



Problema I - Ciocniri cu mediatori și un...paradox

O particulă - țintă, cu masa m , aflată în repaus, este pusă în mișcare, ca urmare a unei ciocniri elastice unidimensionale cu o altă particulă. Particula - proiectil, are masa $M = qm$ și viteza v . Ținta poate fi ciocnită direct de proiectil sau de alte particule (numite mediatori) care sunt interpus pe linia de ciocnire, între țintă și proiectil. Se neglijează frecările, iar linia de ciocnire este orizontală. Asupra particulelor studiate nu acționează niciun câmp extern, iar energia potențială de interacțiune dintre particule este neglijată. În aplicațiile practice, o mărime de interes este fracțiunea η din energia cinetică a particulei proiectil care este transferată țintei, ca măsură a eficienței transferului energetic de la proiectil la țintă.

A. Ciocnire fără mediatori

A	În absența mediatorilor, determină expresia analitică a lui η . În plus, determină valoarea lui q pentru care η ia valoarea maximă, precum și această valoare $\eta_{\max}$.	2,0 p.
----------	---	---------------

B. Ciocniri cu mediatori

Între proiectil și țintă există o particulă – mediator, cu masa μ , în repaus. Toate ciocnirile sunt elastice.

B1	Dedu expresia matematică a vitezei particulei țintă și relația dintre μ , m și M pentru ca această viteză să fie maximă.	1,5 p.
B2	Pentru μ determinat mai sus, dedu expresia matematică a raportului $\frac{\eta_1}{\eta}$, unde η_1 este eficiența transferului energetic în prezența mediatorului, iar η - în absența lui. Care sunt limitele de variație ale acestui raport?	1,5 p.

C. Un paradox

Pentru a crește eficiența transferului de energie de la proiectil la țintă, între ele se introduc mai mulți mediatori, modelul mecanic fiind următorul: proiectilul are masa $M = qm = \alpha^n m$, $q > 1$, ținta are masa m , iar între aceste două particule se interpun, în linie, $n - 1$ particule – mediator ale căror mase formează o progresie geometrică. Mai exact, de la proiectil la țintă, masele particulelor – mediator sunt, în ordine: $\alpha^{n-1}m$, $\alpha^{n-2}m$, ..., α^2m și αm . Inițial, toate particulele sunt în repaus, cu excepția proiectilului.

C1	Dedu expresia vitezei particulei țintă în funcție de v și de q .	1,2 p.
C2	Dacă numărul particulelor – mediator este foarte mare ($n \rightarrow \infty$), demonstrează că energia cinetică se transferă integral de la proiectil la țintă.	0,8 p.
C3	Cum $q > 1$, suntem în fața următorului paradox: în urma întregului lanț de ciocniri, energia particulei țintă este egală cu energia particulei proiectil, însă impulsul țintei este mai mic decât al proiectilului. Unde este impulsul lipsă? Demonstrează matematic afirmația făcută.	3,0 p.

Indicație: Dacă îți este utilă, poți folosi următoarea limită: $\lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{2}{1+y^x} \right)^{1/x} = y^{-1/2}$.

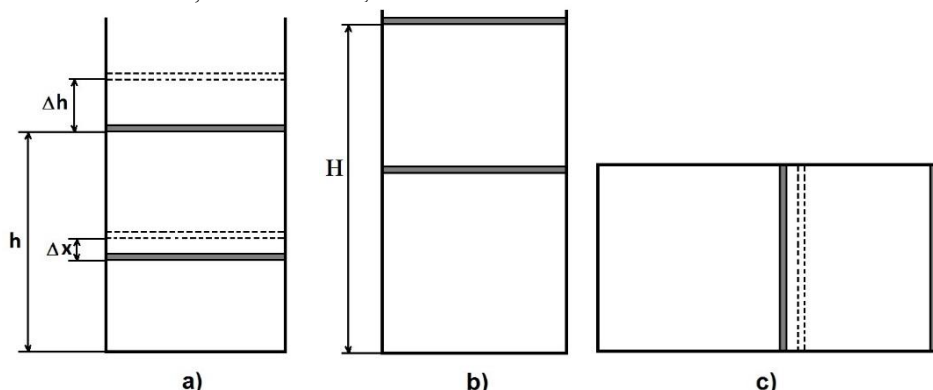
Problemă propusă de

Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU, Facultatea de Fizică,
Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c etc.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Problema II - Piston oscilant

