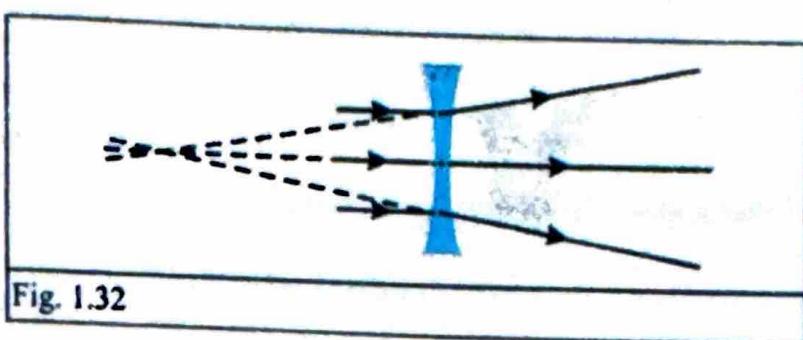


Fig. 1.31

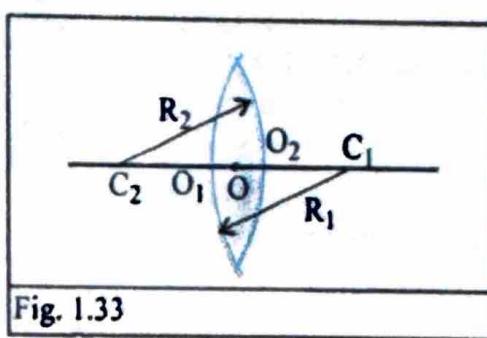
Lentilele divergente transformă un fascicul paralel într-un *fascicul divergent* (fig. 1.32). Punctul de intersecție al prelungirilor razelor refractate este *focarul imagine* al lentilei. Focarele lentilei divergente sunt *virtuale*.



Elementele unei lentile

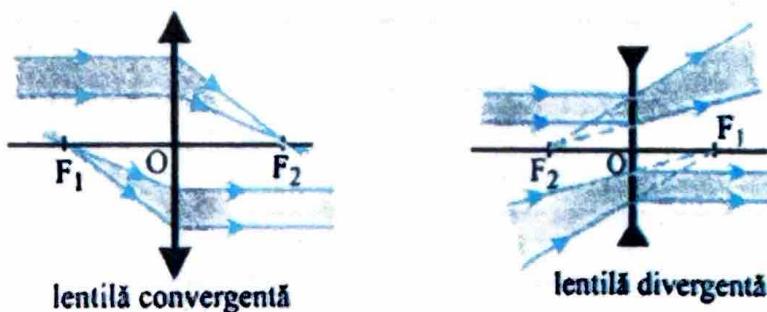
Principalele elemente ale unei lentile mărginită de două suprafețe sferice (fig. 1.33) sunt:

- centrele de curbură ale suprafețelor sferice: C_1 și C_2
- razele de curbură ale fețelor: R_1 și R_2
- axa optică principală: dreapta C_1C_2
- centrul optic al lentilei: O
- focarele principale ale lentilei, situate pe axa optică principală simetric față de centrul optic al lentilei.



O lentilă este considerată subțire dacă grosimea ei măsurată pe axa optică principală (O_1O_2) este mult mai mică decât razele de curbură ale fețelor sale.

Reprezentarea schematică a lentilelor subțiri



Distanța de la centrul optic al lentilei la focar se numește **distanță focală** (f).
 Unitatea de măsură a distanței focale în S.I.: $[f]_{S.I.} = \text{m}$.
 Inversul distanței focale a unei lentile se numește **convergență** (C)

$$C = \frac{1}{f} \quad (1.16)$$

Unitatea de măsură a convergenței în S.I. $[C]_{S.I.} = \frac{1}{\text{m}} = \text{d} \quad (\text{dioptria})$

O dioptrie este convergența unei lentile cu distanță focală de un metru.
 Prin convenție, distanța focală și convergența unei lentile convergente sunt **pozitive**, iar ale unei lentile divergente sunt **negative**.

1.2.1 IMAGINI FORMATE PRIN LENTILE SUBȚIRI

În funcție de poziția unui obiect luminos față de o lentilă, imaginea formată de lentilă poate fi:

- **imagină reală**: dacă se formează la intersecția razelor refractate și poate fi proiectată pe ecran;
- **imagină virtuală**: dacă se formează la intersecția prelungirilor razelor refractate și nu poate fi proiectată pe un ecran.

Folosind un montaj format dintr-un obiect luminos (flacără unci lumânări, filamentul unui bec, o faniță de forma literei F așezată în față unei surse de lumină etc.), o lentilă cu distanță focală cunoscută și un ecran, determinați experimental caracteristicile imaginii dată de lentilă pentru diferite poziții ale obiectului (fig. 1.34).

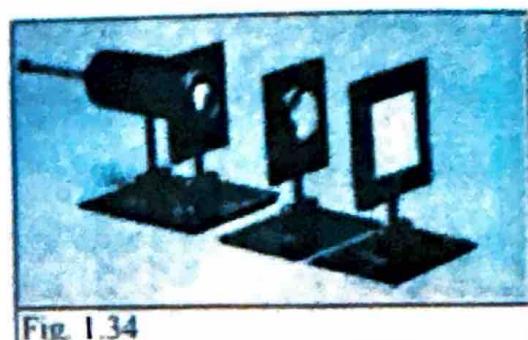


Fig. 1.34

Comparați caracteristicile imaginilor obținute cu cele din tabelul 1.3:

Tabelul 1.3

Lentila	Obiectul	Imaginea			
convergentă	Distanța obiect-lentilă($ x_1 $)	Distanța lentilă-imagine($ x_2 $)	Natura imaginii	Mărimea imag. în raport cu obiectul	Pozitia imaginii
convergentă	$ x_1 > 2f$	$f > x_2 > 2f$	reală	mărește	răsturnată
	$ x_1 = 2f$	$ x_2 = 2f$	reală	copie	răsturnată
	$2f > x_1 > f$	$ x_2 > 2f$	reală	mărește	răsturnată
	$ x_1 < f$	$ x_2 > x_1 $	virtuală	mărește	dreapta
divergentă	$\forall x_1$	$ x_2 < x_1 $	virtuală	mărește	dreapta

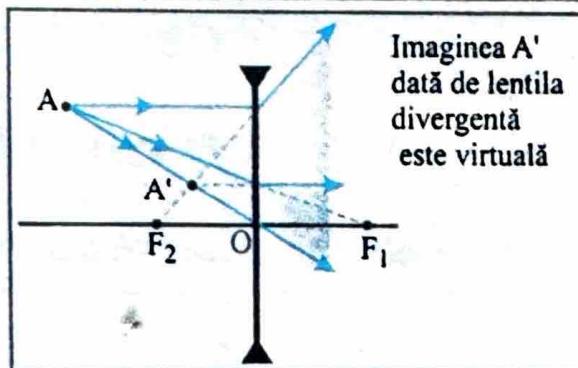
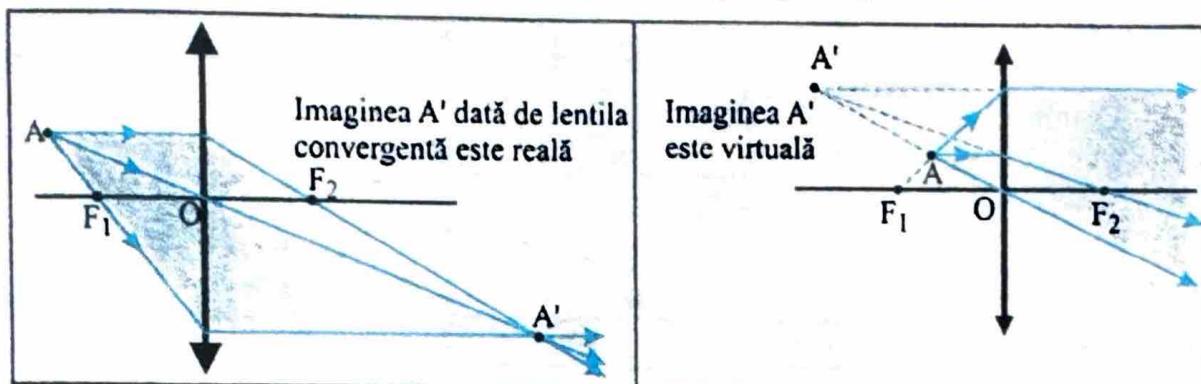
1.2.2 CONSTRUCȚII GRAFICE DE IMAGINI PRIN LENTILE

Construcția imaginii unui punct luminos prin lentilă

Un punct luminos emite lumină în toate direcțiile.

