

OPTICA GEOMETRICĂ

9.1. Noțiuni ale opticii geometrice

Optica este acea ramură a fizicii care studiază lumina și fenomenele luminoase. Optica are următoarele ramuri: optica ondulatorie, optica fonică (corpulară) și optica geometrică.

Optica geometrică studiază propagarea luminii prin diferite medii sau prin suprafețele de separare ale acestora, fără a lua în considerare natura ondulatorie sau corpulară a luminii.

Viteza de propagare a luminii în aer sau spațiul vid este $c \cong 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ iar în oricare alt mediu este mai mică ($v < c$).

O caracteristică a mediului de propagare a luminii este *indicele de refracție absolut al mediului*:

$$n = \frac{c}{v} \quad (9.1)$$

Indicele de refracție relativ al mediului 2 față de mediul 1 va fi:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (9.2)$$

Raza de lumină este o porțiune dintr-o dreaptă de-a lungul căreia se propagă lumina. Ansamblul format de mai multe raze de lumină formează un *fascicul luminos*. Acesta poate fi fasciculul convergent, divergent sau fascicul de raze paralele.

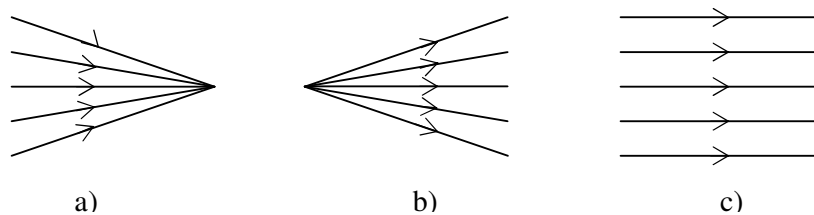


Fig. 9.1 Fascicul de lumină a) convergent b) divergent c) paralel

Drumul optic într-un mediu dat și într-un timp dat este egal cu:

$$[l] = n \cdot l \quad (9.3)$$

în care l este drumul geometric parcurs de lumină în acel mediu.

9.2. Principii ale opticii geometrice

a) *Principiul propagării rectilinii a luminii*: într-un mediu omogen și izotrop lumina se propagă în linie dreaptă până la întâlnirea unui obstacol sau a unui alt mediu.

b) *Principiul independenței propagării razelor luminoase*: razele luminoase incoerente care se întâlnesc într-un punct nu se influențează reciproc, păstrându-și fiecare direcția inițială de propagare.

c) *Principiul reversibilității drumului razelor*: O rază de lumină care parcurge un sistem optic într-un sens, va parcurge sistemul pe același drum optic dacă este dirijată în sens invers.

d) *Principiul lui Fermat*: Drumul optic parcurs de o rază luminoasă între două puncte este un extremum în raport cu oricare alt drum posibil între acele puncte. Acest extrem este un minim.

e) *Teorema Malus – Dupin*: Dacă din mediul obiect (aflat înaintea sistemului optic) pornește un fascicul de raze normale la suprafața echifază Σ , după parcurgerea sistemului optic (prin reflexii și refracții), razele din fasciculul emergent sunt normale la suprafața echifază imagine Σ' . Drumurile optice pentru fiecare rază dintre cele două suprafețe echifază sunt egale.

9.3. Reflexia și refracția luminii

La suprafața de separare a două medii optice diferite (cu indice de refracție diferit), fasciculul luminos este parțial reflectat și parțial refractat.

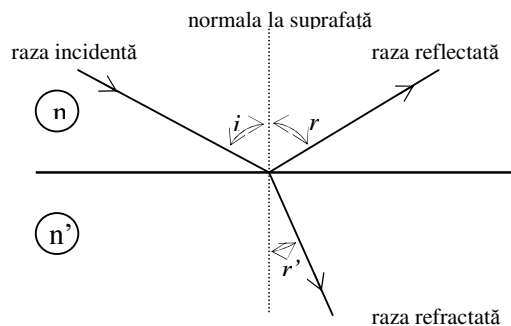


Fig. 9.2 Reflexia și refracția luminii

9.3.1. Refracția luminii

Refracția luminii este fenomenul de schimbare a direcției de propagare a luminii la întâlnirea suprafeței de separare a două medii optice diferite.