În interiorul unui container cilindric așezat vertical se află două pistoane identice, care închid o anumită cantitate de aer, după cum este arătat în Figura a. Inițial, pistonul superior se află în echilibru la o înălțime $h = 31$ cm față de fundul cilindrului. Dacă pistonul superior este ridicat foarte încet cu o înălțime $\Delta h = 5$ cm, pistonul inferior se va ridica și el cu o înălțime $\Delta x = 2$ cm.



Pistoanele sunt construite dintr-un material perfect izolator termic, iar deplasarea acestora în interiorul cilindrului se face fără frecare. Presiunea exterioară a aerului este $p_0 = 10^5$ Pa, iar secțiunea transversală a cilindrului este $S = 5$ cm². Fiecare piston are masa $m = 0,5$ kg și grosimea $\Delta l = 1$ cm. Consideră că aerul se comportă ca un gaz biatomic ideal.

- Calculează poziția în care ajunge pistonul inferior, dacă pistonul superior este deplasat foarte încet până la înălțimea $H = 41$ cm față de baza cilindrului (Figura b).
- După ce pistonul superior este adus la înălțimea H , ambele pistoane se blochează. Apoi, cilindrul este răsturnat în poziția orizontală (Figura c), după care pistonul aflat acum în stânga se deblochează. Calculează viteza maximă pe care o atinge pistonul rămas mobil în interiorul cilindrului, dacă procesele care intervin sunt considerate adiabatice, precum și poziția în care se atinge această viteză. Dacă, într-o primă aproximație, considerăm mișcarea pistonului ca fiind armonică, evaluează frecvența acestei mișcări de oscilație.
- Compară valoarea obținută pentru frecvența de oscilație în cazul anterior cu frecvența micilor oscilații pe care le-ar executa pistonul mobil în jurul poziției de echilibru, dacă presupunem că putem neglija căldura schimbată de gaz cu exteriorul. Comentează diferența obținută.

Valoarea accelerației gravitaționale se consideră $g = 10$ m/s².

Indicație: Dacă este necesar, folosește aproximația $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$, valabilă pentru $|x| \ll 1$.

Problemă propusă de

lect. univ. dr. Adrian NECULAE,
fiz. dr. Gabriel PASCU

Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

- Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c etc.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



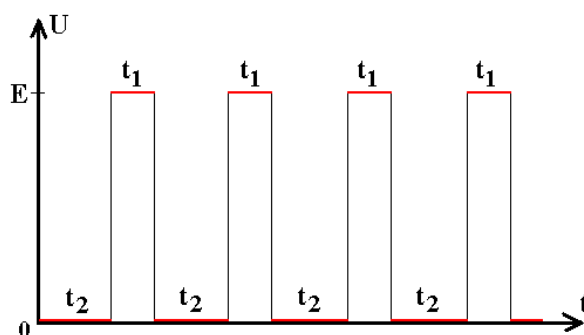
Problema a III-a - Circuit cu rezistor și condensator

- a) Pentru un circuit serie cu rezistor și condensator (de capacitate $C = 10 \mu\text{F}$), alimentat de la o sursă de tensiune continuă $E = 10\text{V}$ fără rezistență internă, am măsurat tensiunea de pe condensator în funcție de timp și am găsit următoarele perechi de valori:

$U_c \text{ (V)}$	0	1.79	3.32	4.49	5.53	6.35	6.96	7.56	7.96	8.37	8.62
$t \text{ (s)}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

- a1) (1 p.) Dedu relațiile dintre tensiunea de pe condensator și timp la încărcare, respectiv la descărcare;
a2) (1 p.) Considerând voltmetrul (cu care s-au făcut măsurătorile) ca fiind ideal, determină rezistența rezistorului.