Pentru a obține grafic imaginea punctului luminos A, este suficient să reprezentăm două din următoarele raze:

- o rază care trece prin centrul optic și traversează lentila fără să fie deviată;
- o rază paralelă cu axa optică principală care, după refracție, trece prin focarul imagine (lentilă convergentă) sau prelungirea ei trece prin focarul imagine (lentilă divergentă);
- o rază care trece prin focarul obiect (sau a cărei prelungire trece prin focarul obiect), după refracție, devine paralelă cu axa optică principală.



La intersecția celor două raze reprezentate (sau a prelungirilor lor) se obține grafic imaginea punctului luminos.

Fiecare punct obiect îi corespunde un singur punct imagine.

Construcția imaginii unui obiect prin lentilă

Un obiect are o infinitate de puncte. Imaginea obiectului este dată de mulțimea punctelor imagine obținute.

Se reprezintă obiectul printr-un segment AB perpendicular pe axa optică principală, cu unul din capete situat pe axă.

Se construiește imaginea (A') a punctului luminos A. Imaginea punctului B se obține ducând din A' o perpendiculară pe axa optică principală. Punctul de intersecție cu axa, B' este imaginea punctului B.

În figurile 1.35 și 1.36 sunt reprezentate imaginile obiectului luminos AB pentru diferite poziții față de o lentilă convergentă, respectiv divergentă. Pentru fiecare situație reprezentată comparați caracteristicile imaginii cu cele obținute experimental.

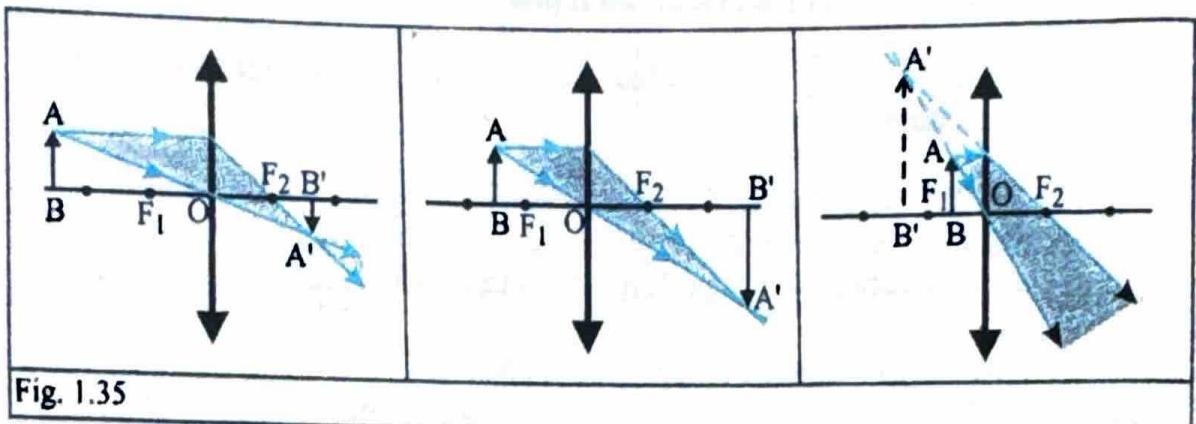


Fig. 1.35

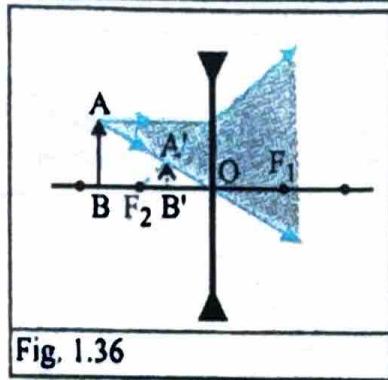


Fig. 1.36

1.2.3 DETERMINAREA PE CALE ANALITICĂ A POZIȚIEI IMAGINII UNUI OBIECT PRIN LENTILE

Pozitia imaginii unui obiect formată de o lentilă depinde atât de distanța dintre obiect și lentilă ($-x_1$) cât și de distanța focală (f) a lentilei.

În figura 1.37, $A'B'$ este imaginea obiectului luminos AB dată de lentila convergentă.

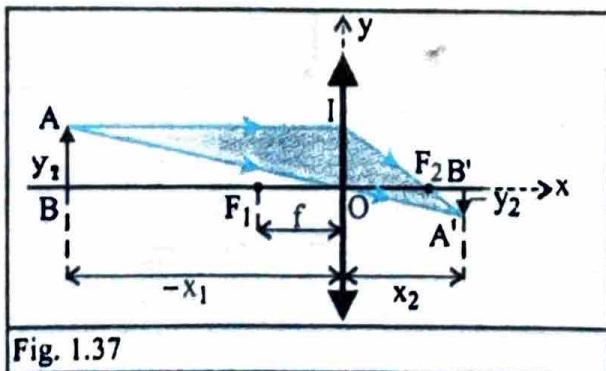


Fig. 1.37

Convenție de semne:

Se alege un sistem de două axe perpendiculare xOy cu originea în centrul optic al lentilei. Axa Ox coincide cu axa optică principală și are sensul în sensul propagării luminii, iar axa Oy are sensul în sus.

Pozitia punctelor pe axe este indicata de coordonatele corespunzatoare.

Folosind convenția de semne, pentru situația din figura 1.37, x_1 este negativ, deci segmentul OB are lungimea $-x_1$. Analog înălțimea imaginii A'B' este $-y_2$.

Triunghiurile OAB și OA'B' sunt triunghiuri asemenea deoarece:

$$\angle AOB \cong \angle A'OB' \text{ (opuse la vîrf)}$$

$$\angle ABO \cong \angle A'B'O \quad (90^\circ)$$

Rapoartele de proporționalitate ale laturilor sunt: $\frac{AB}{A'B'} = \frac{OB}{OB'} \quad (1.17)$

Din asemănarea triunghiurilor OIF₂ și B'A'F₂ obținem: $\frac{OI}{A'B'} = \frac{F_2O}{F_2B'} \quad (1.18)$

Dar IO = AB și din relațiile (1.17) și (1.18) rezultă: $\frac{AB}{A'B'} = \frac{OB}{OB'} = \frac{F_2O}{F_2B'}$

Folosind notațiile din figura 1.37 și convenția de semne obținem:

$$\frac{-x_1}{x_2} = \frac{f}{x_2 - f} \quad \text{sau} \quad x_2f = -x_1x_2 + x_1f \quad | : x_1x_2f$$

Formula lentilelor subțiri:

$$\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f} \quad (1.19)$$

Observație:

➤ Pentru un obiect real ($x_1 < 0$), dacă $x_2 > 0$ imaginea este reală, iar dacă $x_2 < 0$ imaginea este virtuală.

Dacă un obiect AB este perpendicular pe axa optică principală, iar A'B' este imaginea sa, punctele B și B' fiind situate pe axa optică principală, iar y_1 și y_2 sunt ordonatele punctelor A și A', mărirea liniară transversală este:

$$\beta = \frac{y_2}{y_1} \quad (1.20)$$

Folosind relația (1.17) mărirea liniară a lentilei este:

$$\beta = \frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1} \quad (1.21)$$

Observații:

➤ Când $\beta < 0$, imaginea este reală și răsturnată.