Legile refracției:

- *Legea 1* : Raza incidentă, raza refractată și normala în punctul de incidență la suprafața de separare a celor două medii se află în același plan.
- *Legea a 2-a (Legea Snellius-Descartes):*

$$n \sin i = n' \sin r' \quad (9.4)$$

9.3.2. Reflexia luminii

Reflexia luminii este fenomenul de întoarcere (parțială) a unei luminoase în mediul din care a venit atunci când întâlnește suprafața de separare a două medii optice diferite.

Legile reflexiei:

- *Legea 1* : Raza incidentă, raza reflectată și normala în punctul de incidență la suprafața de separare a celor două medii se află în același plan.
- *Legea a 2-a* : Unghiul de incidență (i) este egal cu unghiul de reflexie (r) .

9.3.3. Reflexia totală

În cazul în care lumina întâlnește un mediu optic mai puțin dens ($n' < n$), poate apărea fenomenul de *reflexie totală* pentru toate unghiurile de incidență mai mari decât o valoare limită (*unghi limită*). Valoarea unghiului limită se obține din *Legea Snellius-Descartes* luând unghiul de refracție $r' = 90^\circ$:

$$n \sin i_l = n' \sin 90$$

$$i_l = \arcsin\left(\frac{n'}{n}\right)$$

9.4. Componente optice fundamentale

9.4.1. Dioptrul

Dioptrul este suprafața care separă două medii optice transparente cu indici de refracție diferiți. Dioptrul poate fi *dioptru plan*, *dioptru sferic*, etc, în funcție de forma suprafeței care separă cele două medii optice diferite.

Elementele dioptrului sunt: vârful dioptrului (V), centrul de curbură (C), axa optică principală (CV), axele optice secundare.

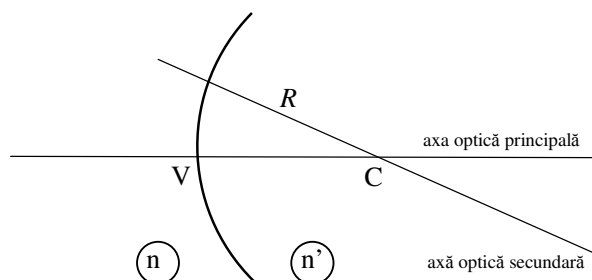


Fig. 9.3 Elementele dioptrului sferic

Convenții:

- distanțele măsurate de la V spre dreapta (în sensul de propagare a luminii) se consideră pozitive iar distanțele măsurate de la V spre stânga se consideră negative.
- unghiul dintre raza de lumină și axa optică se consideră pozitiv atunci când rotirea razei către axă se face în sensul trigonometric, iar dacă rotirea se face în sens contrar, atunci unghiul se consideră negativ.

Relația fundamentală a dioptrului sferic (relația punctelor conjugate):

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n'-n}{R} \quad (9.5)$$

în care s , s' sunt pozițiile punctului obiect, respectiv a punctului imagine, în aproximația paraxială (Gauss).

Distanța focală obiect a dioptrului sferic:

$$f = -\frac{nR}{n'-n} \quad (9.6)$$

Distanța focală imagine a dioptrului sferic:

$$f' = \frac{n'R}{n'-n} \quad (9.7)$$

Mărirea liniară transversală este raportul dintre mărimea imaginii și mărimea obiectului. Pentru dioptrul sferic are valoarea:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \cdot \frac{n}{n'} \quad (9.8)$$

9.4.2. Lentile optice

Lentila optică este un mediu transparent mărginit de doi dioptri.

Lentilele pot fi clasificate din punct de vedere optic în:

- *lentile convergente* sau *pozitive* ($f' > 0$)
Exemple: lentile biconvexe, plan-convexe, menisc convergent
- *lentile divergente* sau *negative* ($f' < 0$)
Exemple: lentile biconcave, plan-concave, menisc divergent