- b) Se consideră un circuit serie cu rezistor și condensator, alimentat de la o sursă de tensiune conform graficului în trepte, cu factorul de umplere $\eta(\%) = 100 \cdot t_1/(t_1 + t_2)$ (tensiunea sursei este zero pentru un timp t_2 , apoi este E pentru un timp t_1 , apoi este zero pentru un timp t_2 , apoi este E pentru un timp t_1 și tot așa).



- b1) (3 p.) Află după câte perioade, $T = t_1 + t_2$, condensatorul va ajunge la 90% din tensiunea sa maxim posibilă (proiectanții de circuite electronice își aleg de obicei valorile pentru R și C astfel încât limita de 90% să fie atinsă după 20 perioade). Află tensiunea efectivă U_{eff} a sursei.

- b2) (1 p.) Consideră că la punctul b1) avem $C = 10 \mu\text{F}$, $t_2 = 5\text{ms}$ și $\eta = 75\%$. Determină valoarea rezistenței astfel încât condiția de 90% să fie îndeplinită după $N = 20$ perioade.

- b3) (2 p.) Pentru cazul în care $t_1 = t_2 = RC$ și $E = 10\text{V}$, desenează alura pe care o vor avea graficele tensiunilor de la bornele condensatorului, respectiv rezistorului, în funcție de timp, pe parcursul primelor două perioade (de la 0 la $2T$). Refă graficele pentru cazul în care $t_1 = t_2 \gg RC$

- c) (1 p.) Cum ai putea obține la bornele condensatorului, cu ajutorul unui astfel de circuit, o tensiune care să varieze aproximativ sinusoidal, chiar dacă sursa de tensiune oferă doar valorile 0 (zero) și E ?
d) (1 p.) Folosind ideile de mai sus, având la dispoziție un rezistor, un condensator, un voltmetru ideal și adăugând un alt dispozitiv electronic considerat ideal (ales de tine), concepe un aparat care să indice potențialul maxim al unui punct cuplat la o sursă de potențial variabil, o bornă a condensatorului fiind legată la pământ (acest aparat ți-ar putea fi de folos în cazul în care ai probleme cu supra-tensiunile accidentale; poți să-l numești “detector de maxim”).

Notă: Se pune la dispoziție hârtie milimetrică. Se știu valorile $e = 2.718$ și $\ln(10) = 2.3$.

Problemă propusă de

Lect. Univ. Dr. Mihai VASILESCU

Facultatea de Fizică - Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c etc.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza 2018

BARAJ

Problema teoretică nr. 4 (10 puncte)

Fizică ...mai degrabă experimentală

Partea A

Partea A a problemei îți propune să analizezi efectul termic și efectul magnetic al curentului electric pentru un conductor de cupru filiform, rectiliniu, cilindric, lung, cu lungime finită. Dacă îți este necesar poți folosi valorile indicate în lista de mai jos.

Listă de date pentru partea A a problemei

raza firului: $a = 1,00 \text{ mm}$

lungimea firului: $b = 10,0 \text{ m}$

grosimea stratului „de trecere” cilindric de aer din jurul firului: $d = 1,00 \text{ cm}$

temperatura camerei termostatare în care se află firul: $T_0 = 300 \text{ K}$

intensitatea curentului electric prin fir: $I_0 = 1,00 \text{ A}$

fracția din intensitatea curentului electric staționar I_0 : $\eta = 0,999$

rezistivitatea electrică a cuprului: $\rho = 17,0 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$

permeabilitatea magnetică relativă a cuprului: $\mu_r = 1,00$

inducția câmpului magnetic terestru orizontal: $B_{\text{pământ}} = 50,0 \text{ }\mu\text{T}$

permeabilitatea magnetică a vidului: $\mu_0 = 12,6 \times 10^{-7} \text{ H/m}$

conductivitatea termică a aerului: $k = 0,025 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