➤ Când $\beta > 0$, imaginea este virtuală și dreaptă.

➤ Când $|\beta| > 1$, imaginea este mărită.

➤ Când $|\beta| < 1$, imaginea este micșorată.

1.2.4 ASOCIAȚII DE LENTILE

Sistemele (asociațiile) de lentile subțiri sunt formate din două sau mai multe lentile care au axul optic comun, adică sunt *centrate*. Ele sunt situate la o anumită distanță una față de alta, iar imaginea obiectului prin prima lentilă devine obiect pentru cea de-a doua.

În figura 1.38 este construită imaginea unui obiect luminos AB dată de un sistem format din două lentile convergente aflate la distanța „a” una de cealaltă.

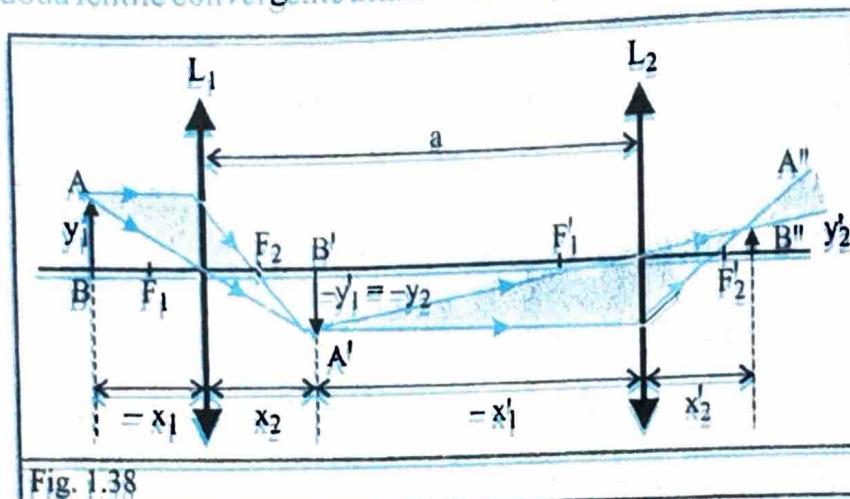


Fig. 1.38

Imaginea A'B' formată de lentila L₁ devine obiect pentru lentila L₂. Aplicăm formula lentilelor (1.19) pentru fiecare lentilă:

$$\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f_1} \quad (1.22)$$

$$\frac{1}{x'_2} - \frac{1}{x'_1} = \frac{1}{f_2} \quad (1.23)$$

Dar:

$$-x'_1 + x_2 = a \Rightarrow -x'_1 = a - x_2$$

Dacă se lipesc cele două lentile: $a = 0$ și $x'_1 = x_2$

Adunând relațiile (1.22) și (1.23) obținem:

$$\frac{1}{x'_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (1.24)$$

Convergența sistemului de lentile lipite este: $C = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = C_1 + C_2$

Convergența sistemului de lentile subțiri lipite este egală cu suma convergențelor lentilelor componente:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

sau

$$\frac{1}{F} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{f_k}$$

(1.25)

Observație:

► Un sistem se numește *sistem afocal* (telescopic) dacă focalul imagine al primei lentile coincide cu focalul obiect al celei de-a doua lentile ($a = f_1 + f_2$).

Un fascicul incident paralel cu axa optică principală va fi tot paralel cu axa optică principală când ieșe dintr-un sistem afocal (fig. 1.39).

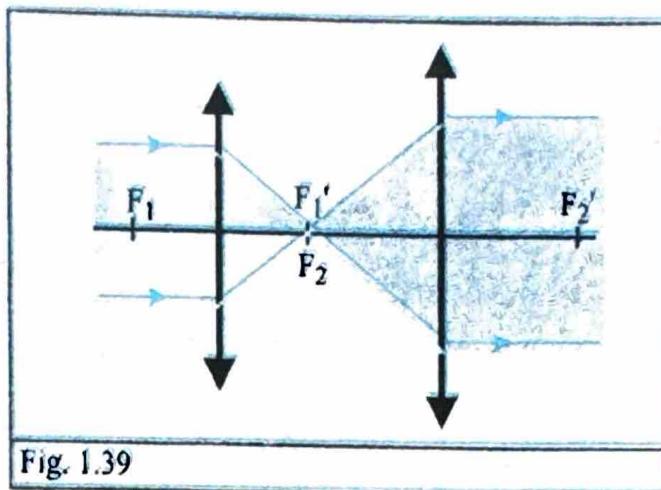


Fig. 1.39

Demonstrați că mărirea liniară transversală a unui sistem format din două lentile centrate subțiri este:

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$$

unde β_1 și β_2 sunt măririle liniare transversale ale lentilelor.

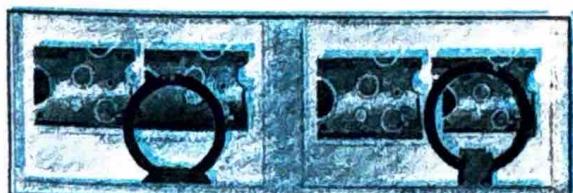
Mărirea liniară transversală β a unui sistem format din n lentile subțiri ale căror măriri liniare sunt $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ este:

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_n \quad (1.26)$$

PROBLEME

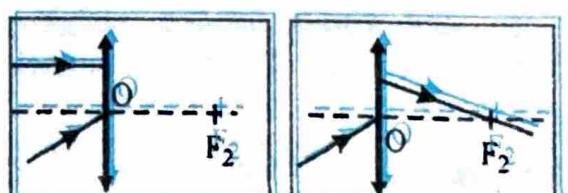
1

Analizați imaginile din figurile de mai jos. Care dintre cele două lentile este convergentă? Justificați răspunsul.



2

Completați pe schemele asemănătoare cu cele din figurile următoare mersul razelor de lumină și focalul obiect al fiecărei lentile convergente.

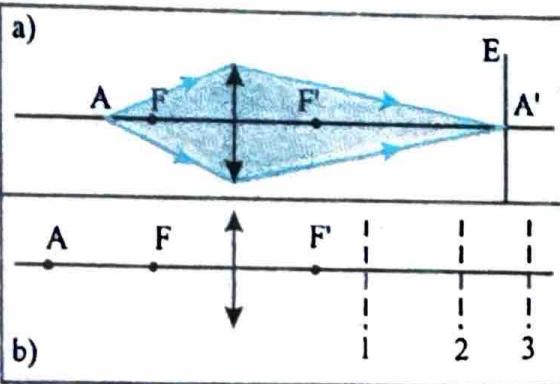


3

Andrei vrea să obțină pe un ecran imaginea flăcării unei lumânări aflate la 7 cm de o lentilă convergentă. Cum explicați faptul că oriunde ar așeza ecranul nu poate obține imaginea pe ecran?

4

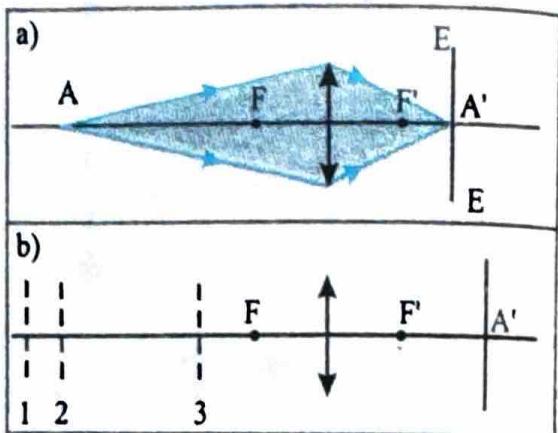
Imaginea unui obiect luminos A se formează în A' (fig. a). Se depărtează obiectul A de lentilă. În figura b) lipsește ecranul. În care din cele trei poziții (1, 2 sau 3 – figura b) trebuie așezat ecranul? Justificați răspunsul. Reprezentați pe o schemă fasciculul de lumină (provenit de la punctul A) ce trece prin lentilă.

a)**b)**

ecranul de lentilă (fig. b).

a) Pentru a avea pe ecran o imagine clară în ce poziție (1, 2 sau 3 – fig. b) trebuie plasat obiectul A? Justificați răspunsul.

b) Reprezentați grafic mai multe raze de lumină care pleacă din punctul A și trec prin lentilă.