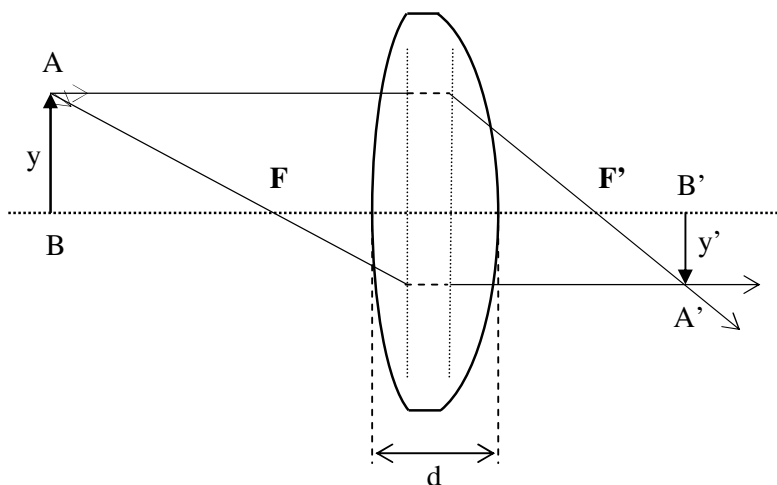


Fig. 9.4 Lentila optică

O lentilă poate fi considerată subțire dacă grosimea ei (d) este mică în comparație cu razele dioptrilor care mărginesc lentila.

Lentilele infinit subțiri se reprezintă schematic prin segmente perpendiculare pe axa optică, prevăzute cu săgeți duble orientate în funcție de tipul lentilei.

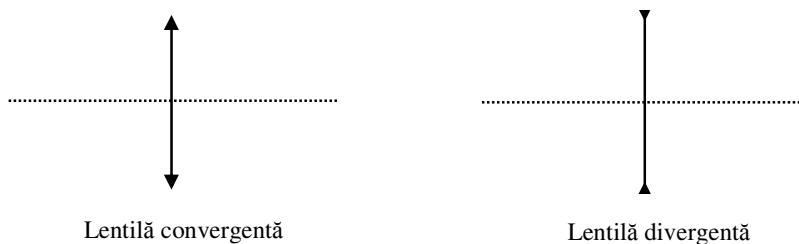


Fig. 9.5 Reprezentarea schematică a lentilelor optice

Formula fundamentală a lentilelor subțiri:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f'} \quad (9.9)$$

Mărirea liniară transversală a lentilei subțiri:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad (9.10)$$

Convergența lentilei (Puterea optică):

$$C = \frac{1}{f'} \quad \langle C \rangle_{SI} = \text{dioptria} = \text{m}^{-1} \quad (9.11)$$

9.4.3. Oglinzi optice

Oglinzile sunt dioptri de formă plană, sferică sau asferică care reflectă lumina.

Oglinzile sferice pot fi *concave* ($R < 0$) sau *convexe* ($R > 0$).

Ecuțiile oglinzii se obțin din ecuațiile dioptrului cu particularizarea $n' = -n$ iar pentru oglinda plană se consideră $R = \infty$

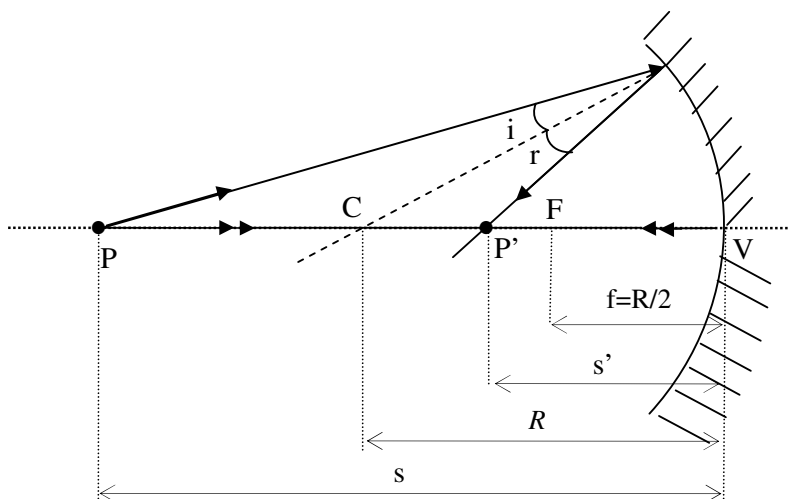


Fig. 9.6 Oglinda sferică

Formula oglinzilor sferice:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \quad (9.12)$$

Distanțele focale ale oglinzii sferice:

$$f = f' = \frac{R}{2} \quad (9.13)$$

Mărirea liniară transversală:

$$\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad (9.14)$$

9.4.4. Prisma optică

Prisma optică este alcătuită din doi dioptri plani care fac un unghi diedru între ei (unghiul prisme).

