

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

ULIU, FLOREA

Optică geometrică : probleme... captivante cu soluții complete / Florea Uliu,
Florin Măceșanu. - Ed.a 7-a, retipărită. - Deva : Editura Emia, 2018

Conține bibliografie

ISBN 978-973-753-435-4

I. Măceșanu, Florin

53

Referenți științifici:

Prof. univ. dr. Margareta Socaciu, Universitatea din Craiova

Prof. univ. dr. Nicolae Avram, Universitatea de Vest din Timișoara

Corectura: Prof. univ. dr. Florea Uliu, ing. Titu Radu

Tehnoredactare computerizată: Prof. univ. dr. Florea Uliu, ing. Titu Radu

Grafice, figuri: Prof. Florin Măceșanu

Coperta: ing. Titu Radu, inf. Teodora Elena Radu

Editura EMIA
DEVA, Str. Mareșal Averescu, 20
E-mail: edituraemia@yahoo.com
Tel. 0254 230 246

www.emia.ro

FLOREA ULIU – FLORIN MĂCEȘANU

OPTICĂ GEOMETRICĂ PROBLEME ... CAPTIVANTE

(cu soluții complete)

Ediția a 7-a, revizuită

Editura EMIA
2018

CUPRINS

Prefață	5
Cap.I: Raze de lumină. Legile reflexiei. Oglinzi.	
Enunțuri	7
Cap.II: Refracția luminii în medii omogene și neomogene.	
Enunțuri	27
Cap.III: Piese, sisteme și instrumente optice. Fotometrie.	
Enunțuri	57
Cap.IV: Probleme diverse, mai dificile. Enunțuri	91
Cap.V: Probleme practice și experimentale. Enunțuri	113
Cap.VI: Soluții și comentarii	
I. Raze de lumină. Legile reflexiei. Oglinzi.	133
II. Refracția luminii în medii omogene și neomogene.	177
III. Piese, sisteme și instrumente optice. Fotometrie.	239
IV. Probleme diverse, mai dificile	305
V. Probleme practice și experimentale	363
Bibliografie	417
Cuprins	422

PREFAȚĂ

Lucrarea **Optică geometrică - probleme captivante (cu soluții complete)**, se adresează elevilor din învățământul gimnazial și liceal care doresc să aprofundeze această parte a Opticii, precum și absolvenților de liceu care se pregătesc individual pentru bacalaureat sau pentru admiterea în învățământul superior, la facultățile de fizică, chimie, medicină, farmacie, stomatologie, etc. În egală măsură, prin gradul de dificultate, mai ridicat, al unor probleme, lucrarea este recomandată și elevilor ce se pregătesc pentru concursurile școlare sau studenților din primii ani ai ciclului de licență. Nu în ultimul rând, culegerea poate fi utilizată, ca un ghid metodic, de către toți profesorii de fizică ce doresc să se autoperfecționeze – în special, de către cei aflați în primii ani de activitate didactică și urmează să susțină examene de titularizare și definitivare sau de gradul II sau I. Desigur, lucrarea de față continuă seria de culegeri de „probleme captivante de fizică” din care au văzut deja lumina tiparului, tot la editura EMIA, volumele de „Mecanică fizică” (în anul 2007) și de „Fizică moleculară” (în anul 2010).

Cele peste 450 de probleme, unele dintre ele chiar de nivel olimpic, sunt rezolvate integral, cu analize fine și interpretări pertinente. Ele acoperă în mod omogen programa gimnazială și liceală de fizică. Sugerăm cititorului să nu apeleze la rezolvările date de autori decât în ultimă instanță, după ce eforturile proprii de a găsi soluțiile problemelor s-au dovedit a fi infructuoase. Rezolvitorul trebuie să fie conștient de faptul că, cel mai adesea, pentru izolarea unei probleme ideale, de matematică, în ultimă instanță, dintr-o problemă reală de fizică, sunt necesare mai multe etape de gândire și, în consecință, un timp de lucru mai mare. Rezolvarea efectivă este precedată întotdeauna de *buna înțelegere a problemei*

Respect fizice și de corecția ei corelare cu principiile și legile ce urmează a fi utilizate pentru găsirea soluției.