**5**

Distanța focală a unei lentile convergente este 0,04 m. Un obiect luminos cu înălțimea de 1 cm este așezat perpendicular pe axa optică principală la 3 cm de lentilă.

- Ce convergență are lentila?
- Putem obține imaginea pe un ecran? Care sunt caracteristicile imaginii? Reprezentați mersul razeelor de lumină.

6

Imaginea unui obiect luminos A se formează în A' (fig. a). Se depărtează

7

Distanța focală a unei lentile convergente este 0,04 m.

- Reprezentați schematic lentila.
- Ce convergență are lentila?
- Un punct luminos A se află la 1 cm deasupra axei optice principale a lentilei și la 12 cm de centrul optic. Unde se formează imaginea A' a punctului A?

8

Distanța focală a unei lentile convergente este 0,07 m. Un obiect mic luminos AB cu înălțimea de 1 cm este așezat perpendicular pe axa optică principală a lentilei, la 10 cm de lentilă.

- Reprezentați schematic lentila.
- Ce convergență are lentila?
- Unde trebuie plasat un ecran pentru a observa imaginea clară A'B' a obiectului luminos? Care sunt caracteristicile imaginii?

9

O lentilă formează imaginea unui obiect luminos pe un ecran situat la 12 cm de lentilă. Când lentila se depărtează cu 2 cm de obiect, ecranul trebuie deplasat mai aproape de obiect cu 2 cm, pentru a obține din nou imaginea.
Calculați distanța focală a lentilei.

10

Un obiect se află la 100 cm față de o lentilă cu convergență $C = 2$ dioptri. La ce distanță de lentilă se formează imaginea și ce caracteristici are ea? Dar dacă obiectul se află la 50 cm față de lentilă?

11

O lentilă convergentă formează o imagine reală, de patru ori mai mare decât obiectul. Știind că distanța dintre obiect și imagine este de 60 cm, să se afle:

- poziția obiectului și a imaginii;
- distanța focală a lentilei.

Reprezentați mersul razelor de lumină.

12

La ce distanță de o lentilă convergentă cu distanță focală de 16 cm trebuie plasat un obiect luminos pentru a obține o imagine de 4 ori mai mare decât obiectul? Care este distanța, față de lentilă, la care se formează imaginea?
Trasați mersul razelor de lumină.

13

Un obiect luminos se află la 18 cm de un ecran.
a) În ce puncte, între obiect și ecran, poate fi așezată o lentilă cu distanța fo-

cală 4 cm pentru a se obține imagine pe ecran?

b) Care este mărirea obținută pentru fiecare din aceste poziții ale lentilei?

14

O lentilă subțire biconvexă este folosită pentru a proiecta pe un ecran imaginea unui obiect, cu înălțimea 5 cm, așezat perpendicular pe axa lentilei, la 30 cm de ea. Știind că imaginea este de două ori mai mare decât obiectul, calculați:
a) distanța focală a lentilei;

b) convergența unei lentile subțiri care prin alipire să formeze cu lentila dată un sistem cu distanță focală de 80 cm.

Ce fel de lentilă este?

c) mărirea liniară dacă obiectul este așezat în fața sistemului de lentile de la punctul b).

Trasați mersul razelor de lumină.

15

Două lentile, una convergentă cu distanță $f_1 = 5$ cm și cealaltă divergentă cu $f_2 = -10$ cm se află la 20 cm una de alta. Cele două lentile au axa optică comună. Se așază un obiect la 12 cm de lentila convergentă. Determinați mărimea și poziția imaginii finale.
Trasați mersul razelor de lumină.

16

Un obiect se află la 20 cm în stânga unei lentile cu $f_1 = +10$ cm. O altă lentilă, cu $f_2 = +12,5$ cm, se află la 30 cm în dreapta primei lentile.

a) Găsiți poziția imaginii finale și mărirea liniară.

b) Verificați concluziile construind grafic imaginile (la scară).

1.3 OCHIUL

Din punct de vedere anatomic ochiul este un organ deosebit de complex, prin intermediul căruia imaginile corpuriilor se transformă în senzații vizuale. Globul ocular (fig. 1.40) are forma aproape sferică cu diametrul de aproximativ 2,5 cm.

Membrana exterioară a ochiului – **sclerotica**, este opacă peste tot cu excepția porțiunii din față, care este transparentă și de formă sferică, numită **cornee**.

Lumina pătrunde în ochi prin cornee, străbate cele trei medii transparente: **umoarea apoasă**, **cristalinul** și **umoarea sticioasă** și cade pe retină unde se formează o imagine reală și răsturnată a obiectelor privite.

Irisul este o membrană (ai cărei pigmenți dau culoarea ochilor) care în centru are o deschidere circulară de diametru variabil numită **pupilă**. La lumină prea intensă irisul își micșorează pupila pentru a proteja retină (procesul se numește *adaptare*).

Retina are o membrană subțire formată din celule senzoriale (terminații ale nervului optic), care percep lumina, numite **conuri** și **bastonașe**.

Conurile sunt celule specializate în perceperea luminii din timpul zilei capabile să dea senzații diferite pentru diferite culori. **Bastonașele** sunt specializate în perceperea luminii de intensitate slabă practic incapabile să distingă culorile.

Sub acțiunea reflexă a mușchilor ochiului, globul ocular se rotește astfel încât imaginea să se formeze în regiunea retinei numită **pata galbenă**.

Cristalinul are forma unei lentile biconvexe (nesimetrică) și poate fi mai bombat sau mai puțin bombat (sub acțiunea mușchilor ciliari) modificându-și astfel convergența încât imaginea să se formeze pe retină. El are o structură stratificată, spre margine indicele de refracție este aproximativ 1,38 iar spre interior 1,41.

Vedem obiecte aflate la distanțe diferite față de ochi datorită capacității de *acomodare* a cristalinului.

Un ochi normal are focalul situat pe retină. Imaginea obiectelor situate la infinit (practic la distanțe mai mari de 15 m) se formează pe retină fără nici un efort de modificare a convergenței cristalinului (fig. 1.41).

Apropoind obiectul, cristalinul se bombează (*fenomenul de acomodare*) astfel încât imaginea să rămână tot pe retină.

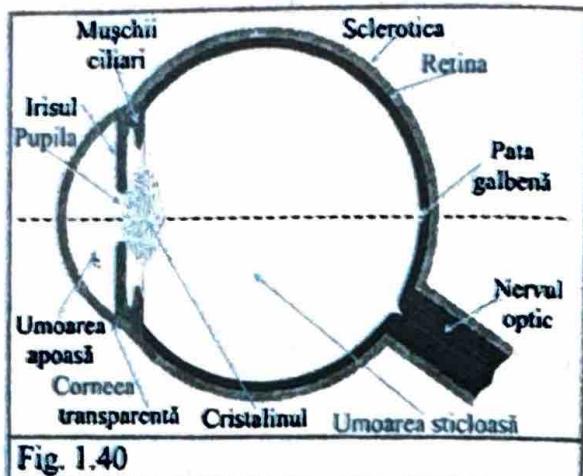


Fig. 1.40

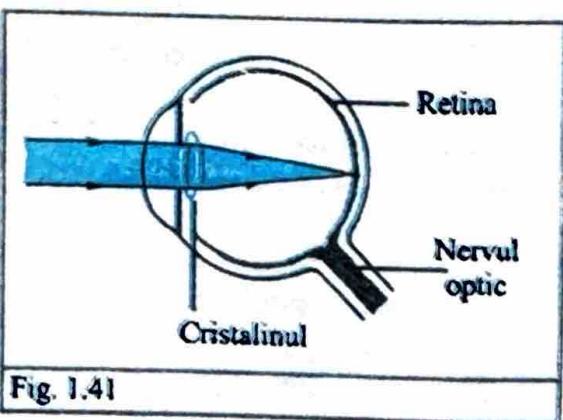


Fig. 1.41

Cristalinul însă nu se poate bomba oricât și de aceea obiectul poate fi adus doar până la o anumită distanță minimă – *distanța minimă de vedere* – sub care ochiul nu mai poate forma imaginea pe retină.

