

Mihaela CHIRIȚĂ

Fizică

CULEGERE DE PROBLEME
propuse și rezolvate

pentru

CLASA A IX-A

și examenul de
BACALAUREAT

Editura Tamar

Capitolul 1. Optica geometrică

	Teorie optică	5	
1.1	Principiile opticii geometrice, reflexie, refracție	11	119
1.2	Lentile, asociații de lentile, sisteme de lentile	18	134
1.3	Instrumente optice:	30	162

Capitolul 2. Principii și legi în mecanica newtoniană

	Teorie mecanică	33	
2.1	Mișcarea mecanică	43	170
2.1.1.	Mișcarea rectilinie și uniformă a punctului material	45	174
2.1.2.	Mișcare rectilinie uniform variată a punctului material	49	181
2.1.3.	Mișcarea punctului material sub acțiunea greutății	52	187
2.2	Principiile mecanicii	55	198
2.3	Forța de frecare	60	208
2.4	Forța elastică. Legea lui Hooke	69	231
2.5	Legea atracției universale	74	241
2.6	Mișcarea circular uniformă. Forța centripetă*	75	242

Capitolul 3. Teoreme de variație și legi de conservare în mecanică

3.1	Lucrul mecanic și puterea mecanică	79	250
3.2	Energia mecanică cinetică și potențială*	82	257
3.3	Teorema de variație a energiei cinetice	84	259
3.4	Conservarea energiei mecanice	92	275
3.5	Impulsul punctului material. Teorema de variație a impulsului	98	289
3.6	Ciocniri plastice și elastice	101	293

Capitolul 4. Elemente de statică

4.1	Echilibrul de translație	111	315
4.2	Echilibrul de rotație	114	323

Bibliografie 331

Notă: În calcule se consideră $\sqrt{2} = 1,41$, $\sqrt{3} = 1,73$, $\pi = 3,14$ și accelerația gravitațională $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Optica geometrică studiază fenomenele luminoase, ocupându-se cu studiul propagării luminii prin diferite medii și cu studiul formării imaginilor prin sisteme optice.

Notiuni utilizate:

1. Sursa de lumină punctiformă se obține atunci când dimensiunile ei sunt mici în comparație cu distanțele la care se observă efectele luminoase.

2. Raza de lumină este direcția pe care se propagă energia luminoasă.

3. Fascicul de lumină este format din mai multe raze de lumină. El poate fi paralel când razele de lumină sunt paralele sau conic când razele pleacă dintr-un punct (fascicul divergent) sau când razele de întâlnesc într-un punct (fascicul convergent).

Principiile opticii geometrice:

1. Principiul propagării rectilinii a razelor de lumină care afirma că într-un mediu omogen și izotrop lumina se propagă în linie dreaptă.

2. Principiul reversibilității razelor de lumină afirma că pe direcția de propagare lumina se propagă în ambele sensuri.

3. Principiul acțiunii independente a razelor de lumină afirma că efectul produs de o rază de lumină care face parte dintr-un fascicul este independentă de prezența celorlalte raze din fascicul.

Reflexie și refracție

Când o rază de lumină întâlnește suprafața de separare dintre două medii optice transparente ea suferă atât fenomenul de reflexie cât și fenomenul de refracție.

Reflexia luminii este fenomenul de întoarcere a razei de lumină în mediul din care a provenit atunci când raza întâlnește suprafața de separație cu un alt mediu.

Notăm cu S raza incidentă, N normala construită în punctul de contact, R raza reflectată și R' raza refractată.

Notăm cu i unghiul de incidență format de raza incidentă cu normala construită în punctul de contact, r unghiul de reflexie format de raza reflectată cu normala construită în punctul de contact și r' unghiul de refracție format de raza refractată cu normala construită în punctul de contact.

Legile reflexiei:

1. Raza incidentă, normala construită în punctul de contact și raza reflectată sunt coplanare.

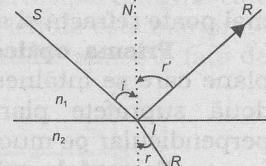
2. Unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie. Astfel $i = r'$.

Refracția luminii este fenomenul de pătrundere a razei de lumină în alt mediu atunci când raza întâlnește suprafața de separație cu un alt mediu.

Legile refracției:

1. Raza incidentă, normala construită în punctul de contact și raza reflectată sunt coplanare.

2. Produsul dintre unghiul de incidență într-un mediu și indicele de refracție absolut al mediului este constant. Astfel: $n_1 \sin i = n_2 \sin r'$, unde n_1 și n_2 reprezintă indicii de refracție absoluci ai celor două medii.