Dacă îți este necesar ai în vedere că:

$$\int \frac{dx}{(1+x^2)^{3/2}} = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

$$\int \frac{\sqrt{x^2+a^2}}{x} \cdot dx = \sqrt{x^2+a^2} - a \cdot \ln \frac{\sqrt{x^2+a^2}+a}{x}$$

Răspunsurile numerice la toate sarcinile de lucru din partea A a problemei vor fi date, folosind numere cu trei cifre semnificative.

Nici o lege a electricității nu poate fi verificată experimental pentru circuite deschise, dar inductanța unui circuit deschis înseamnă inductanța unei părți a unui circuit închis a cărei inductanță totală poate fi calculată atunci când întregul circuit este descris. În consecință, utilizarea legii Biot-Savart pentru calculul inductanței unui circuit deschis este legitimă.

Legea Biot-Savart are expresia:

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1)$$

În expresia din relația (1) $d\vec{\ell}$ reprezintă lungimea unei porțiuni elementare de circuit parcursă de curentul I ($d\vec{\ell}$ are sensul dat de sensul de curgere a curentului), $\vec{r}$ este vectorul de poziție al punctului în care se calculează inducția câmpului elementar $\vec{dB}$ generat de elementul de circuit, iar μ reprezintă permeabilitatea magnetică a mediului.



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza 2018

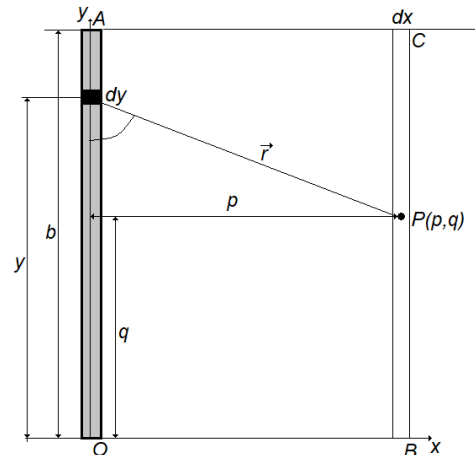
BARAJ

Sarcina de lucru nr. 1.

1.a. Folosind legea Biot Savart, demonstrează că expresia fluxului magnetic în exteriorul firului cilindric, rectiliniu cu $b \gg a$ este

$$\phi = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot b}{2\pi} \cdot \left(-1 + \ln \frac{2b}{a}\right) \quad (2)$$

Ai în vedere că inducția câmpului magnetic B este o măsură a densității liniilor (închise) de câmp magnetic, iar fluxul magnetic este o măsură a numărului de linii de câmp închise ale unui câmp magnetic. În calcule folosește notațiile din figura alăturată. Dreptunghiul cenușiu marcat în capete cu literele O și A reprezintă firul cilindric de cupru parcurs de curentul electric I care circulă în sensul axei Oy .



1.b. Determină expresia energiei magnetice „stocate” în interiorul firului parcurs de curentul I_0 .

1.c. Determină expresia inductanței firului cilindric conductor.

1.d. Calculează valoarea numerică a raportului $\mathcal{E}_1$ dintre valoarea inducției magnetice maxime a câmpului magnetic generat de firul parcurs de curentul electric cu intensitatea I_0 și valoarea inducției câmpului magnetic terestru orizontal $B_{pământ}$.

1.e. Calculează valoarea numerică a inductanței firului.

1.f. Calculează valoarea numerică a energiei magnetice $W_{magnetic}$ localizate în câmpul magnetic al firului, parcurs de curentul electric cu intensitatea I_0 .

Sarcina de lucru nr. 2

2.a. Determină expresia energiei termice W_{termic} generate de trecerea curentului electric cu intensitatea I_0 prin fir în intervalul de timp t .