Acomodarea ochiului este deci posibilă între un punct aflat la o distanță maximă (*punctul remotum*) care, pentru ochiul normal este la infinit (practic, peste 15 m) și un punct aflat la o distanță minimă (*punctul proximum*). Pentru ochiul normal punctul proximum este de 10-15 cm la tineri și aproximativ 25 cm la adulți.

Un ochi normal distinge cele mai multe detalii ale unui obiect dacă acestea se află la o distanță de aproximativ 25 cm, numită *distanța vederii optime* (δ).

1.3.1 DEFECTE DE VEDERE

Miopia

Ochiul miop este mai alungit decât cel normal. Ochiul miop nu vede clar obiectele îndepărtate, imaginea punctelor de la infinit se formează în fața retinei deoarece focalul se află în fața retinei (fig. 1.42).

Apropiind mai mult obiectul, ochiul poate păstra, prin acomodare, imaginea pe retină până la o distanță minimă de aproximativ 5 cm. Ochiul miop are deci punctul remotum cât și punctul proximum mai apropiate decât ochiul normal. El nu poate vedea clar obiecte mai depărtate decât punctul său remotum.

Miopia se corectează cu *lentile divergente* al căror focal se află în punctul remotum al ochiului miop (fig. 1.43).

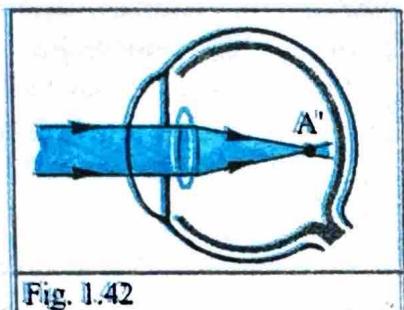


Fig. 1.42

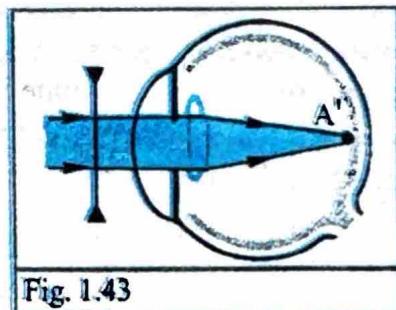


Fig. 1.43

Hipermetropia

Ochiul hipermetrop este "mai turtit" decât ochiul normal astfel încât focalul său se află în spatele retinei (fig. 1.44). În stare relaxată imaginea obiectelor de la infinit se formează în spatele retinei. Prin acomodare (bombarea cristalinului) el poate să aducă imaginea pe retină. Distanța minimă la care poate vedea este mai mare decât la ochiul normal. Hipermetropia se corectează cu *lentile convergente* (fig. 1.45).

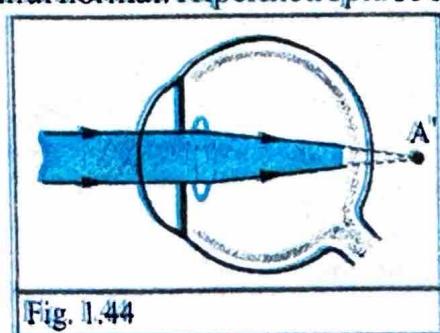


Fig. 1.44

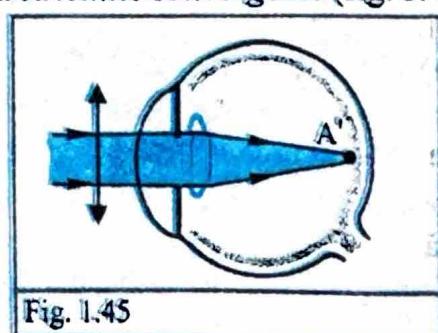


Fig. 1.45

Prezbitismul apare la persoanele în vîrstă datorită slăbirii capacității de bombare a cristalinului.

Ochiul prezbit are *punctul proximum* mai depărtat decât ochiul normal. Obiectele mai apropiate vor avea imaginile în spatele retinei.

Pentru corectarea prezbitismului se folosesc *lentile convergente*, care măresc convergența ochiului ca și în cazul ochiului hipermetrop.

| Ochiul poate avea și alte defecte (exemplu: astigmatismul). Căutați informații despre alte defecte de vedere și explicați în ce constau ele.

1.4 INSTRUMENTE OPTICE

Instrumentele optice sunt dispozitive folosite pentru obținerea imaginilor unor obiecte. Ele au în alcătuirea lor oglinzi, lentile, prisme optice. După natura imaginilor date, instrumentele optice se clasifică în:

- instrumente care dau *imagini reale*, ce pot fi proiectate pe un ecran sau prinse pe un film fotografic (aparatul de fotografiat, aparatul de proiecție, ochiul etc.).
- instrumente care dau *imagini virtuale*. Aceste instrumente sunt folosite pentru examinarea directă a obiectelor (lupa, microscopul, telescopul, luneta etc.).

Caracteristici ale instrumentelor optice

Caracteristicile optice sunt mărimi care permit compararea a două instrumente optice de același tip în scopul alegării instrumentului care corespunde cerințelor practice.

Mărirea transversală (β) definită prin relația:

$$\beta = \frac{y_2}{y_1} \quad (1.27)$$

unde $|y_2|$ este lungimea imaginii dată de instrument, iar $|y_1|$ este lungimea obiectului măsurată pe o direcție perpendiculară pe axa optică.

Observație:

► Notiunea de mărire transversală prezintă interes, în special, în cazul instrumentelor care dau imagini reale ale căror dimensiuni pot fi măsurate.

Puterea optică (P) este definită prin relația:

$$P = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{y_1} \quad (1.28)$$

unde α_2 este unghiul sub care se vede obiectul prin instrumentul optic, iar y_1 este dimensiunea liniară transversală a obiectului.

Observație:

➤ Puterea optică se folosește mai ales în cazul instrumentelor care dă imagini virtuale.

Grosimentul (G) sau mărirea unghiulară este definit prin relația:

$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} \quad (1.29)$$

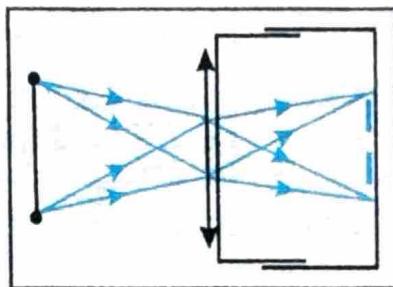
unde α_2 este unghiul sub care se vede obiectul prin instrumentul optic (diametrul aparent al imaginii), iar α_1 este unghiul sub care se vede obiectul când este privit cu ochiul liber (diametrul aparent al obiectului) dacă este așezat la distanța vederii optime ($\delta = 0,25$ m).

Puterea separatoare este capacitatea instrumentului de a forma imagini distincte (separate) a două puncte vecine ale obiectului. Ea poate fi exprimată prin distanța minimă între două puncte ale obiectului care dă imagini diferite în instrument.

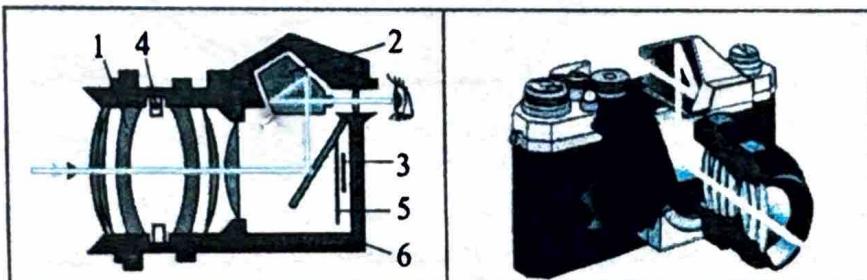
1.4.1 APARATUL DE FOTOGRAFIAT

Principiul de funcționare

O cameră obscură, echipată cu o diafragmă reglabilă, formează o imagine răsturnată a unui obiect, mai mult sau mai puțin clară și puțin luminoasă. Adaptându-i-se o lentilă convergentă, camera dă o imagine clară, luminoasă și răsturnată. Acesta este principiul aparatului de fotografiat.