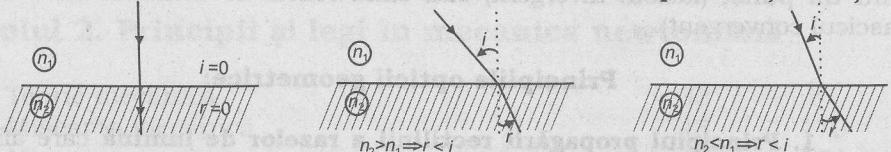


Indicele de refracție absolut al unui mediu reprezintă raportul dintre viteza luminii în vid c și viteza de propagare a luminii în acel mediu v . Astfel respect pentru oameni și cărți $n = \frac{c}{v}$ și este supraunitar și adimensional.

Indicele de refracție relativ al mediului 2 față de mediul 1 este raportul indicilor de refracție absoluci ai celor două medii. Astfel: $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ și este adimensional.

Cazuri particulare:

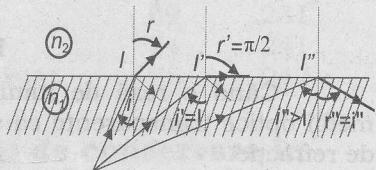
a. Dacă raza de lumină cade perpendicular pe suprafața de separație dintre cele două medii ea pătrunde în cel de-al doilea mediu pe aceeași direcție.



b. Dacă raza de lumină trece dintr-un mediu mai puțin refringent într-un mediu mai refringent ea se apropie de normală, astfel $n_1 < n_2 \Rightarrow r < i$

c. Dacă raza de lumină trece dintr-un mediu mai refringent într-un mediu mai puțin refringent ea se depărtează de normală de normală, $n_1 > n_2 \Rightarrow r > i$.

d. Dacă raza de lumină trece dintr-un mediu mai refringent într-un mediu mai puțin refringent, $n_1 > n_2$, există un unghi numit unghi limită ℓ pentru care unghiul de refracție devine $r=90^\circ$, astfel că $\sin \ell = \frac{n_2}{n_1}$. Dacă unghiul de



incidentă depășește valoarea unghiului limită $\ell < i$, atunci raza de lumină nu se mai poate refracta și apare fenomenul numit **reflexie totală**.

Prisma optică este un mediu transparent delimitat de două suprafete plane care se întâlnesc după o dreaptă numită muchie. Unghiul format de cele două suprafete plane se numește unghiul prismei A. Orice plan situat perpendicular pe muchia prismei se numește secțiune principală.

Formulele prismei:

1. $\sin i = n \sin r$ - legea refracției la fața AB

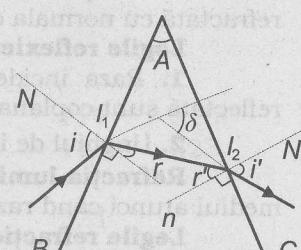
2. $n \sin r' = \sin i'$ - legea refracției la fața AC

3. $A = r + r'$

4. $\delta = i + i' - A$, unde δ este unghiul de deviație

Dacă raza de lumină se propaga simetric prin prismă, atunci raza va fi deviată cu un unghi minim δ_{\min} , astfel că:

$$r = r' \Rightarrow i = i' \Rightarrow \delta_{\min} = 2i - A \Rightarrow n = \frac{\sin\left(\frac{\delta_{\min} + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$



Lentile sunt sisteme optice confectionate dintr-un mediu transparent delimitat de exterior prin două suprafețe sferice sau printr-o suprafață sferică și una plană.

Elemente ce caracterizează o lentilă:

1. Axa optică principală este dreapta care trece prin centrele de curbură ale suprafețelor sferice O_1 și O_2 , dacă lentila are două suprafețe sferice, sau trece prin centrul de curbură al suprafeței sferice și este perpendicular pe suprafața plană, dacă lentila are o suprafață sferică și una plană.

2. Centrul optic este punctul în care practic coincid pentru o lentilă subțire punctele de intersecție V_1 și V_2 ale suprafețelor sferice cu axa optică principală.

3. Axa optică secundară este orice dreaptă care trece numai prin centrul optic al lentilei subțiri.

Prin construcție lentilele sunt:

a. lentile convergente care în aer sunt mai groase la mijloc și mai subțiri la capete. Pot fi ca formă: biconvexe, plan-convexe și menisc convergent.

b. lentile divergente care în aer sunt mai subțiri la mijloc și mai groase la capete. Pot fi ca formă: biconcave, plan-concave și menisc divergent.