Originalitatea lucrării constă nu numai în selectarea problemelor din capitole și în așezarea acestora într-o succesiune firească, în rezolvarea lor, în depistarea unor soluții simple pentru unele probleme dificile, ci și în analiza soluțiilor precum și în evidențierea condițiilor fizice care permit interpretarea lor. Pentru ca lucrarea să fie accesibilă (și utilă) cât mai multor elevi din ciclul gimnazial și din primele clase ale celui liceal, în studiul unor piese și sisteme optice, am renunțat la conceptul de „segment orientat” și, în consecință, la unele convenții de semne preluate din geometria analitică a dreptei (ce se învață mai târziu), finalizând soluțiile fizice, de multe ori, cu ajutorul unor relații stabilite prin asemănare de triunghiuri sau trigonometric.

Mulțumim, cu deosebit respect, Doamnei Paulina Popa, Director general al Editurii EMIA din Deva, pentru interesul constant manifestat față de lucrarea noastră și pentru sprijinul acordat, precum și cititorilor – elevi, studenți sau profesori – pentru observațiile, sugestiile și criticile constructive pe care le vor face.

Craiova, 12 mai 2012

Autorii

CAPITOLUL I

Raze de lumină. Legile reflexiei. Oglinzi

Enunțuri

1.1. Două surse luminoase punctiforme iluminează un paravan opac, prevăzut cu două mici orificii circulare. Dincolo de paravan, paralel cu acesta, se află un ecran. a). Pentru o anumită poziție a

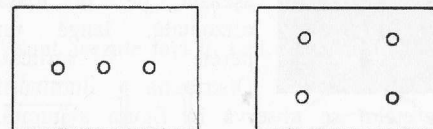


Fig. 1.1

paravanului cu deschideri, pe ecran se observă trei pete luminoase, dispuse în linie dreaptă, ca în prima figură. Explicați apariția acestor pete (inclusiv printr-un desen). b). Este oare posibil ca pe ecran (pentru o altă poziție a paravanului cu deschideri), să obținem patru pete luminoase dispuse în vârful unui dreptunghi (ca în a doua figură)? Orice răspuns veți da acestei întrebări (afirmativ sau negativ), el trebuie argumentat și explicat în limbajul opticii geometrice.

1.2. Un pasager, aflat într-un avion ce zboară la înălțimea $h = 10\text{km}$ față de sol, observă răsăritul Soarelui. După cât timp va vedea răsăritul Soarelui, în aceeași dimineață senină, un observator aflat pe Pământ chiar sub respectiva poziție a avionului, într-o regiune lipsită de dealuri înalte sau munți? Se cunoaște raza sferei terestre $R = 6400\text{km}$.

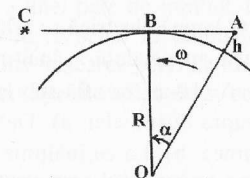


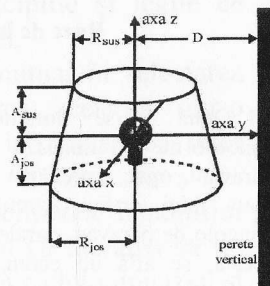
Fig. 1.2

1.3. Trecând prin micile orificii din frunzișul unui copac, razele Soarelui formează pe Pământ pete luminoase având contur eliptic, dar de dimensiuni diferite. Axa mare a celor mai mari elipse este $a = 8\text{cm}$ iar axa lor mică este $b = 6\text{cm}$. Estimați care este înălțimea H a copacului. Sub ce unghi față de orizont cad razele de lumină? Diametrul unghiular al discului Solar este $\beta \approx 9,3 \cdot 10^{-3}$ radiani.

1.4 Estimați la ce distanță minimă, în interiorul unei păduri de pini, un om îmbrăcat în haine strălucitoare nu se mai poate vedea deloc. Considerați că diametrul mediu al trunchiului unui arbore este $d \approx 0,2\text{m}$ și că distanța medie dintre doi pomi vecini este $\ell \approx 3\text{m}$. Puteți admite că, față de observator, pădurea pare nemărginită.

Respect pentru oameni și cărți

1.5. O veioză cu abajur tronconic, cu un bec central având filament cvasi-punctiform, este așezată pe o masă orizontală, lângă un perete vertical. Distribuția iluminării peretelui se observă în figura alăturată. Folosind parametrii indicați în cea de-a doua figură, determinați forma analitică a curbelor din planul peretelui vertical care delimitează umbra mediană și zonele iluminate.