Alcătuirea și funcționarea aparatului de fotografiat



Părțile componente ale unui aparat de fotografiat sunt:

- **cutia** (6), care este închisă astfel încât să nu pătrundă lumina; pe interior este neagră pentru a evita difuzia luminii. Ea are rol de cameră obscură.
- **obiectivul** (1) este alcătuit dintr-o lentilă convergentă și un ansamblu de lentile convergente a cărui distanță focală este de câțiva centimetri (5 cm pentru aparatelor obișnuite).
- **o diafragmă** (4) reglabilă, aflată în spatele obiectivului, a cărei deschidere variază prin glisarea unor lamele montate una peste cealaltă.

• obturatorul (5) aflat în apropierea peliculei fotografice, care împiedică pătrunzerea luminii atunci când nu se fotografiază. Apăsând declăsatorul se deschide obturatorul un timp scurt și pelicula primește lumină.

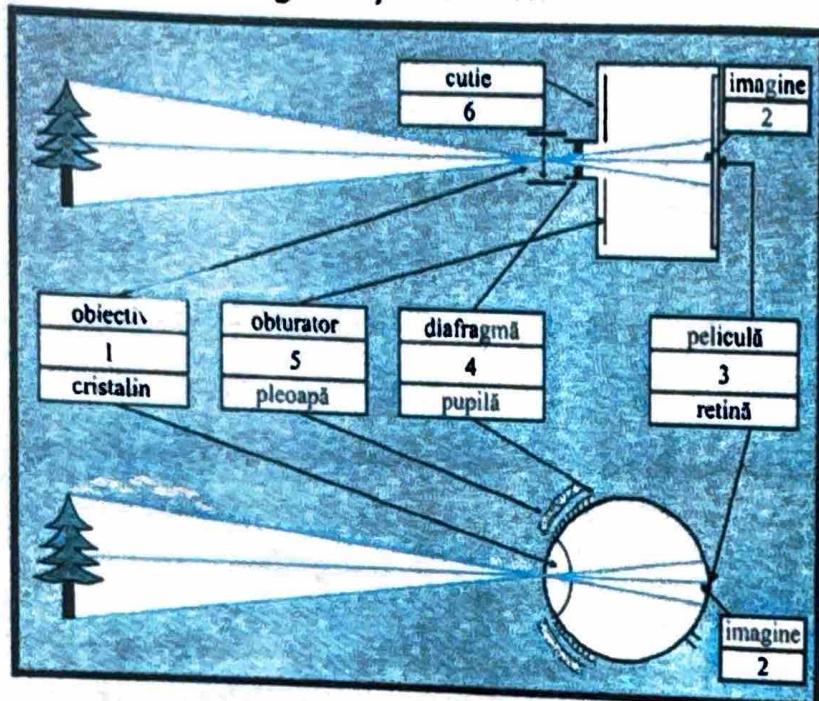
• un sistem de vizualizare (2) care permite fotografului să vadă ce va fotografia, să încadreze corect și să realizeze diferite reglaje.

Pelicula fotografică (3) este un film din plastic, acoperit cu un strat de granule microscopice, pe care lumina provoacă o reacție chimică. Imaginea va fi astfel înregistrată pe peliculă chiar dacă este invizibilă. Pentru a apărea imaginea, pelicula trebuie să suferă un tratament chimic, numit *developare*.

În funcție de filmul utilizat, se obțin diapositive sau un negativ, după care se pot face fotografii pe hârtie fotografică.

Aparatul de fotografiat, ca și ochiul, înregistrează imaginea unor obiecte.

Analizați imaginea următoare și descrieți comparativ rolul fiecărei părți componente a aparatului de fotografiat și a ochiului.



Problemă rezolvată

Un fotograf se află la distanță de 40 m de o clădire a cărei înălțime este de 30 m. Obiectivul aparatului său de fotografiat are distanță focală de 28 mm. Ce înălțime va avea imaginea acestei clădiri pe pelicula fotografică?

$$y_1 = AB = 30 \text{ m}$$

$$f = 28 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

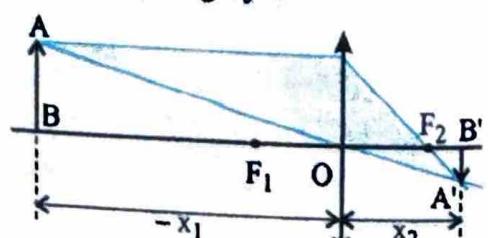
$$x_1 = -40 \text{ m}$$

$$A'B' = ?$$

Aplicăm legea lentilelor:

$$-\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} = \frac{1}{f}; x_2 = \frac{x_1 f}{x_1 + f}$$

$$\beta = \frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1} \Rightarrow y_2 = \frac{x_2}{x_1} \cdot y_1 = \frac{f y_1}{x_1 + f}; \text{ numeric: } y_2 \approx -21 \text{ mm}; A'B' = |y_2| = 21 \text{ mm}$$



Reglarea aparatului de fotografiat

Pentru a obține o fotografie cât mai bună trebuie îndeplinite următoarele condiții:

- imaginea să se formeze exact pe pelicula fotografică și să fie clară;
- pelicula să primească o cantitate de lumină bine determinată.

În acest caz, înainte de fotografierea unui obiect, sunt necesare câteva reglaje (care se fac fie manual, fie automat).

Pe obiectivele unor aparate de fotografiat există inele de reglaj:

- inelul pentru reglarea diametrului diafragmei (1);
- inelul de punere la punct pentru reglarea distanței dintre obiectiv și peliculă (2);
- inelul pentru reglarea profunzimii câmpului (3);

Profunzimea câmpului este distanța între punctul cel mai apropiat și punctul cel mai depărtat de aparat a căror imagine este clară.

Unele aparate de fotografiat sunt prevăzute și cu un dispozitiv pentru reglarea vitezei de obturare.

Reglarea distanței obiectiv-peliculă (punerea la punct a aparatului)

Obiectul de fotografiat nu este întotdeauna la aceeași distanță față de aparatul de fotografiat. Distanța lentală-imagine depinde de

$$\text{distanța lentală-obiect} - \text{legea lentilelor: } \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$$

Punerea la punct constă în reglarea distanței peliculă-obiectiv în funcție de depărtarea la care se află obiectul ce se fotografiază. Ea se realizează prin învărtirea inelului 2 (în care se află obiectivul).

Reglarea cantității de lumină

Cantitatea de lumină necesară impresionării peliculei fotografice depinde de sensibilitatea peliculei (care este indicată pe ambalajul ei). Cu cât este mai sensibilă cu atât este necesară mai puțină lumină. Cantitatea de lumină se reglează prin alegerea corespunzătoare a timpului de expunere și a diametrului deschiderii diafragmei.

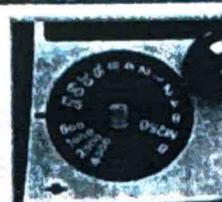
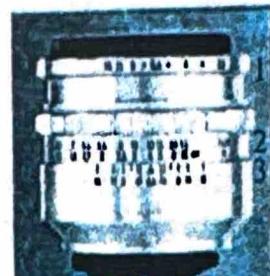
Reglarea timpului de expunere

Timpul de expunere (care este inversul vitezei de obturare) este timpul cât obturatorul rămâne deschis. Cu cât timpul de expunere este mai mare cu atât pelicula primește mai multă lumină. Dacă timpul de expunere este mai mare de 1/30 s este recomandat să se fixeze aparatul de fotografiat pe un trepied. Dacă obiectul ce se fotografiază este în mișcare timpul de expunere trebuie să fie foarte scurt.