Razele de lumină paralele cu axul optic principal după refracția prin lentilă se întâlnesc ele sau prelungirile lor într-un punct numit focal principal.

Dacă după refracția razei paralele cu axul optic principal fasciculul devine convergent și razele se întâlnesc într-un punct focal este real. La lentila convergentă focarele sunt reale, focalul principal imagine este situat în spatele lentilei, iar cel obiect în fața lentilei și dacă lentila este mărginită de același mediu pe ambele fețe focarele principale sunt situate simetric față de lentilă.

Dacă după refracția razei paralele cu axul optic principal fasciculul devine divergent și prelungirile razei se întâlnesc într-un punct focal este virtual. La lentila divergentă focarele sunt virtuale, focalul principal imagine este situat în fața lentilei, iar cel obiect în spatele lentilei și dacă lentila este mărginită de același mediu pe ambele fețe focarele principale sunt situate simetric față de lentilă.

Prin convenție definim distanță focală a lentilei distanța focală imagine. Alegând un sistem de axe de coordonate cu originea în centrul optic al lentilei ca în figură, atunci lentila convergentă are distanță focală pozitivă, iar cea divergentă negativă.

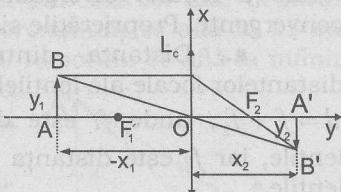
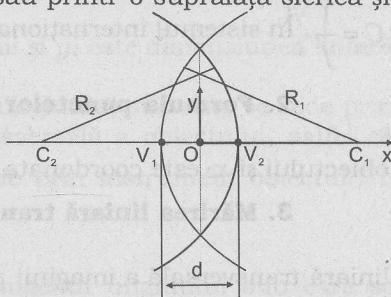
Astfel $f_2 = -f_1 = f$, unde f este distanța focală a lentilei, f_1 este distanța focală obiect a lentilei și f_2 este distanța focală imagine a lentilei.

Pentru a construi imaginea unui punct printr-o lentilă sunt necesare două din următoarele trei raze:

1. O rază care trece prin centrul optic al lentilei și se refractă pe aceeași direcție.

2. O rază paralelă cu axul optic principal care se refractă prin focalul principal imagine.

3. O rază care trece prin focalul principal obiect și se refractă paralel cu axul optic principal.



Formulele lentilelor subțiri:

1. Convergența unei lentile este inversul distanței focale a lentilei. Astfel $C = \frac{1}{f}$. În sistemul internațional $[C] = m^{-1} = \text{dioptrie}$.

2. Formula punctelor conjugate: $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$, unde x_1 este coordonata obiectului și x_2 este coordonata imaginii.

3. Mărirea liniară transversală $\beta = \frac{y_2}{y_1}$ este raportul dintre dimensiunea liniară transversală a imaginii y_2 și dimensiunea liniară transversală a obiectului y_1 .

4. $C = \left(\frac{n}{n'} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$ este relația dintre convergența lentilei, razele de curbură ale celor două suprafete sferice R_1 și R_2 , precum și indicele de refracție absolut al materialului lentilei n și indicele de refracție absolut al materialului în care este introdusă lentila n' .

Asociațiile de lentile subțiri sunt formate din două sau mai multe lentile subțiri centrate, astfel că imaginea dată de prima lentilă devine obiect pentru următoarea și așa mai departe până la ultima lentilă. Mărirea liniară transversală a sistemului este produsul măririlor liniare transversale ale lentilelor componente, astfel că $\beta_s = \prod \beta_k$.

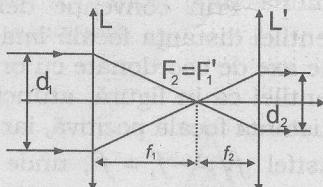
Dacă distanța dintre lentile este nulă se formează un sistem de lentile alipite pentru care convergența sistemului este suma algebrică a convergențelor lentilelor componente. Astfel $C_s = \sum_{k=1}^N C_k \Rightarrow \frac{1}{F} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{f_k}$.