1.6. Un disc circular opac, de rază r , este iluminat frontal de la o sferă, cvasipunctiformă. Pe un ecran așezat la distanța d față de disc, se obține o umbră de rază r_1 și o penumbră de rază r_2 . Presupunând că instalația este simetrică față de dreapta care unește centrul sursei cu centrul discului să se determine raza sursei precum și distanța sursă – disc.

1.7. O lampă electrică se află într-un glob sferic de sticlă cu raza $R = 20\text{cm}$. Ea este suspendată la înălțimea $H = 5\text{m}$ deasupra dușumei. O minge cu raza $r = 10\text{cm}$ se află sub lampă, pe aceeași verticală, la înălțimea $h = 1\text{m}$ deasupra dușumei. a). Determinați dimensiunile umbrei și penumbrei pe dușumea; b). La ce înălțime h' ar trebui așezată mingea pentru ca umbra ei pe dușumea să dispară? c). Care vor fi dimensiunile penumbrei în acest caz? d). Cât ar trebui să fie diametrul mingii ($2r'$) pentru ca dimensiunile umbrei sale să fie aceleași pentru orice distanță până la dușumea?

1.8. Un disc opac D , cu două deschideri mici, diametral opuse, se rotește cu N rotații pe secundă în fața unei surse luminoase punctiforme S . El permite astfel iluminarea intermitentă a unui al doilea disc D' , pe care este desenată cu vopsea albă, de la centru până la

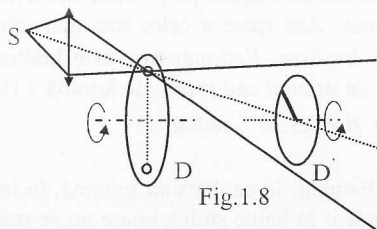


Fig.1.8

periferie, o rază de cerc și care se rotește cu N' rotații pe secundă. Axele de rotație ale celor două discuri sunt paralele (v.figura). Răspundeți la

următoarele întrebări: a). Ce relație trebuie să existe între N și N' pentru ca raza trasată cu vopsea să pară a fi imobilă? b). Ce relație există între N și N' dacă un observator ce privește discul D' vede două raze albe imobile, diametral opuse?

1.9. Pe un același ax (de rotație) sunt așezate față în față, la mică distanță unul de celălalt, două discuri opace. Pe câte o circumferință de rază dată (aceeași la cele două discuri) sunt practicate perforații cvasi-punctiforme echidistante, astfel: 101 perforații pe primul disc și numai 100 perforații pe al doilea disc. Un fascicul luminos paralel, având o deschidere mai mare decât diametrul circumferințelor cu perforații, vine spre discuri în lungul axului lor comun (v. figura). Când primul disc (cel cu 101 orificii) se rotește iar al doilea stă nemișcat, pe un ecran perpendicular pe ax, situat dincolo de discuri, se poate observa o mișcare discontinuă de rotație a unei pete de lumină. Câte rotații complete efectuează pata de lumină (și în ce sens) în timpul unei rotații complete a primului disc? Cum se modifică mișcarea petei de lumină de pe ecran când primul disc stă pe loc dar se rotește al doilea disc (cel cu 100 orificii)?

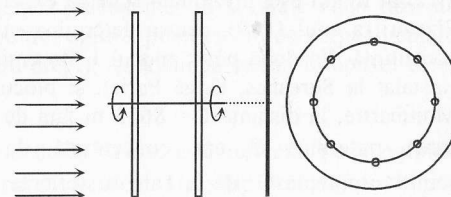


Fig. 1.9

1.10. Pe axul central al unui tub cilindric cu baze circulare, având pereții interni perfect reflectători, se află o sursă punctiformă S , care emite lumină în mod izotrop, precum și centrul O al unei sfere perfect absorbante. Raza sferei este $R = 1\text{cm}$ iar distanța $SO \equiv d = 2R = 2\text{cm}$. Ce valoare ar trebui să aibă diametrul interior al tubului pentru ca sfera să poată absorbi jumătate din fluxul emis de sursa S ?