Reglarea deschiderii diafragmei

Deschiderea diafragmei este dată de numărul "n" aflat pe inelul diafragmelor. Cu cât numărul n este mai mare cu atât deschiderea diafragmei este mai mică.

Reglarea deschiderii diafragmei și a timpului de expunere sunt corelate între ele. Aceeași cantitate de lumină ajunge pe peliculă, dacă deschiderea diafragmei este mai mică, dar timpul de expunere este mare și invers.



Două deschideri ale diafragmei

1.4.2 MICROSCOPUL

Microscopul permite observarea obiectelor prea mici pentru a fi văzute cu ochiul liber.

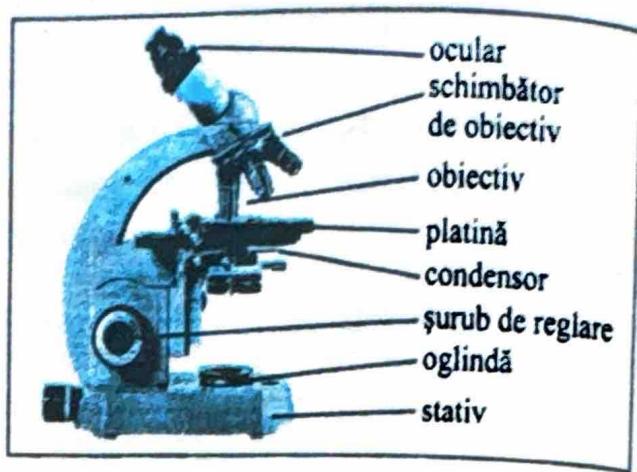
Părțile principale ale microscopului sunt obiectivul și ocularul.

Obiectivul, partea îndreptată spre obiect este o lentilă convergentă (sau un ansamblu de lentile convergente) cu distanță focală foarte mică (de câțiva milimetri).

Ocularul, partea îndreptată către ochi este o lentilă convergentă (sau un ansamblu de lentile convergente) având rolul unei lupe.

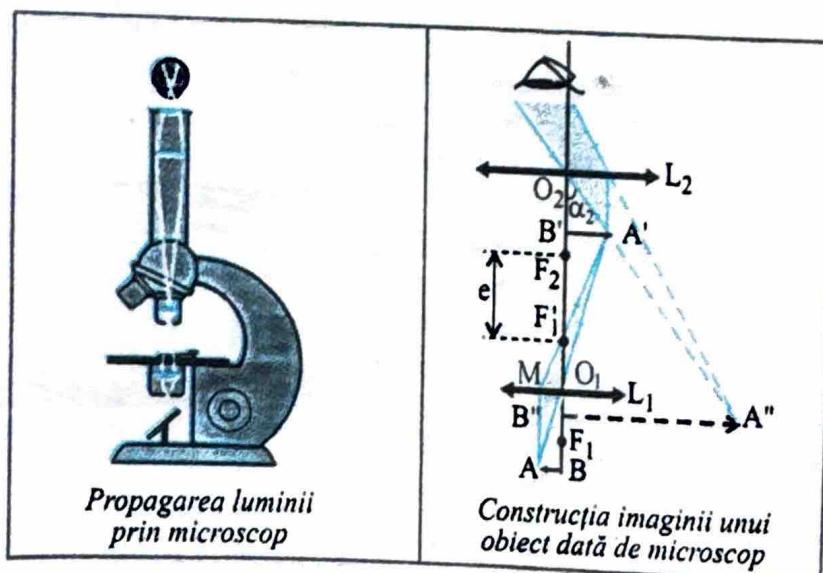
Obiectivul și ocularul au axa optică principală comună.

Obiectul ce trebuie observat (foarte subțire și fixat între două lamele de sticlă) se aşază pe platină. Platina are o deschidere circulară în centru prin care obiectul este iluminat. Oglinda și condensorul concentrează lumina asupra obiectului. Pentru o observare microscopică trebuie reglată iluminarea și trebuie deplasată platina microscopului (cu șurubul de reglare) până când, prin ocular, se observă imaginea obiectului studiat.



Formarea imaginii în microscop

Obiectul AB este așezat în apropierea focalului F_1 al obiectivului (L_1). Imaginea A'B' dată de obiectiv este reală, răsturnată și mărită. Ea se formează între focalul F_2 al ocularului și ocular (L₂) aproape de F_2 . A'B' constituie obiect pentru lentila L₂. Imaginea A''B'' dată de ocular este virtuală, dreaptă și mărită.



Puterea optică a microscopului: $P = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{y_1}$

$$\text{unde: } y_1 = AB, \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{A''B''}{O_2B''} = \frac{A'B'}{O_2B'}$$

$$O_2B' \approx f_2 \text{ (distanța focală a ocularului), deci: } \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{A'B'}{f_2}, \quad P = \frac{A'B'}{f_2 \cdot AB}$$

Din asemănarea triunghiurilor $A'B'F'_1$ și $O_1MF'_1$, considerând $F'_1 B' \approx e$

obținem $\frac{A'B'}{AB} = \frac{e}{f_1}$, unde f_1 este distanța focală a obiectivului, iar $e = F'_1 F_2$

$$P \approx \frac{e}{f_1 \cdot f_2} \quad (1.30)$$

Puterea microscopului crește deci, cu creșterea convergențelor obiectivului și ocularului.

Valoarea lui "e" este stabilită de fiecare observator prin operația de punere la punct, prin care deplasează ocularul până când vede clar imaginea $A''B''$.

Grosimentul microscopului: $G = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1}$

$$\text{unde: } \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{A'B'}{f_2}, \quad \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{AB}{\delta} \quad \text{rezultă:}$$

$$G = \frac{A'B'}{f_2} \cdot \frac{\delta}{AB}$$

$$G = P \cdot \delta \quad (1.31)$$

unde δ este distanța vederii optime.

Puterea separatoare a microscopului este în cel mai bun caz egală cu $0,2 \mu\text{m}$.

Problema rezolvată

Obiectivul unui microscop poate fi assimilat cu o lentilă subțire convergentă cu distanța focală $f_1 = 5 \text{ mm}$, iar ocularul său cu o lentilă subțire convergentă cu distanța focală $f_2 = 20 \text{ mm}$. Cele două lentile au aceeași axă optică principală, iar distanța dintre focarele lor este $e = 160 \text{ mm}$. Determinați poziția și mărimea imaginii $A''B''$ a unui obiect AB cu lungimea de $0,02 \text{ mm}$ așezat perpendicular pe axa optică principală a sistemului și aflat la $5,15 \text{ mm}$ de obiectiv.

$$f_1 = 5 \text{ mm}$$

$$f_2 = 20 \text{ mm}$$

$$F_2 F'_1 = e = 160 \text{ mm}$$

$$AB = 0,02 \text{ mm}$$

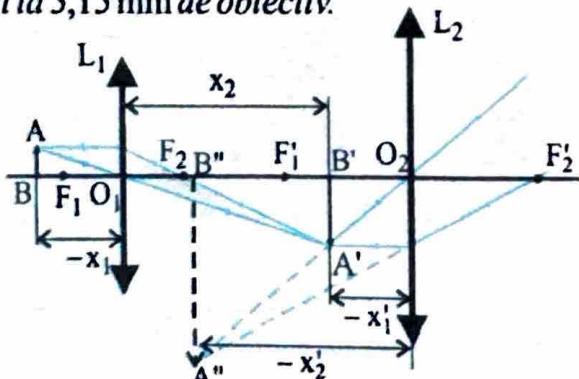
$$x_1 = -5,15 \text{ mm}$$

$$x'_2 = ?$$

$$A''B'' = ?$$

Aplicăm legea lentilelor pentru lentila L_1 :

$$-\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} = \frac{1}{f_1}$$



rezultă $x_2 = 171,(6)$ mm.

$$\text{Dar } O_1B' + B'O_2 = f_1 + f_2 + e \Rightarrow x'_1 = -(f_1 + f_2 + e - x_2)$$

Numeric: $x'_1 = -13,(3)$ mm

$$\text{Aplicăm legea lentilelor pentru lentila } L_2: -\frac{1}{x'_1} + \frac{1}{x'_2} = \frac{1}{f_2} \Rightarrow x'_2 = -40 \text{ mm}$$

(imagină virtuală).

$$\beta = \frac{y'_2}{y_1} = \beta_1 \cdot \beta_2 \Rightarrow y'_2 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot y_1 = \frac{x_2}{x'_1} \cdot \frac{x'_2}{x'_1} \cdot y_1$$

Numeric: $y'_2 = -2$ mm (imagină finală este răsturnată)

PROBLEME

1

Copiați și completați frazele următoare cu cuvinte din lista următoare: pupilă, culoare, iris, lumină, obiect, ochi.