Un sistem de lentile este afocal dacă o rază paralelă cu axul optic principal al unei lentile după refracția prin lentile rămâne paralel cu axul optic principal. Un sistem afocal poate fi format din două lentile convergente sau dintr-o lentilă convergentă și una divergentă cu proprietatea ca modulul distanței focale a lentilei divergente să fie mai mic decât distanța focală a lentilei convergente. Proprietățile sistemului afocal sunt:

a. Distanța dintre lentile este suma distanțelor focale ale lentilelor componente, astfel că $d = f_1 + f_2$, unde f_1 este distanța focală a primei lentile, iar f_2 este distanța focală a celei de-a doua lentile.

b. Focarul imagine al primei lentile F_2 coincide cu focalul obiect al celei de-a doua lentile F'_1 .

c. Mărirea liniară transversală a sistemului afocal depinde doar de distanțele focale ale lentilelor componente și nu depinde de poziția obiectului, astfel că $\beta_s = -\frac{f_2}{f_1}$.


Instrumente optice

Un instrument optic este un ansamblu de lentile, oglinzi și diafragme cu ajutorul căruia obținem imagini ale diferitelor obiecte în care se pot distinge amănunte care nu pot fi observate cu ochiul liber.

Mărimi fizice care caracterizează instrumentele optice:

1. Mărirea este raportul dintre dimensiunea liniară transversală a imaginii și dimensiunea liniară transversală a obiectului, astfel că $\beta = \frac{y_2}{y_1}$, unde y_2 este dimensiunea liniară transversală a imaginii și y_1 este dimensiunea liniară transversală a obiectului.

2. Puterea este raportul dintre tangenta unghiului sub care se vede prin instrument obiectul și dimensiunea liniară transversală a obiectului, astfel că $P = \frac{\tg \alpha_2}{y_1}$, unde α_2 este unghiul sub care se vede prin instrument obiectul. În sistemul internațional $[P] = m^{-1}$.

3. Grosismențul este raportul dintre tangenta unghiului sub care se vede prin instrument obiectul și tangenta unghiului sub care se vede cu ochiul liber obiectul dacă se află la distanța optimă de citire. Astfel $G = \frac{\tg \alpha_2}{\tg \alpha_1}$, unde $\tg \alpha_1 = \frac{y_1}{\delta}$, iar $\delta = 25$ cm pentru un ochi normal și este distanța optimă de citire.

În sistemul internațional grosismențul este adimensional.

4. Puterea separatoare este capacitatea instrumentului de a forma imagini distințe, separate, pentru două puncte obiect alăturate. Puterea separatoare poate fi:

a. puterea separatoare liniară reprezentă distanța minimă între două puncte vecine ale obiectului pentru care instrumentul formează imagini diferite.

b. puterea separatoare unghiulară reprezentă unghiul minim dintre razele care provin de la două puncte vecine pentru care instrumentul formează imagini diferite.

Instrumentele optice se clasifică în:

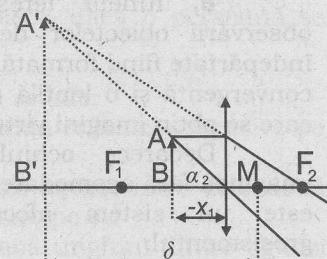
a. instrumente care formează imagini reale: ochiul, aparatul de fotografiat, aparatul de proiecție. Aceste instrumente se comportă ca niște lentile convergente și prin urmare imaginile se pot prinde pe un ecran, pe un film sau placă fotografică.

În cazul ochiului, obiectele se află între punctul proximum-punctul cel mai apropiat unde vede ochiul și punctul remotum-punctul cel mai depărtat unde vede ochiul. Pentru un ochi normal punctul proximum se află la 25 cm (numită distanță optimă de citire) de ochi iar punctul remotum se află la infinit. Ochiul preferă să privească fără acomodare, adică la infinit, astfel că $x_2 \rightarrow \infty$. Imaginile reale, răsturnate și mai mici decât obiectele se formează pe retină.

b. instrumente care formează imagini virtuale: lupa, microscopul, luneta, telescopul. Aceste imagini se vor observa cu ochiul liber.

1. Lupa este un sistem optic convergent cu distanță focală mică, astfel că formează pentru un obiect real situat între focalul principal obiect și lentilă o imagine virtuală, dreaptă și mărită.

$$\frac{1}{x_1} - \frac{1}{\delta - a} = \frac{1}{f}, \text{ unde } a \text{ reprezintă distanța de la ochi la lupa.}$$



Puterea lupei în cazul în care ochiul privește fără acomodare adică la infinit este: $P = \frac{tg\alpha_2}{AB} \approx \frac{1}{f} = C$.