1.11 Se știe că atunci când ne deplasăm cu viteza orizontală v_x într-o ploaie care cade vertical cu viteza v_y , pentru a ne proteja în mod optim de picăturile de apă, înclinăm spre înainte (față de verticală) cu unghiul $\theta = \arctg(v_x/v_y)$ axul umbrelei. În primele decenii ale secolului al 18-lea, făcând observații asupra unor stele zenitale, astronomul englez James Bradley a sesizat faptul că pentru a putea prinde în centrul câmpului vizual imaginea stelelor studiate, trebuia să încline suplimentar axul lunetei. El se aștepta ca această înclinare să fie cu atât mai mare cu cât steaua ar fi fost

mai apropiată de planul orbitei terestre. A constatat însă că „aberația stelară anuală” avea valoarea $\alpha \approx 40,9''$ (secunde de arc), pentru toate stelele zenitale, indiferent de distanța până la ele. Cunoscând viteza orbitală a Pământului $v_p \approx 30 \text{ km/s}$, Bradley a reușit să determine viteza „picăturilor de lumină” ce vin de la stele. Cum a raționat el și ce valoare a găsit?

1.12. În figură este prezentată schema experienței pe care a realizat-o A.H. Fizeau (în anul 1849), pentru determinarea vitezei luminii. Instalația era constituită din două părți: blocul I, de emisie și de înregistrare a luminii (instalată la Suresnes, lângă Paris), și blocul II – un tub optic, instalat la Montmartre, la distanța $\ell = 8633 \text{ m}$ față de la primul. Lumina emisă de o sursă puternică S era concentrată de lentila C_1 pe o oglindă semitransparentă G , de la care se reflecta spre lentila convergentă B . În planul focal al acestei lentile era plasată o roată dințată Z astfel ca în focarul O al lentilei B să se afle dinții roții sau spațiile dintre dinți (în funcție de poziția roții). Razele paralele, ieșite din lentila B a blocului I, se propagau spre tubul optic II, alcătuit dintr-o lentilă convergentă C și oglindă plană L , situată în planul focal al lentilei C . Pentru a regla tubul optic II, se scotea din el oglinda L și tubul era adus în poziția în care, prin ocular, se putea sesiza lumina venită de la sursa S . Apoi, oglinda era montată la locul său. Razele reflectate de oglinda L treceau înapoi, prin lentilele convergente C și

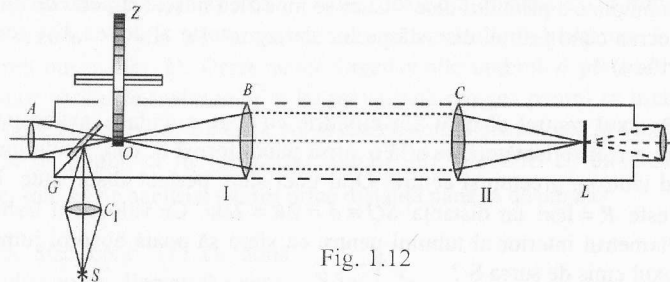


Fig. 1.12

B , precum și prin oglinda semitransparentă G și ajungeau în ochiul observatorului. Cum a raționat Fizeau când a proiectat și realizat această instalație pentru determinarea vitezei luminii?

1.13. Un satelit artificial se mișcă în jurul Pământului pe o orbită circulară la înălțimea $H = R$ deasupra sa. Planul orbitei satelitului se află în planul traiectoriei terestre în jurul Soarelui. Aflați viteza medie cu care se mișcă

umbra satelitului pe suprafața Pământului, cunoscând valoarea primei viteze cosmice $v_0 = 7,9 \text{ km/s}$.

1.14. Să se scrie sub formă vectorială legea cantitativă a reflexiei luminii în funcție de versorul normal pe suprafața reflectantă, considerat în punctul de incidență.

1.15. Utilizând rezultatul problemei precedente, să se arate că o rază de lumină ce se reflectă succesiv pe trei oglinzi plane, reciproc perpendiculare (ce formează planele unui triedru drept), își schimbă sensul în opusul celui inițial.

1.16. Un fascicul paralel, venind de la Soare, este reflectat pe o oglindă plană orizontală și cade pe un perete vertical. Un stâlp de înălțime h , stă vertical pe oglindă. Să se precizeze forma și dimensiunile umbrei de pe peretele vertical.

