

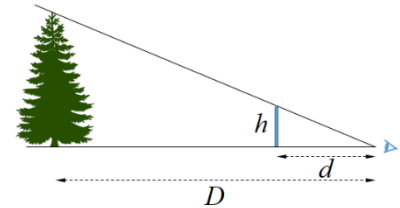
PRINCIPII ȘI LEGI ÎN OPTICA GEOMETRICĂ

Propagarea rectilinie a luminii

1. /0/ Umbra unui copac cu înălțimea $H = 10\text{ m}$ are lungimea $L = 3\text{ m}$ măsurată pe suprafața orizontală a solului. Aflați lungimea umbrei unui om cu înălțimea $h = 1,8\text{ m}$.

$$\text{R: } l = hL/H = 0,54\text{ m.}$$

2. /0/ Un om privește din apropierea solului vârful unui băț cu înălțimea $h = 80\text{ cm}$ și vârful unui copac, de la distanța $D = 22\text{ m}$, ca în figura alăturată. Știind că bățul se află la distanța $d = 2\text{ m}$ de om, aflați înălțimea copacului.



$$\text{R: } H = hD/d = 8,8\text{ m.}$$

3. /0/ Un bec electric folosit pentru iluminatul stradal este suspendat la înălțimea $H = 7,8\text{ m}$ față de sol. Un om cu înălțimea $h = 1,8\text{ m}$ se deplasează cu viteza $v_0 = 1\text{ m/s}$, pornind de sub bec. Aflați viteza cu care crește umbra omului.

$$\text{R: } v = hv_0/(H - h) = 0,3\text{ m/s.}$$

Reflexia luminii

4. /0/ O rază de lumină cade perpendicular pe o oglindă plană verticală. Oglinda se înclină cu unghiul $\alpha = 35^\circ$ față de direcția verticală. Aflați cu ce unghi se va roti raza reflectată.

$$\text{R: } \beta = 2\alpha = 70^\circ.$$

5. /0/ Pe un perete al unei camere este fixată o oglindă de mici dimensiuni la înălțimea $h = 70\text{ cm}$ față de podea, iar pe peretele opus este montat un bec. Aflați înălțimea la care se află becul dacă la mijlocul podelei de formează o pată luminoasă.

$$\text{R: } H = 3h = 2,1\text{ m.}$$

6. /0/ Un vas cilindric plin cu apă are diametrul bazei $D = 30\text{ cm}$. O sursă punctiformă de lumină este fixată pe fundul vasului, în centul acestuia. O oglindă plană circulară se așază cu suprafața reflectătoare lipită de suprafața apei, centrul oglinzii fiind pe verticala sursei de lumină. Aflați diametrul minim al oglinzii astfel încât: a) baza vasului să fie luminată de razele reflectate; b) jumătatea din suprafața interioară a cilindrului și baza vasului să fie luminate de razele reflectate.

$$\text{R: } \text{a) } d = D/2 = 15\text{ cm, b) } d = 2D/3 = 20\text{ cm.}$$

7. /1/ Un om se privește într-o oglindă plană dreptunghiulară aflată pe un perete vertical. Înălțimea omului este $H = 1,9\text{ m}$ iar ochii omului se află la înălțimea $H_0 = 1,8\text{ m}$ față de podea. Aflați înălțimea minimă a oglinzii și înălțimea la care se află marginea superioară a acesteia față de podea, pentru ca omul să se vadă în întregime în oglindă.

$$\text{R: } h = H/2 = 0,95\text{ m, } y_{\text{sup}} = (H + H_0)/2 = 1,85\text{ m.}$$

Refracția luminii

8. /0/ O rază de lumină care se propagă într-un mediu cu indicele de refracție $n_1 = 1,73 \approx \sqrt{3}$ întâlnește suprafața de separare cu aerul sub unghiul de incidență $i = 30^\circ$. Aflați unghiul dintre raza incidentă și raza refractată.

$$\text{R: } \alpha = 120^\circ.$$

9. /1/ Un vas cilindric plin cu apă ($n = 4/3$) are înălțimea $H = 40\text{ cm}$ și diametrul bazei $D = 60\text{ cm}$. O sursă punctiformă de lumină este fixată pe fundul vasului, pe axa de simetrie a acestuia. Aflați: a) viteza de propagare a luminii în apă; b) sinusul unghiului maxim sub care se refractă lumina la trecerea din apă în aer.