2. Microscopul optic este format din două lentile convergente, prima numită obiectiv și care formează pentru un obiect real o imagine reală, iar a doua numită lentilă ocular îndreptată spre ochi și care formează o imagine virtuală și mărită a imaginii reale dată de obiectiv. Imaginea finală virtuală se observă cu ochiul lipit de ocular.

Deoarece ochiul preferă să privească fără acomodare imaginea finală se formează la infinit, astfel că imaginea reală produsă de lentila obiectiv se află în focalul principal obiect al ocularului.

Puterea microscopului este: $P = \frac{e}{f_1 f_2}$, unde f_1 și f_2 reprezintă distanțele

focale ale obiectivului și respectiv ocularului, iar e este intervalul optic și reprezintă distanța dintre focalul imagine al obiectivului și focalul obiect al ocularului.

Grosimentul microscopului este:
 $G = P\delta$.

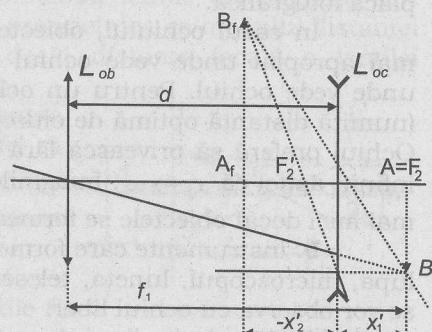
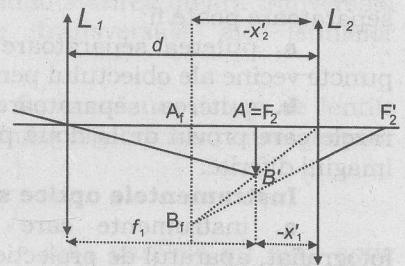
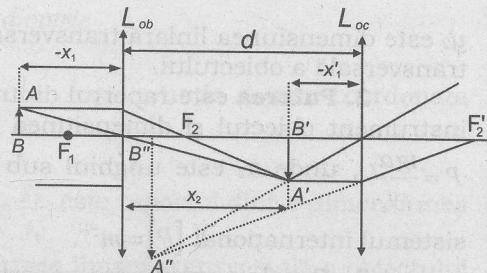
3. Luneta este un instrument optic destinat observării obiectelor foarte îndepărtate. Lunetele sunt formate din două lentile. Prima lentilă numită lentilă obiectiv formează pentru obiectele foarte îndepărtate imagini reale situate în planul focal imagine. Cea de-a doua lentilă numită lentilă ocular formează o imagine virtuală pe care ochiul preferă să o vadă fără acomodare. Lunetele sunt de două feluri:

a. luneta astronomică este destinată observării obiectelor foarte îndepărtate fiind formată din două lentile convergente cu care se obțin imagini virtuale și răsturnate.

b. luneta terestră este destinată observării obiectelor de pe Pământ foarte îndepărtate fiind formată din o lentilă obiectiv convergentă și o lentilă ocular divergentă cu care se obțin imagini virtuale și drepte.

Deoarece ochiul preferă să vadă imaginea fără acomodare, luneta astronomică este un sistem afocal, astfel că are grosimentul:

$$G = \frac{f_{\text{obiectiv}}}{f_{\text{ocular}}} = f_{\text{obiectiv}} P_{\text{ocular}}$$