1.17. O rază de lumină cade pe o oglindă plană O_1 , orizontală, sub un unghi de incidență $\alpha = 40^\circ$. Raza reflectată se îndreaptă spre o altă oglindă plană (O_2). Ce unghi de înclinare față de orizontală are această oglindă dacă se știe că raza de lumină reflectată de ea este perfect verticală, ca în figură?

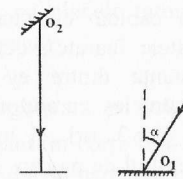


Fig. 1.17

1.18. Se numește *câmp vizual* al unei oglinzi plane acea zonă spațială, din fața oglinzii, în care se află obiecte a căror imagine în oglindă poate fi observată de ochiul unui observator plasat în fața sa. Cum poate fi construit geometric acest câmp vizual?

1.19. În fața unei oglinzi plane (v.figura), în punctul A , se află ochiul unui observator. Un alt observator B se apropie de oglindă pe direcția BC , perpendiculară pe oglindă în mijlocul său: $2 \cdot CE = DE = \ell$ și $EF = AF = \ell$, $\ell = 1 \text{ m}$. La ce distanță față de oglindă ($x = ?$) se află al doilea

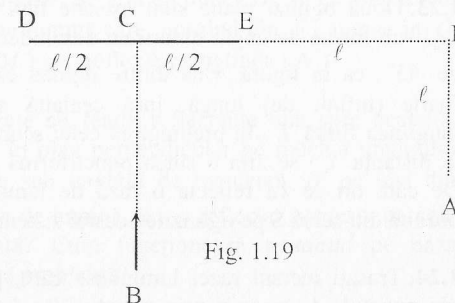


Fig. 1.19

observator (B) în momentul când ei încep să se vadă reciproc în oglindă?

Respect pentru oameni și cărți

1.20. O oglindă plană este fixată pe un întreg perete care formează cu verticala un unghi $\theta = 4,87^\circ$ (v.figura). La ce distanță maximă față de perete se poate afla un om cu înălțimea de $1,70m$ pentru a-și putea vedea cel puțin o parte din imaginea corpului său în oglindă?

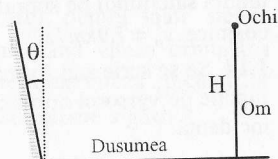


Fig. 1.20

1.21. Detectivul Sherlock Holmes, aflat în fața unei oglinzi plane, în cabina de probe dintr-un magazin de îmbrăcăminte, constată că, deși se vede în întregime în oglindă, exact până la tălpile ghetelor, el nu vede absolut nimic din dușumeaua orizontală pe care se află. Oglinda, având formă dreptunghiulară, are partea inferioară exact pe dușumea. La ce înălțime ($x = ?$), față de orizontala dușumei, se află imaginea în oglindă a părții de sus a cilindrului de pe capul detectivului? Se știe că distanța de la nivelul ochilor până la partea superioară a cilindrului este $h = 30cm$. Ieșind din cabină, cu fața spre oglindă (adică mergând cu spatele înainte), detectivul a constatat că atunci când distanța dintre el și oglindă (măsurată la nivelul dușumei, cu ajutorul plăcuțelor de parchet!) a crescut de $n = 3$ ori, el încă își mai vedea ochii, fruntea și cilindrul de pe cap. În toate situațiile poziția detectivului a fost perfect verticală, pe dușumeaua perfect orizontală.

1.22. Unde poate fi plasat ochiul unui observator pentru a putea vedea în oglindă plană atât imaginea punctului A cât și imaginea baghetei BC?

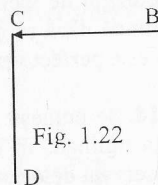


Fig. 1.22

1.23. Două oglinzi plane sunt așezate față în față sub formă de unghi diedru cu deschiderea de 45° , ca în figură. Una dintre oglinzi este foarte (infinit de) lungă, însă cealaltă are lungimea finită L . În prelungirea celei scurte, la distanța L , se află o sursă punctiformă S. De câte ori se va reflecta o rază de lumină pornită din sursa S pe oglinzile acestui sistem?