- a) În vederea nocturnă, ochiul nu distinge...
- b) Un... care nu emite... nu este văzut de...
- c)... este o diafragmă. El își modifică diametrul... și deci cantitatea de lumină care pătrunde în ochi.

2

Ce explicație puteți da expresiei "noaptea toate pisicile sunt negre".

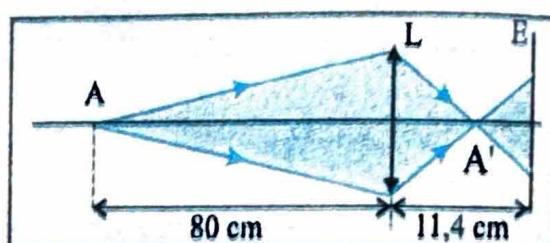
3

Privind un coleg care poartă ochelari poți să-ți dai seama ce fel de lentile au ochelarii săi (divergente sau convergente) fără să-i ceri informații referitoare la defectul său de vedere?

4

Mihai a realizat o experiență prin care a simulaț corectarea miopiei. El a folosit

o sursă de lumină (A), o lentilă convergentă L cu convergență $C = +20 \delta$ și un ecran pe care le-a așezat ca în figura de mai jos.



- a) La ce distanță ar trebui așezat ecranul pentru a observa clar imagină?
- b) Ce convergență are lentila pe care Mihai a așezat-o în fața lentilei L pentru a obține imagină A' pe ecran?

5

Doi prieteni, unul miop și celălalt hipermetrop, vin unul spre celălalt pe aceeași stradă. Care dintre ei îl observă primul pe celălalt?

6

Un miop nu vede distinct decât obiecte situate la o distanță între 25 cm și 7,5 cm

față de ochi. Care trebuie să fie convergența lentilelor ochelarilor săi pentru a putea vedea clar obiecte situate la infinit?

7

Un elev, când citește, ține carte la distanță de 40 cm față de ochi. Ce convergență trebuie să aibă lentilele ochelarilor cu care va putea citi ținând carte la distanță vederii optime?

8

Primele aparate de fotografiat erau foarte simple. Ele aveau o cutie neagră prevăzută cu burduf și o lentilă convergentă echipată cu o diafragmă. Imaginea se forma pe o placă de sticlă acoperită cu un strat sensibil.

- a) Faceți o schemă a aparatului descris.
- b) Ce distanță focală are o lentilă cu convergență de 20 dioptrii?
- c) Care este rolul burdufului cutiei negre a aparatului?
- d) Un fotograf vrea să fotografieze cu acest aparat un copil cu înălțimea de 1 m aflat la 3 m de lentilă. Cum trebuie să regleze fotograful burduful cutiei negre pentru a obține o imagine clară pe placă de sticlă? Reprezentați schematic mersul razelor de lumină.

9

Există obiective cu distanță focală variabilă numite "zoom". Ele înlocuiesc un număr mare de obiective a căror distanță focală poate varia între 85 mm și 205 mm. Care este utilitatea unui "zoom" pentru un aparat fotografic? Dar în cazul unei camere de luat vederi?

10

Un aparat fotografic este adesea echipat cu un obiectiv cu distanță focală de

50 mm. Arătați, cu ajutorul unei scheme, că atunci când aparatul este echipat cu un teleobiectiv cu distanță focală 200 mm imaginea obținută pe peliculă este de 4 ori mai mare decât în cazul obiectivului cu distanță focală de 50 mm.

11

Numărul n corespunzător deschiderii diafragmei se obține prin raportul dintre distanță focală (f) a obiectivului, și diametrul D al deschiderii diafragmei ($n = f/D$).

Copiați și completați tabelul:

f (mm)	50		50
D (mm)	8,93	6,25	
n		8	16

12

Ocularul unui microscop are distanță focală de 2 cm, iar obiectivul de 0,6 cm. Obiectul care se examinează se află la distanță de 5/8 cm în fața obiectivului, iar imaginea dată de microscop este observată la distanță vederii optime (25 cm). Calculați:

- a) puterea optică a microscopului;
- b) grosimentul microscopului;
- c) distanța dintre lentile.

13

Obiectivul și ocularul unui microscop au fiecare distanță focală de 6 mm și se găsesc la distanță de 20,6 cm unul de altul. Știind că imaginea finală se formează la infinit, calculați:

- a) distanța de la obiectiv la obiectul studiat;
- b) mărirea liniară a obiectivului;
- c) puterea optică a microscopului;
- d) grosimentul microscopului.

TEST

I

Alegeți varianta corectă și completă și frazele următoare:

- a) Privit din apă, vârful unui pom pare *mai sus / mai jos* decât în realitate deoarece apă are indicele de refracție ... decât indicele de refracție al aerului.
- b) Miopia este un defect de vedere care constă în imposibilitatea de a vedea clar obiectele *îndepărtate / apropiate* deoarece imaginea lor se formează *în spatele / în fața* retinei și puterea de acomodare redusă a ... nu permite aducerea imaginii pe retină.
- c) Lentilele cu o față convexă și una concavă *au / nu au* totdeauna distanța focală negativă deoarece ...

1,5p

II

Notați litera corespunzătoare răspunsului corect.

1. Un corp care se apropie de o oglindă plană cu viteza de 10 cm/s, față de oglindă, are viteza imaginii sale în raport cu obiectul:

A	B	C
20 cm/s	10 cm/s	0 cm/s

0,5p

2. Într-un vas cu apă se află două monede identice, depărtate una de alta, moneda mai apropiată fiind privită de un observator sub un unghi mai mic. Adâncimea aparentă la care vede observatorul moneda apropiată comparativ cu adâncimea la care vede moneda mai depărtată este:

A	B	C
mai mare	mai mică	egală

1p

3. Folosind o oglindă sferică se obține o imagine dreaptă a feței unui observator, mărită de 4 ori, la distanță de 50 cm față de ochiul acestuia. Tipul oglinziei și raza ei de curbură sunt:

A	B	C
concavă; $R = -40 \text{ cm}$	convexă; $R = \frac{20}{3} \text{ cm}$	concavă; $R = -\frac{80}{3} \text{ cm}$

2p

III

- Pe fundul unui vas cu apă se află o oglindă plană circulară având diametrul d . La ce înălțime, deasupra centrului oglinziei, în apă ($n = 4/3$), trebuie plasată o sursă luminoasă punctiformă pentru ca diametrul petei luminoase formată pe suprafața apei să aibă valoarea maximă?

2p

IV

- Două lentile convergente subțiri (L_1 și L_2) având distanțele focale $f_1 = 20 \text{ cm}$ și respectiv $f_2 = 30 \text{ cm}$ sunt centrate pe axa optică la distanța $d = 80 \text{ cm}$ una de alta. Un obiect luminos liniar se află la 30 cm de prima lentilă, perpendicular pe axa optică. Determinați natura, poziția și mărimea imaginii finale.
Reprezentați mersul razelor de lumină.

2p

Se acordă un punct din oficiu. Timp de lucru: 50 minute.