2.b. Calculează valoarea numerică a raportului ε_2 dintre valoarea energiei termice W_{termic} generate de trecerea curentului electric cu intensitatea I_0 prin fir, timp de o secundă, și valoarea energiei magnetice $W_{magnetic}$.

2.c. Determină expresia legii de variație în timp a intensității curentului electric $I(t)$ prin firul caracterizat de inductanța L , de rezistența electrică R și de valoarea maximă, staționară a curentului electric prin fir I_0 .

2.d. Calculează intervalul de timp t_1 în care curentul electric prin fir atinge valoarea $\eta \cdot I_0$.

Consideră că transferul energiei termice generate de fir prin efect Joule către camera termostată se face prin curgerea căldurii prin conducție prin stratul „de trecere” cilindric de aer cu grosimea d din jurul firului. Se știe că în intervalul de timp dt printr-un perete cu grosimea dr care are aria A_r între fețele căruia există diferența de temperatură dT se transferă dinspre peretele cald către cel rece cantitatea de căldură dQ astfel că

$$\frac{dQ}{dt} = -k \cdot A_r \cdot \frac{dT}{dr} \quad (3)$$



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza 2018

BARAJ

unde k este conductivitatea termică a materialului peretelui.

2.e. Determină expresia legii de transfer a căldurii printr-un perete cilindric cu raza interioară a și raza exterioară $a + d$, cu lungimea b , care are temperatura peretelui exterior T_0 și temperatura T a peretelui interior $T > T_0$.

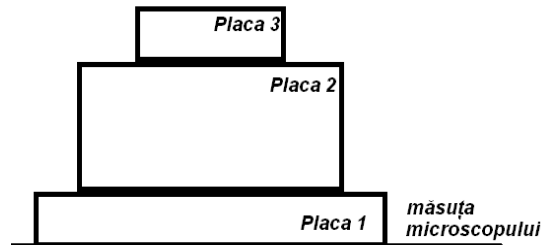
2.f. În condițiile date, calculează valoarea diferenței dintre temperatura la care ajunge firul de cupru în regim staționar și temperatura camerei.

Partea B.

Partea B a problemei îți propune să analizezi caracteristici geometrice și optice ale unor plăci transparente.

Imaginează-ți că dispui de trei plăci de sticlă transparente, diferite, dintre care două au aceeași grosime și două sunt din același material. De asemenea ai la dispoziție un marker și un microscop.

Pe fețele orizontale, paralele cu măsura microscopului, ale fiecărei plăci trasezi linii diagonale și apoi privești aceste linii prin microscop. Inițial prin microscop puteai vedea clar măsura microscopului. Dacă ai stivuit plăcile pe măsura punând placa mai groasă între celelalte două (ca în figura alăturată) atunci imaginile clare ale liniilor se observă coborând măsura microscopului cu distanțele precizate în tabelul 1



Tabelul 1

D(mm)	0	2	6	8	11	12	15	18	21	24
-------	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

Tine cont că distanțele din tabelul 1 corespund **tuturor** imaginilor care se pot observa prin microscop.

Sarcina de lucru nr. 3

3.a. Determină valorile grosimilor a și b ale plăcilor de sticlă.

3.b. Dedu valorile indicilor de refracție n_1, n_2, n_3 pentru materialele celor trei plăci.

© Subiect propus de:

Conf. Univ. Dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică, Universitatea București

Problema a V-a - Astigmatism

În viața de toate zilele este binecunoscut experimentul cu un pai introdus oblic într-un pahar cu apă și care, din cauza refracției, se vede frânt la interfața dintre apă și aer. Cu ajutorul acestui experiment elevii de gimnaziu, începători în fizică, sunt stimulați să se apropie mai mult de studiul fenomenelor luminoase și, în mod particular, de înțelegerea fenomenului de refracție.