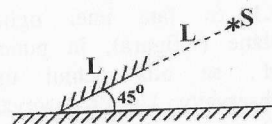


Fig. 1.23

1.24. Trasați mersul razei luminoase care, plecând din punctul A, trece și prin punctul B, după ce a suferit reflexii succesive pe toți pereții cutiei.

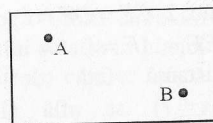
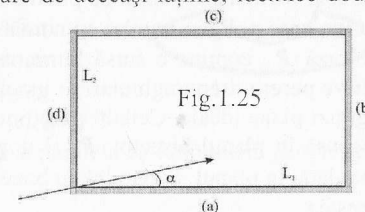


Fig. 1.24

Traiectul razei se va considera într-un plan perpendicular pe muchiile cutiei, el conținând, desigur punctele A și B. Pereții cutiei sunt oglinzi plane.

1.25. Patru oglinzi plane, dreptunghiulare de aceeași lățime, identice două câte două, așezate în plan vertical (așa cum se arată în figura alăturată), formează o cutie prismatică cu aer în interior. Cutia este așezată pe o suprafață orizontală. În fiecare din colțuri există câte un orificiu prin care lumina poate intra sau ieși în/din interiorul cutiei. Știind că toate orificiile sunt plasate la aceeași înălțime față de baza cutiei, să se determine orientările posibile $\alpha = ?$ ale razei incidente de pe desen care poate ieși prin unul din celelalte orificii după un număr oarecare de reflexii pe oglinzi. Planul de incidență al razei de lumină care este reprezentată în desen este paralel cu baza cutiei (este orizontal și perpendicular pe planele tuturor oglinzilor). Lungimile L_1 și L_2 ale oglinzilor sunt cunoscute.



1.26. Soarele se află deasupra orizontului la înălțimea unghiulară φ . Sub ce unghi α , față de suprafața Pământului, trebuie să lansăm un corp, într-un plan vertical ce trece prin Soare, pentru ca umbra corpului să parcurgă cea mai mare distanță pe Pământ?

1.27. Se dau două oglinzi plane, verticale, (M) și (N), paralele, așezate față în față, la distanța d . Între oglinzi, un punct luminos S se află la distanța a față de oglinda (M) și la distanța $d - a$ față de oglinda (N). Pe aceeași verticală cu S, la distanța h , se află un punct O. În ce puncte vor fi întâlnite oglinzile de o rază de lumină care, pornind din S, ajunge în O după două reflexii pe oglinda (M) și o reflexie pe oglinda (N)?

1.28. Două oglinzi plane, așezate cu fețele reflectante una spre cealaltă, formează un unghi diedru α . În plan perpendicular pe muchia unghiului diedru, o rază de lumină cade sub unghiul de incidență β pe una din oglinzi. Ce unghi formează raza de lumină ce s-a reflectat succesiv pe cele două oglinzi cu raza incidentă? Cum funcționează sextantul pe baza principiului evidențiat de această problemă?

1.29. Două oglinzi plane, așezate față în față, formează un unghi diedru φ , vârful unghiului fiind muchia comună C. Între oglinzi se află un obiect

punctiform O . Să se afle numărul total al imaginilor acestui obiect în cele două oglinzi, considerând $\varphi = 2\pi/m$, cu m întreg.

1.30. O incintă sub formă de prismă dreaptă, având înălțimea h și baza sub forma unui poligon regulat cu număr n impar de laturi, înscris într-un cerc de rază R , conține o sursă luminoasă punctiformă, de intensitate I . Doi dintre pereții dreptunghiulari ai incintei, adiacenți, sunt constituiți din două oglinzi plane ideale. Ceilalți pereți nu reflectă lumina. Sursa de lumină este dispusă în planul bisector P al unghiului diedru al pereților - oglinzi și, totodată, în planul S paralel cu bazele prisme și aflat la distanțele $h/2$ de acestea.

a). Să se determine, în funcție de n , numărul minim și numărul maxim de imagini ale sursei, dacă aceasta este plasată la distanța R de muchia comună a oglinzilor.

b). Să se determine raportul iluminărilor realizate într-un punct M aflat pe perețele dreptunghiular perpendicular pe planul P și în planul S pentru situațiile în care sursa de lumină este dispusă la distanța R de muchia comună a celor două oglinzi, respectiv la distanța $R/2$ de muchia comună a celor două oglinzi pentru $n=3$ și $n>9$.