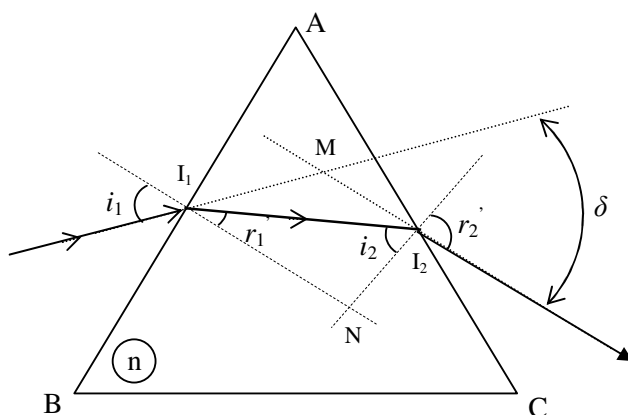


Fig. 9.7 Prisma optică

Ecuțiile prisme:

$$\sin i_1 = n \sin r_1' \quad (9.9)$$

$$n \sin i_2 = \sin r_2' \quad (9.16)$$

$$A = r_1' + i_2 \quad (9.17)$$

$$\delta = i_1 + r_2' - A \quad (9.18)$$

în care $A =$ unghiul prisme, $\delta =$ unghiul de deviație

$$\text{Condiția de emergență a razelor din prismă: } A < 2 i_1 \quad (9.19)$$

$$\text{în care: } i_1 = \arcsin \frac{1}{n} \text{ este unghiul limită.} \quad (9.20)$$

Indicele de refracție al prisme poate fi calculat prin măsurarea unghiului de deviație minimă:

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (9.21)$$

Dispersia luminii albe (policromatice) prin prisma optică se produce datorită dependenței indicelui de refracție (n) de lungimea de undă a luminii (λ). Datorită fenomenului de dispersie, razele de lumină incidente pe prismă sub același unghi, vor părăsi prismă sub unghiuri de deviație diferite dacă razele au lungimea de undă diferită (Fig. 9.8).

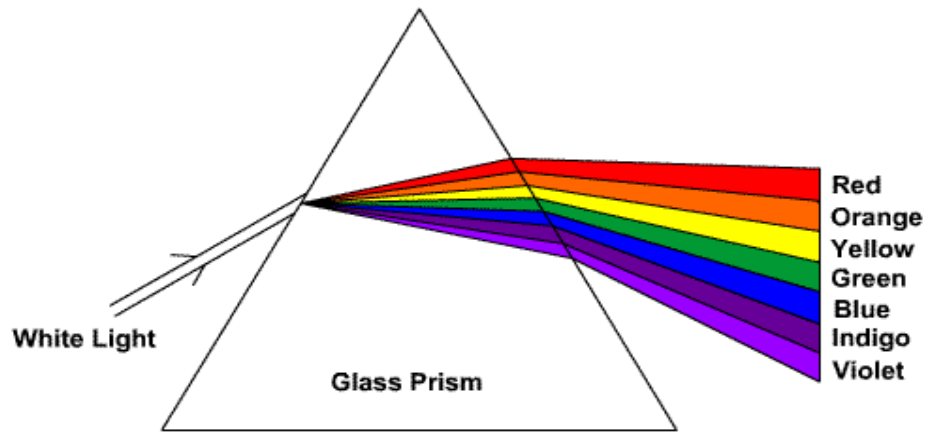


Fig. 9.8. Dispersia luminii albe solare prin prisma optică

Bibliografie

- 1 Bass, M., ș.a. *Handbook of optics*, vol.I, II, second edition, McGraw-Hill, Inc., NY, 1995
- 2 Hecht, E., *Optics*, third edition, Addison-Wesley Longman, Inc., Massachusetts, 1998
- 3 Gruescu, C., *Elemente de optică tehnică și aparate optice*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2000
- 4 Nicoară, I., ș.a., *Aparate optice*, vol.I, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2001
- 5 Pommersheim, A. *Optica tehnică*, lito I.P.T.V.T., 1989