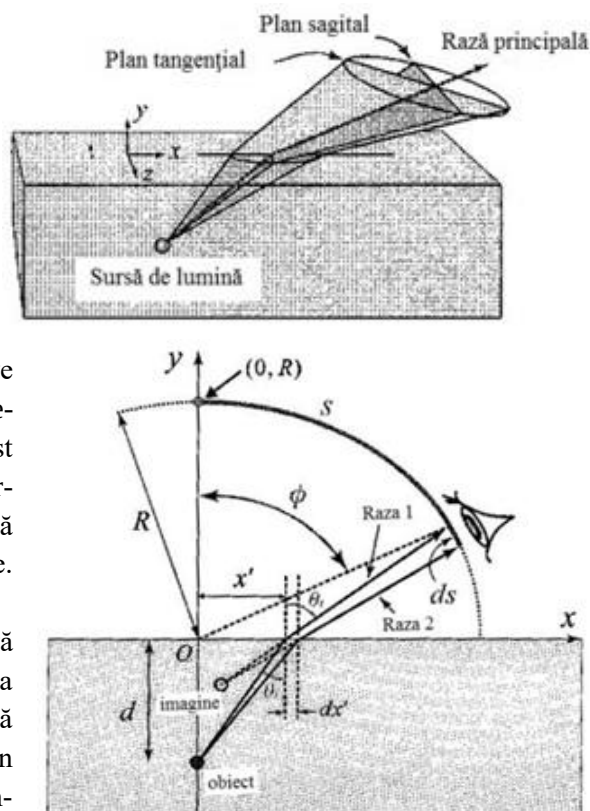
Același efect se poate pune în evidență și atunci când se privește oblic, din partea de sus (de deasupra nivelului apei), spre un acvariu. Ceea ce se constată este faptul că peștișorii se vor vedea mai aproape de suprafața apei decât sunt ei în realitate.

Când un con de raze de lumină (ce vin de la o sursă luminoasă punctiformă situată în apă) cade oblic pe interfața apă-aer, razele refractate trebuie examinate în două plane speciale, reciproc perpendiculare, așa cum se arată în figura alăturată. **Planul tangențial** din desen este planul $x-y$. El este planul vertical ce conține raza principală, adică cea care trece prin centrul pupilei ochiului observatorului. Pe același desen, **planul sagital** este planul ce conține raza principală însă este perpendicular pe cel tangențial. Când se privește oblic, la diferite înclinări, de deasupra apei, mănunchiul de raze de lumină ce pornesc din sursă spre suprafața apei se vor refracta în mod diferit și vor forma mai multe imagini. Acest fapt/fenomen este cunoscut sub denumirea de **astigmatism**. Într-un sistem optic cu astigmatism, razele de lumină ce se propagă în planele tangențial și sagital vor avea puncte focale diferite. Vă propunem să le caracterizați separat.

Pentru ca toți concurenții să utilizeze aceleași notații vă oferim desenul alăturat, în care, partea de jos (în gri), este apa în care se află un obiect luminos punctiform (LED). Cele două raze de lumină infinit vecine care, după ce se refractă ajung în ochiul observatorului, se propagă în planul xOy și formează undeva, în apă, imaginea tangențială. Este pusă în evidență și deschiderea ds a pupilei ochiului celui ce observă imaginea. Considerați cunoscute următoarele mărimi: indicele de refracție relativ al apei față de aer, $n = 4/3$, distanța d (adică adâncimea la care se află sursa punctiformă-obiectul). Fie (R, ϕ) coordonatele polare ale poziției ochiului. Restul mărimilor cu care veți putea opera sunt puse în evidență (se văd) pe desen. Vi se cere:

1). Să determinați coordonatele (x_T, y_T) ale imaginii tangențiale precum și distanța dintre imaginea tangențială și ochiul observatorului, localizat prin coordonatele polare (R, ϕ) .

2). Adaptând în mod adecvat rezultatul obținut la punctul precedent, vi se cere să determinați distanța dintre imaginea sagitală și ochiul observatorului.



Problemă propusă de
prof. univ. dr. Florea ULIU, Universitatea din Craiova

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c etc.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.