1. Optică geometrică

1.1. Principiile opticii geometrice, reflexie, refracție

1. Umbra unui om cu înălțimea $h=1,73$ m este de $d=1$ m. Să se afle unghiul sub care cad razele de lumină pe Pământ.
2. Într-o zi însorită un par înfipt vertical, cu înălțimea $h=1$ m deasupra Pământului, formează o umbră cu lungimea $\ell=25$ cm. Care este lungimea umbrei unei persoane cu înălțimea $H=1,8$ m?
3. Un om pornește de sub un felinar aflat la o înălțime de $h=8$ m într-o mișcare rectilinie uniformă cu viteza $v=1$ m/s. Omul are înălțimea de $h_0=1,8$ m. Cu ce viteză se deplasează umbra omului?
4. Flacără unei lumânări cu înălțimea $h=20$ cm arde uniform cu viteza $v=1$ cm/min. Inițial umbra flăcării se află la distanța $\ell=10$ cm de lumânare. Cu ce viteză se deplasează umbra flăcării?
5. Într-o cameră întunecoasă se află pe podea o sursă de lumină punctiformă. La $h=50$ cm de sursă este așezată o fântă pătratică cu latura de $\ell=10$ cm decupată într-un carton, astfel încât centrul său de greutate se află pe verticala sursei. Să se afle latura petei luminoase obținute pe tavanul aflat la $H=2,5$ m de podea.
6. O lampă considerată punctiformă este acoperită în partea superioară și se află într-o cameră întunecoasă la distanța $h=25$ cm de o oglindă plană circulară cu raza $r=10$ cm, pe verticala centrului oglinzi. Să se afle raza petei luminoase care se formează pe tavanul aflat la distanța $H=2,5$ m de oglindă.
7. Fie o oglindă plană. Să se afle:
 - a. unghiul cu care se rotește raza reflectată în jurul axei, dacă pe oglinda plană cade o rază sub un unghi de incidență i , iar oglinda se rotește cu unghiul α în jurul unei axe oarecare
 - b. înălțimea față de podea a punctului în care raza de lumină cade pe oglindă, dacă raza de lumină pătrunde prin fereastra unei încăperi întunecoase la înălțimea $h=1,5$ m de podea și se reflectă pe oglinda aflată pe peretele opus ferestrei formând apoi o pată luminoasă la mijlocul podelei
 - c. unghiul și sensul în care se rotește imaginea obiectului față de noua poziție a obiectului, dacă obiectul aflat în față unei oglinzi plane se rotește cu unghiul $\alpha=30^\circ$
 - d. viteza cu care se deplasează imaginea față de obiect, dacă o persoană se apropie cu viteza $v=4$ m/s de o oglindă plană verticală
8. Două oglinzi plane formează între ele un unghi α . Să se afle:
 - a. unghiul cu care va fi deviată o rază de lumină în urma reflexiei succesive pe cele două oglinzi
 - b. numărul imaginilor unui obiect luminos punctiform așezat între cele două oglinzi plane care se formează datorită reflexiilor succesive pe ele
 - c. numărul imaginilor care se formează în cazul b., dacă unghiul dintre oglinzi este $\alpha=15^\circ$
9. Un om cu înălțimea $H=1,8$ m se fotografiază printr-o oglindă plană paralelă cu el pe un perete vertical. Distanța dintre om și oglindă este $d=60$ cm, înălțimea oglinzi $h=60$ cm, iar aparatul de fotografat se află la om la jumătatea înălțimii lui, față în față cu centrul oglinzi. Neglijând distanța de la ochi la creșted, să se afle:

a. cât la sută din înălțimea omului apare pe fotografia lui?

b. distanța față de perete la care se află cel mai apropiat punct de pe podea pe care îl poate vedea omul prin reflexie

c. înălțimea minimă a oglinziei pentru ca omul să se poată vedea în întregime, dacă distanța de la creșted la ochi este $h_1=10$ cm

10. Pe o oglindă sferică concavă cu raza $R=5$ cm cad două raze de lumină paralele cu axul optic principal: una trece la distanță $h_1=0,5$ cm de ax, iar cealaltă la $h_2=3$ cm. Razele se reflectă pe oglindă. Să se afle:

a. distanța măsurată față de vârful oglinziei unde prima rază taie axul optic principal

b. distanța măsurată față de vârful oglinziei unde a doua rază taie axul optic principal

c. distanța între punctele în care aceste raze intersectează axul optic principal

11. O oglindă sferică concavă are raza $R=-20$ cm. Un obiect liniar cu înălțimea $y_1=6$ mm se aşază la distanța $-x_1=30$ cm în fața oglinziei. Să se afle:

a. distanța la care se formează imaginea față de oglindă

b. înălțimea imaginii

c. poziția și natura imaginii dacă obiectul se apropie de oglindă cu $d=25$ cm

12. Se aşază un obiect în fața unei oglinziei sferice concave cu raza $R=-30$ cm, astfel că imaginea se prinde pe un ecran așezat la distanța $d=60$ cm de oglindă. Să se afle:

a. distanța la care se află obiectul față de oglindă

b. mărirea liniară transversală în condițiile punctului a.

c. distanța la care se află obiectul față de oglindă pentru a se obține o imagine egală cu obiectul

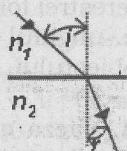
13. Se aşază un obiect în fața unei oglinziei sferice concave cu raza $R=40$ cm la distanța $d=20$ cm de oglindă. Să se afle:

a. distanța focală a oglinziei

b. distanța la care se formează imaginea față de oglindă

c. mărirea liniară transversală în condițiile punctului b.