R: a) $v = c/n = 2,25 \cdot 10^8$ m/s, b) $\sin r_{\max} = nD/\sqrt{D^2 + 4H^2} = 0,8$.

10. /1/ Un fascicul cilindric cu lăţimea $l_0 = 8$ cm ajunge din aer pe suprafaţa apei ($n = 4/3$) sub unghiul de incidenţă $i = 60^\circ$. Aflaţi lăţimea fasciculului de lumină în apă.

R: $l = l_0 \sqrt{n^2 - \sin^2 i} / (n \cos i) = 12,16$ cm.

11. /1/ Un fascicul cilindric cu lăţimea $l_0 = 8$ cm iese din sticlă ($n_s = 1,73 \approx \sqrt{3}$) în aer, atingând suprafaţa de separaţie sub unghiul de incidenţă $i = 30^\circ$. Aflaţi lăţimea fasciculului de lumină în aer.

R: $l = l_0 \sqrt{1 - n^2 \sin^2 i} / \cos i = 4,64$ cm.

Probleme cu imagini în care se foloseşte aproximaţia paraxială:

12. /1/ Un peşte aflat într-un acvariu la adâncimea $h_0 = 20$ cm este privit pe direcţie perpendiculară pe suprafaţa apei ($n = 4/3$). Aflaţi adâncimea aparentă la care se vede peştele.

R: $h = h_0/n = 15$ cm. *se poate rezolva şi cu formula dioptrului plan.

13. /1/ Privind perpendicular pe suprafaţa apei dintr-un bazin ($n = 4/3$), ni se pare că adâncimea apei este $h_0 = 3$ m. Aflaţi adâncimea reală a apei din bazin.

R: $h = nh_0 = 4$ m. *se poate rezolva şi cu formula dioptrului plan.

Reflexie şi refracţie

14. /0/ Unghiul de incidenţă a unei raze de lumină pe suprafaţa de separare dintre două medii transparente, cu indicii de refracţie $n_1 = 2$ şi $n_2 = 1,41 \approx \sqrt{2}$, este $i = 30^\circ$. Aflaţi unghiul dintre raza reflectată şi cea refractată.

R: $\alpha = 105^\circ$.

15. /0/ La trecerea din aer într-un lichid cu indicele de refracţie $n = 1,73 \approx \sqrt{3}$ o rază de lumină suferă atât fenomenul de reflexie, cât şi cel de refracţie. Ştiind că raza refractată este perpendiculară pe raza reflectată, aflaţi unghiul de incidenţă.

R: $\operatorname{tg} i = n$, $i = 60^\circ$.

16. /1/ Un vas cilindric foarte larg are înălţimea $H = 15$ cm şi este umplut cu un lichid cu indicele de refracţie $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$. O rază LASER emisă de pe fundul vasului ajunge la suprafaţa lichidului sub unghiul $\alpha = 60^\circ$ faţă de orizontală. Aflaţi: a) unghiul dintre raza reflectată şi cea refractată; b) distanţa faţă de sursa LASER la care ajunge, pe fundul vasului, raza de lumină reflectată.

R: a) $\gamma = 180^\circ - i - r = 105^\circ$, b) $x = 2H \operatorname{tg} i = 17,3$ cm.

Reflexia totală

17. /0/ O rază de lumină se propagă în sticlă cu indicele de refracţie $n_s = 1,41 \approx \sqrt{2}$ şi atinge suprafaţa de separare sticlă – aer. Aflaţi unghiul de incidenţă minim pentru care raza de lumină nu iese în aer.

R: $i_{\min} = l = 45^\circ$.

18. /1/ O sursă punctiformă de lumină se află pe fundul unui vas suficient de larg plin cu un lichid care are indicele de refracţie $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$. Calculaţi raportul dintre durată maximă şi minimă necesare luminii pentru a traversa stratul de lichid şi a ieşi în aer.

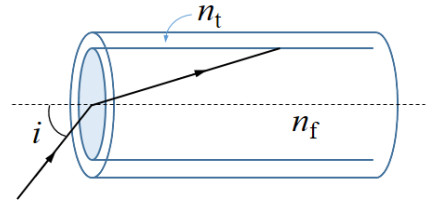
R: $t_{\max}/t_{\min} = n/\sqrt{n^2 - 1} = 1,41$.

19. /1/ Pe fundul unui vas cilindric foarte larg se află o sursă punctiformă de lumină. Vasul este opac și conține un lichid transparent cu indicele de refracție $n = 5/4$, până la înălțimea $H = 15\text{ cm}$. La suprafața lichidului plutește un disc al cărui centru se află pe verticala ce trece prin sursă. Aflați raza minimă a discului pentru ca sursa de lumină să fie invizibilă.

R: $R_{\min} = H/\sqrt{n^2 - 1} = 20\text{ cm}$.

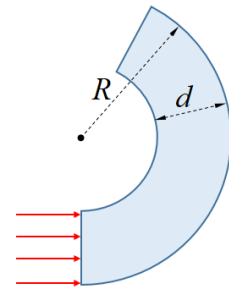
Fibra optică

20. /1/ În figura alăturată este prezentată o mică porțiune dintr-o fibră optică în care intră, venind din aer, o rază de lumină sub unghiul de incidență i . Pentru a asigura transmisia luminii la distanță, fibra optică (cilindrul interior), cu indicele de refracție absolut $n_f = 1,5$, este îmbrăcată într-o „teacă” cu indicele de refracție absolut $n_t = 1,2$. Aflați sinusul unghiului de incidență maxim pentru care raza de lumină nu părăsește fibra optică prin suprafața ei laterală.



R: $\sin i_{\max} = \sqrt{n_f^2 - n_t^2} = 0,9$; $i_{\max} = 64,16^\circ$.

21. /1/ Conductorul cilindric luminos din figura alăturată are diametrul $d = 2\text{ cm}$ și este confecționat dintr-un material cu indicele de refracție absolut $n = 1,5$, fiind plasat în aer. Aflați raza de curbură exterioară minimă a conductorului pentru ca fasciculul luminos incident normal la un capăt (vezi figura) să se propage prin conductor, fără a ieși prin suprafața lui laterală.



R: $R_{\min} = nd/(n - 1) = 6\text{ cm}$.

Lama cu fețe plan-paralele

22. /1/ O lamă de sticlă cu fețe plan-paralele are grosimea $e = 9\text{ mm}$ și indicele de refracție $n = 1,73 \approx \sqrt{3}$ și este așezată în plan orizontal. O rază de lumină ajunge pe fața superioară a lamei sub unghiul de incidență $i = 60^\circ$. Aflați distanța străbătută de rază prin lamă, până când atinge fața inferioară a acesteia.

R: $d = ne/\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \approx 10,38\text{ mm}$.

23. /1/ O rază LASER este orientată spre fața inferioară a unei lame cu fețe plane și paralele, sub unghiul de incidență $i = 60^\circ$. Lama are grosimea $e = 12\text{ mm}$ și indicele de refracție $n = 1,73 \approx \sqrt{3}$. Pe fețele lamei se observă mai multe puncte luminoase (puncte de incidență) datorate reflexiilor și refracțiilor succesive ale razei LASER. Aflați distanța între două punctele luminoase consecutive aflate pe aceeași față a lamei.

R: $x = 2e \sin i / \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \approx 13,84\text{ mm}$.

24. /1/ O rază de lumină care se propagă prin aer cade sub unghiul de incidență $i = 45^\circ$ pe fața superioară a unei lame de sticlă cu fețele plane și paralele care are suprafața inferioară argintată. Lama are grosimea $e = 6\text{ mm}$, iar indicele de refracție este $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$. Aflați distanța dintre raza de lumină reflectată pe fața superioară și cea refractată prin fața superioară după reflexia pe fața inferioară.

R: $d = e \sin 2i / \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \approx 4,9\text{ mm}$.

25. /2/ O rază de lumină monocromatică ce se propagă în aer cade sub unghiul de incidență $i = 30^\circ$ pe suprafața unei lame transparente cu fețele plane și paralele. Grosimea lamei este $e = 1,6\text{ cm}$ și indicele de refracție absolut al lamei este $n = 1,73 \approx \sqrt{3}$. Să se demonstreze că raza emergentă este

paralelă cu raza incidentă și să se afle deplasarea razei emergente față de raza incidentă (distanța între direcția razei incidente și direcția razei emergente).

$$R: \quad D = e \sin i \left(1 - \sqrt{1 - \sin^2 i} / \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \right) \approx 3,4 \text{ mm.}$$

26. /2/ Un geam de sticlă are grosimea $e = 9 \text{ mm}$ și indicele de refracție $n = 1,5$. Aflați distanța, notată Δ , dintre un obiect punctiform și imaginea lui văzută prin geam, pe direcție normală la geam.

R: $\Delta = e(1 - 1/n) = 3 \text{ mm}$. *se folosește aproximația paraxială; se poate rezolva și cu formula dioptrului plan.

Prisma optică

27. /0/ O rază incidentă cade pe o prismă optică cu unghiul prisme $A = 75^\circ$ și cu indicele de refracție $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$, sub unghiul de incidență $i = 45^\circ$ și străbate prisma pe drumul cu deviația minimă. Aflați: a) unghiul de refracție la intrarea razei în prismă; b) valoarea unghiului de deviație minimă.

$$R: \quad \text{a) } \sin r = (\sin i)/n, \quad r = 30^\circ, \quad \text{b) } \delta_{\min} = 2i - A = 15^\circ.$$

28. /0/ O prismă optică, cu secțiunea principală de forma unui triunghi echilateral, are indicele de refracție relativ față de aer $n = 1,73 \approx \sqrt{3}$. Aflați: a) unghiul de incidență la care apare deviația minimă; b) valoarea unghiului de deviație minimă.

$$R: \quad \text{a) } \sin i = n \sin(A/2), \quad i = 60^\circ, \quad \text{b) } \delta_{\min} = 2i - A = 60^\circ.$$

29. /0/ O prismă optică are secțiunea principală de forma unui triunghi dreptunghic cu unghiul prisme $A = 90^\circ$. Știind că unghiul de deviație minimă este egal cu unghiul prisme, aflați indicele de refracție al prisme.

$$R: \quad n = \sin A / (\sin A/2) \approx 1,41.$$

30. /1/ O rază de lumină cade perpendicular (la incidență normală) pe o față a unei prisme optice cu unghiul prisme $A = 30^\circ$, având indicele de refracție $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$. Aflați unghiul cu care este deviată raza de lumină.

$$R: \quad i' = 45^\circ, \quad \delta = i' - A = 15^\circ.$$

Reflexie totală. Condiția de emergență

31. /1/ O rază de lumină, care intră într-o prismă optică la incidență normală pe o față a prisme, părăsește prisma de-a lungul celeilalte fețe. Indicele de refracție al prisme este $n = 1,15 \approx 2/\sqrt{3}$. Aflați: a) unghiul prisme; b) unghiul de deviație a razei de lumină prin prismă.

$$R: \quad \text{a) } \sin A = 1/n, \quad A = 60^\circ, \quad \text{b) } \delta = 90^\circ - A = 30^\circ.$$

32. /1/ O prismă optică cu secțiunea principală de forma unui triunghi echilateral este confecționată dintr-un material cu indicele de refracție $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$. Aflați unghiul cu care este deviată o rază de lumină care intră în prismă pe direcție normală la una din fețele prisme.

$$R: \quad i > l, \quad \delta = A = 60^\circ.$$