1.31. În desenul alăturat este prezentată o stație de metrou care începe chiar de la ieșirea dintr-un tunel curbiliniu (circular). Un pasager, aflat la colțul din partea stângă a peronului, privește spre peretele de faianță din fața sa, observând, la un moment dat, un spot luminos (reflectat spre ochii săi), provenind de la farul din partea dreaptă a vagonului frontal al trenului, aflat în tunel, ce se deplasează spre stație. În tunel, viteza trenului este $v_0 = 72 \text{ km/ora}$. După cât timp se oprește trenul în stație, cu farurile vagonului frontal la nivelul pasagerului, dacă frânarea - cu o accelerație constantă -, începe chiar în momentul în care farurile primului vagon ies din tunel? Se cunosc: lungimea totală a peronului rectiliniu $L = 160 \text{ m}$, lățimea tunelului $d = 5 \text{ m}$, raza de curbura a părții exterioare a tunelului $R = 50 \text{ m}$. Considerați că farurile vagonului se află la aceeași înălțime ca și ochii pasagerului și că distanța de la farul din partea dreaptă la peretele exterior al tunelului poate fi neglijată. Reflexia luminii pe șine sau alte efecte parazite nu vor fi luate în considerare.

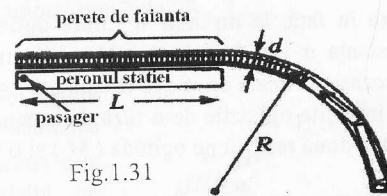
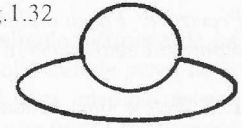


Fig.1.31

1.32. Pe o oglindă plană, cu contur circular, se află un mic glob terestru sferic, cu raza $r = 20 \text{ cm}$, așezat cu Polul Sud geografic exact în centrul oglinzii (v. figura). Aflați valoarea minimă ($R_{\min}$) a razei oglinzii circulare pentru care, în ea, poate fi văzută, prin reflexie, întreaga emisferă sudică precum și o parte din cea nordică, până la paralela cu latitudinea geografică $\varphi = 45^\circ$. Discuție.

Fig.1.32



1.33. Sistemul optic din figură este format dintr-o lentilă convergentă subțire cu distanța focală f și două oglinzi plane cu unghi diedru de 90° între ele, dispuse simetric față de axul optic principal al lentilei. Vârful F' al unghiului diedru se află la distanța $|OF| = |OF'| \equiv f$ față de lentilă.

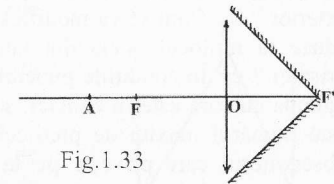


Fig.1.33

Obiectul punctiform A , de pe axul optic principal se află la distanța $|AO| = 3f/2$ față de lentilă. Să se determine distanța de la punctul O (centrul optic al lentilei) până la imaginea sursei A în sistemul optic.

1.34. Dintr-o pâlnie conică argintată (oglină), având deschiderea unghiulară 2α , s-a decupat o fâșie tronconică cu înălțimea h și raza medie R (v. figura). La distanța H față de planul median al fâșiei, se află un ecran mat, orientat în direcție perpendiculară față de axa verticală de simetrie. Un fascicul luminos cilindric, a cărui axă de simetrie coincide cu cea a conului din care s-a decupat oglinda, se propagă de sus în jos,

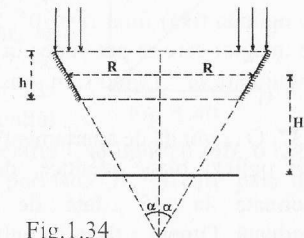


Fig.1.34

și se reflectă pe fâșia tronconică. a). Pentru ce valoare a distanței H razele reflectate de fâșie vor forma pe ecran o pată luminoasă cu diametrul minim? b). Cât este diametrul acestei pete? c). Cu cât trebuie ridicat sau coborât ecranul - față de poziția determinată la punctul a) - pentru ca dimensiunea