14. O rază de lumină care cade pe suprafața de separație dintre două medii optice transparente se propagă dintr-un mediu în alt mediu ca în figură. Să se afle:

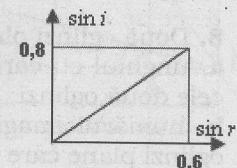


a. indicele de refracție relativ al celui de-al doilea mediu față de primul mediu, dacă unghiul de incidență de incidență este $i=45^\circ$ iar cel de refracție este $r=30^\circ$

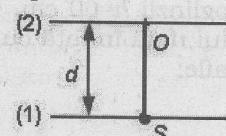
b. unghiul dintre raza refractată și raza reflectată, dacă unghiul de incidență de incidență este $i=45^\circ$, primul mediu este aer iar al doilea are indicele de refracție $n=\sqrt{2}$

c. indicele de refracție relativ al mediului în care se refractă lumina față de mediul din care vine lumina, dacă unghiul de incidență este $i=60^\circ$ iar raza reflectată este perpendiculară pe raza refractată

d. indicele de refracție al celui de-al doilea mediu, dacă primul mediu are indicele de refracție $n_1=3/2$ iar graficul alăturat reprezintă dependența $\sin i = f(\sin r)$ la trecerea unei raze de lumină dintr-un mediu optic în alt mediu optic



15. Pe partea inferioară a unei plăci din sticlă de grosime $d=3,46$ cm și indice de refracție $n=1,73$ se află o sursă de

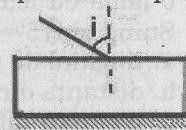


lumină punctiformă S. O rază de lumină pornește de la sursa S și formează cu fața (2) în punctul P un unghi $\alpha=60^\circ$ ca în desenul alăturat. Placa este situată în aer. Să se afle:

- a.** reprezentarea mersului razei de lumină care ajunge la un observator plasat în aer deasupra feței (2) a plăcii
b. unghiul de refracție la ieșirea în aer a razei de lumină
c. distanța de la punctul O până la punctul P

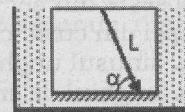
16. O rază de lumină pătrunde din aer într-un lichid cu indicele de refracție $n=4/3$, sub un unghi de incidență i astfel că $\sin i = 2/3$. Lichidul se află într-un vas suficienț de larg având fundul argintat, ca în figura alăturată. Să se afle:

- a.** unghiul de refracție în punctul de incidență
b. unghiul format de direcția razei de lumină careiese din lichid (după reflexia pe fundul vasului) cu direcția razei incidente, dacă unghiul de incidență la trecerea luminii din aer în lichid ar fi $i=60^\circ$
c. unghiul de incidență i , dacă sinusul unghiului de refracție la intrarea luminii în lichid ar fi $\sin r = 3/4$



17. Un cub de sticlă la care una dintre fețe este o oglindă plană este introdus într-un vas cu apă ($n_a=4/3$) astfel încât fața reflectătoare să se afle pe fundul vasului, ca în figură. O rază de lumină L se propagă în sticlă, se reflectă pe oglindă și întâlnesc fața laterală a cubului. Se constată că, mărind treptat unghiul razei față de oglindă (α), începând de la $\alpha_{\min}=60^\circ$ lumina nu mai intră în apă deși întâlnesc fața laterală a cubului. Să se afle:

- a.** mersul razelor de lumină prin dispozitiv pentru $\alpha < 60^\circ$
b. indicele de refracție al sticlei
c. noua valoare minimă a sinusului unghiului de la care raza de lumină nuiese din cub prin fața laterală, dacă apa s-ar scoate din vas



18. Fie o suprafață de separație dintre aer și o soluție de argint coloidal plană și orizontală. Soluția are indicele de refracție $n=1,4$. Se utilizează o rază a unui fascicul laser care trece prin soluție. Soluția este transparentă pentru raza fasciculului laser. Să se afle:

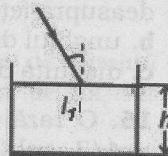
- a.** unghiurile de reflexie și de refracție, dacă raza trece din aer în soluție perpendicular pe suprafață de separare
b. sinusul unghiului de incidență corespunzător unui unghi de refracție de 90° , în cazul în care raza trece din soluție în aer
c. sinusul unghiului de incidență, dacă raza trece din aer în soluție și cosinusul unghiului de refracție este 0,80
d. ce se întâmplă cu razele laser care pleacă din soluție și cad pe suprafață de separare sub unghiuri de incidență x pentru care $\operatorname{tg} x > 1,2$

19. Un vas de formă cilindrică are diametrul bazei $D=60$ cm și înălțimea $H=40$ cm. O sursă punctiformă de lumină este plasată pe fundul vasului, în centrul acestuia. Se umple vasul cu apă. Indicele de refracție al apei este $n_a=4/3$. Să se afle:

- a.** valoarea maximă a sinusului unghiului sub care se refractă lumina la trecerea prin suprafață orizontală plană de separare dintre apă și aer
b. distanța dintre sursă și imaginea sursei formată în oglindă, dacă se aşază pe suprafața apei, pe verticala sursei, o oglindă plană circulară cu față reflectătoare lipită de suprafața apei
c. diametrul minim al oglindii astfel încât baza vasului să fie luminată în întregime de razele reflectate în condițiile punctului **b.**

20. O rază de lumină este incidentă sub unghiul $i=30^\circ$ pe suprafața plană a unui lichid cu indicele de refracție $n=4/3$, ca în figura alăturată. Lichidul se află într-un vas suficient de larg având suprafața bazei argintată, iar înălțimea stratului de lichid este $h=10$ cm. Să se afle:

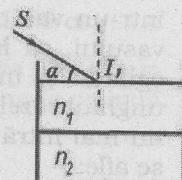
- sinusul unghiul de refracție al razei de lumină în punctul de incidență I_1
- unghiul format de direcția razei care ieșe din lichid după reflexia pe fundul vasului cu suprafața lichidului
- distanța d parcursă în lichid de o rază de lumină



21. O rază de lumină este incidentă sub un unghi $i=45^\circ$ din aer pe o lamă cu fețe plan paralele de grosime $h=1,5$ cm și indicele de refracție $n=\sqrt{2}$. Știind $\sin 15^\circ=0,26$. Să se afle:

- unghiul de refracție al razei de lumină în lamă
- distanța dintre direcția razei incidente și direcția razei emergente din lamă
- distanța dintre punctul de intrare a razei în lamă și punctul de ieșire a razei din lamă, dacă fața inferioară a lamei se arginteaază

22. Într-o cuvă din sticlă ($n_2=1,5$) se toarnă apă ($n_1=1,33$). Grosimea stratului de apă este egală cu grosimea fundului cuvei, care constituie o lamă cu fețe plan-paralele. O rază de lumină S_I sosește din aer și formează un unghi $\alpha=30^\circ$ cu suprafața liberă a apei din cuvă, ca în figura alăturată. Să se afle:



- sinusul unghiului de refracție în punctul de incidență
- unghiul de emergență al razei la ieșirea din cuvă prin fața inferioară
- unghiul față de verticală sub care se propagă lumina în sticla flint, dacă cuva se aşază pe o lamă orizontală din sticlă flint cu indicele de refracție $n_3 \approx \sqrt{3}$

23. O plăcuță cu suprafețele plan-paralele aflată în aer este formată din trei regiuni plane și paralele cu fețele plăcuței, cu indicii de refracție $n_1=\sqrt{2}$, $n_2=n_1/k$, $n_3=n_2/k$, unde k este o constantă. Să se afle:

- unghiul de refracție al razei în prima regiune a plăcuței, dacă pe fața ei superioară cade o rază de lumină sub un unghi de incidență $i=45^\circ$
- constantă k , dacă în regiunea a doua raza pătrunde sub unghiul $r_2=60^\circ$
- indicele de refracție n_0 al mediului înconjurător în care se introduce plăcuța dacă se produce o reflexie totală pe suprafața ce separă regiunile 2 și 3, dacă unghiul de incidență pe plăcuță este $i=15^\circ$ ($\sin 15^\circ=0,26$)

24. Un om privește o piatră aflată pe fundul unui bazin de înălțime $h=4$ m plin cu apă sub un unghi de incidență $i=60^\circ$. Indicele de refracție al apei este $n=4/3$. Să se afle:

- poziția imaginii pietrei față de suprafața apei
- distanța dintre piatră și imaginea ei
- poziția imaginii pietrei față de suprafața dacă omul privește normal pe suprafața apei

25. Un scafandru stă în picioare într-un bazin în care adâncimea este de $h=2,4$ m. Indicele de refracție al apei este $n=4/3$. Ochii scafandrului sunt la înălțimea $h'=1,8$ m față de fundul bazinului. În aer pe aceeași verticală cu scafandrul este un observator ai cărui ochi se află la înălțimea $h_i=48$ cm față de apă. Privind către suprafața apeiscafandrul vede ca într-o oglindă obiectele de pe fundul bazinului. El observă că imaginile obiectelor se văd mai intens decât cele ale obiectelor apropiate. Să se afle: