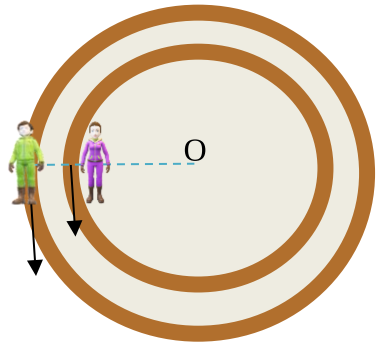
Subiectul I: *Antrenament pe piste circulare* (10 puncte)

În timpul pregătirii pentru un concurs de atletism, Monica și Ștefan au la dispoziție un teren de atletism cu două piste circulare concentrice. Ștefan aleargă pe pista exterioară de lungime $l_1 = 400\ m$ cu viteza $v_1 = 8\ m/s$ iar Monica aleargă cu viteza $v_2 = 6\ m/s$ pe pista interioară de lungime $l_2 < l_1$.



a. Pe parcursul primului antrenament punctele materiale Ș și M corespunzătoare celor doi sportivi sunt coliniare cu centrul cercului O la fiecare moment de timp. Calculează timpul necesar efectuării unei ture complete de pistă și lungimea l_2.

b. În alt doilea antrenament cei doi pornesc simultan, din același loc și aleargă amândoi pe pista de lungime l_1, în același sens, cu vitezele v_1, respectiv v_2; determină timpul minim după care Ștefan ajunge iar lângă Monica.

c. În alt treilea antrenament, Monica pornește simultan cu Ștefan din poziții coliniare cu centrul O al pistelor, Monica alergând în **sens contrar** lui Ștefan cu $v_3 = 4\ m/s$ pe pista de lungime $l_2 = 300\ m$ iar Ștefan cu viteza v_1 pe pista de lungime l_1; determină timpul minim după care cei doi sunt iar în poziții coliniare cu centrul cercurilor.

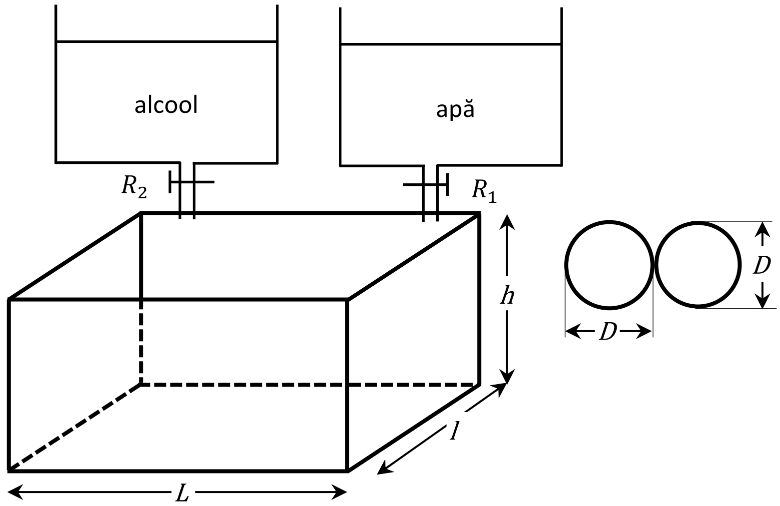
d. În timpul unei pauze vor să determine cât mai precis lungimea unui stâlp si efectuează mai multe măsurători cu rigla pe care le trec în tabel; completați tabelul și determinați intervalul în care se află lungimea reală $L = \bar{L} \pm \Delta\bar{L}$, precum și eroarea relativă.

Numărul măsurătorii	L (cm)	$\bar{L}$ (cm)	ΔL (cm)	$\Delta\bar{L}$ (cm)
1	74,4			
2	73,8			
3	74,2			
4	54,5			
5	74,8			

Subiectul II: *Debit volumic, debit masic* (10 puncte)

Cunoscând din viața cotidiană expresii ca debit al unui râu, debit verbal, Gigel și Vasilică își propun să determine în laboratorul de fizică debitele de curgere a unor lichide.

Debitul volumic al unui lichid care curge printr-un robinet reprezintă volumul de lichid care curge în unitatea de timp iar debitul masic reprezintă masa de lichid care curge prin robinet în unitatea de timp.



Ei dispun de un vas paralelipipedic, cu pereți transparenți, de grosime neglijabilă având dimensiunile interioare $L = 24\ cm$, $l = 18\ cm$, $h = 12\ cm$ și de un număr suficient de bile sferice de biliard cu diametrul $D = 6\ cm$

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
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 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

($\rho_b = 2000\ kg/m^3$). Deasupra vasului se găsesc două rezervoare, unul cu apă ($\rho_a = 1\ g/cm^3$) și celălalt cu alcool ($\rho_{alcool} = 800\,kg/m^3$), prevăzute cu robinetele R_1 și R_2 care permit curgerea lichidelor în vas.

a. Calculează câte pet-uri de apă de doi litri trebuie cumpărate pentru umplerea vasului paralelipipedic;
b. Inițial vasul este gol. Gigel așază pe fundul vasului bilele de biliard, pe un singur strat; determină numărul maxim de bile care încap pe fundul vasului și masa acestor bile;
c. Gigel deschide robinetul R_1 și apa curge uniform din robinet (cu viteză constantă); după timpul $t_1 = 206\ s$ cei doi copii observă că bilele sunt complet acoperite cu apă; determină volumul de apă care curge prin robinetul R_1 în fiecare secundă (debitul volumic);
d. La momentul $t_1 = 206\ s$, Vasilică deschide și robinetul R_2 permițând și alcoolului să curgă uniform în vas; ei constată că, după $t_2 = 216\ s$ de la deschiderea celui de-al doilea robinet, vasul este complet plin, moment în care copiii închid ambele robinete; determină masa de alcool care curge prin robinetul R_2 în fiecare secundă (debitul masic);
e. Determină densitatea medie a soluției formate din cele doua lichide.

Suport teoretic
Volumul unei sfere cu diametrul $D = 6\ cm$ este $V_s = 113\ cm^3$.

Subiectul III: *Experiment în laboratorul de fizică* (10 puncte)

Victor are ca temă experimentală în laboratorul de fizică să studieze mișcarea pe care o are nivelul de sus al lichidului care curge într-un cilindru gradat. Pentru aceasta are la dispoziție un cronometru digital, un cilindru gradat, un stativ, o pâlnie, un pahar Berzelius și un telefon cu care face fotografii (foto 1). Dintre acestea, a ales 6 fotografii pentru a culege date (foto 2-7). Știind că pe cilindru gradațiile alăturate sunt la distanță de 2 mm una de alta și că indicația cronometrului este în secunde cu o zecimală, rezolvă și tu cerințele pe care le-a avut Victor (**se consideră doar o zecimală în citirea valorilor și rezultatele calculelor**):

a. **Completează tabelul** de date experimentale și **realizează graficul** mișcării nivelului lichidului din cilindru folosind hârtia milimetrică dată (Foaie de răspuns) apoi **indică** și **argumentează tipul mișcării**. Se folosește în reprezentarea grafică scara menționată pe hârtia milimetrică!
b. **Calculează viteza** cu care urcă lichidul în cilindrul gradat folosind gradațiile cilindrului și valorile indicate de cronometru pentru fiecare interval dintre oricare două puncte consecutive din grafic. **Calculează valoarea medie** a acestor viteze.
c. Folosind relația mișcării rectilinii uniforme și valoarea medie a vitezelor calculată la punctul anterior, determină la ce **distanță** de baza cilindrului gradat era lichidul atunci când Victor a pornit cronometrul. Mai găsește o **metodă** prin care, fără calcul, se poate determina această valoare.

Foto 1

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
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 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

MINISTERUL EDUCAȚIEI

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
5 martie 2023

VI

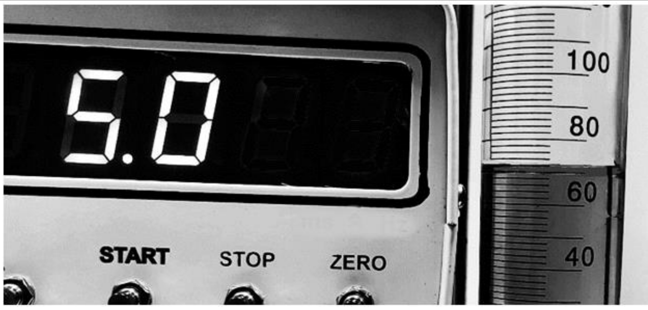


Foto 2

Foto 3

Foto 4

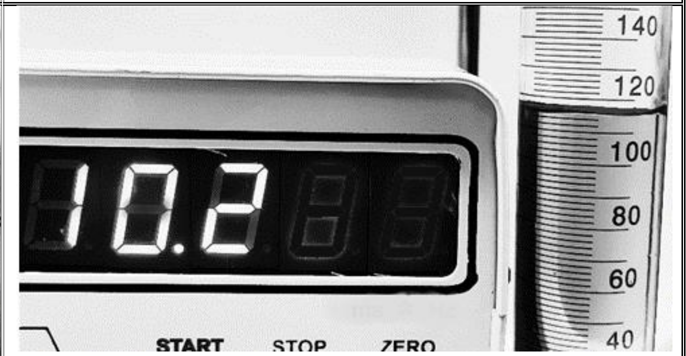


Foto 5

Foto 6

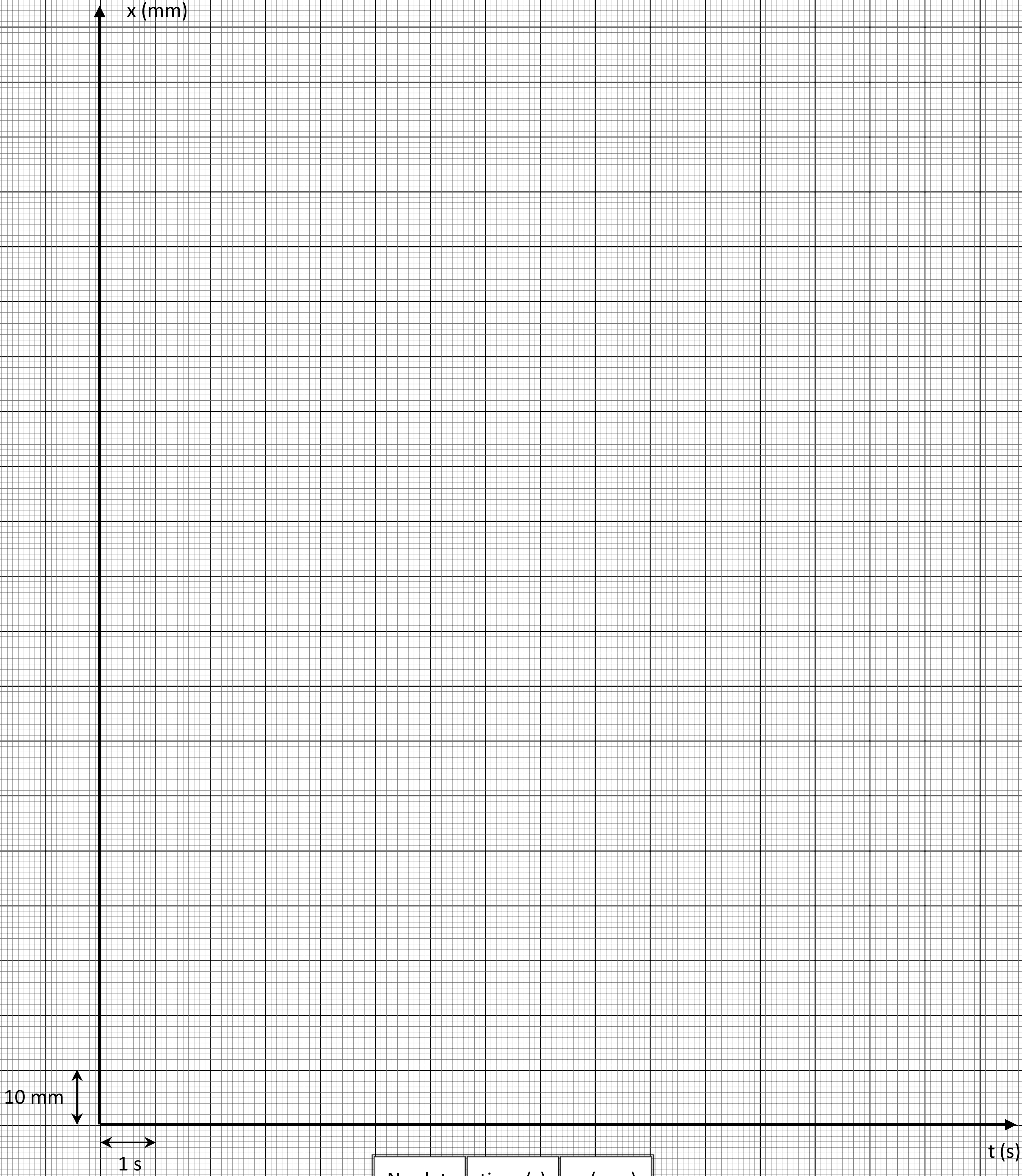
Foto 7

După completare, Foaia de răspuns se atașează foilor de concurs. Pe ea NU îți trece numele. Ea se predă chiar dacă nu ai scris nimic pe ea!

Subiecte propuse de
prof. Jean-Marius ROTARU, *Colegiul Național Iași*
prof. Aurelian PINTILEI, *Colegiul Național „Mihai Eminescu" Botoșani*
prof. Marian Viorel ANGHEL, *Liceul Teoretic „Petre Pandrea" Balș*
prof. Dorin Florin BUNĂU, *Colegiul Național „Gheorghe Lazăr" Sibiu*

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
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 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

Foaie de răspuns



Nr. det.	timp (s)	x (mm)

MINISTERUL EDUCAȚIEI

VII

Olimpiada de Fizică

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

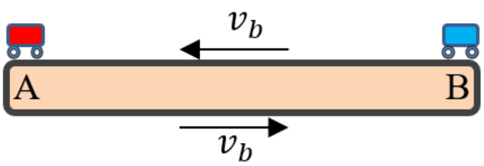
5 martie 2023

Subiectul I

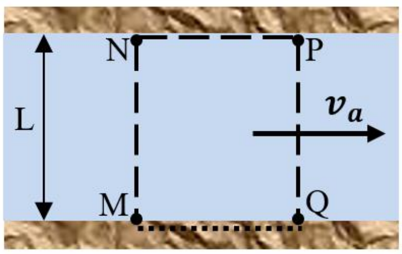
Andrei și Miruna sunt atrași de studiul fizicii și realizează în timpul liber diferite experimente. Recent, Andrei a primit o colecție de mașinuțe pe care le utilizează pentru studiul mișcării corpurilor. Mașinuțele au baterii și se pot deplasa cu viteze constante.

a) Andrei alege din colecție două mașinuțe pe care le așază pe o suprafață orizontală, la distanța $d = 2\text{m}$ una față de cealaltă, astfel încât acestea să se deplaseze pe aceeași direcție. Utilizând un cronometru, constată că mașinuțele, care pornesc simultan, se întâlnesc după un interval de timp $\Delta t_1 = 5\text{s}$ dacă se deplasează în același sens, respectiv după intervalul de timp $\Delta t_2 = 2\text{s}$ dacă se deplasează una spre cealaltă. Se consideră că dimensiunile mașinuțelor sunt mici în comparație cu distanța dintre ele. Calculează vitezele v_1 și v_2 ($v_2 < v_1$) ale celor două mașinuțe.

b) Miruna vine cu o bandă transportoare orizontală (cu lungimea mult mai mare decât dimensiunile mașinuțelor) care se deplasează cu viteza constantă v_b. Copiii așază cele două mașinuțe în punctele A și B, astfel încât să se deplaseze una spre cealaltă. Vitezele mașinuțelor față de banda transportoare sunt cele determinate la punctul a). Mașinuța cu viteza v_1 este plasată în punctul A, iar mașinuța cu viteza v_2 este plasată în punctul B. Determină viteza benzii transportoare, știind că mașinuțele pleacă simultan una spre cealaltă și că punctul în care se întâlnesc se află față de punctul B la o distanță egală cu o fracțiune $f = 0{,}35$ din distanța AB.



c) Andrei îi prezintă Mirunei mașinuța de cascadorie cu tracțiune integrală, amfibie, și merg împreună la un râu din apropiere pentru a o testa. Mașinuța amfibie și mașinuța cu viteza v_1 sunt puse simultan în mișcare, dar mașinuța amfibie urmează traiectoria MNPQ (MN și PQ fiind perpendiculare pe NP și MQ) deplasându-se numai în apă, în timp ce mașinuța cealaltă se deplasează pe mal, din M în Q. În tot timpul mișcării, mașinuța amfibie are aceeași viteză față de apă, $v = 9{,}36\text{ km/h}$. Lățimea râului este considerată constantă, iar viteza apei este $v_a = 3{,}6\text{ km/h}$, aceeași peste tot. Determină lățimea L a râului, știind că ambele mașinuțe au ajuns în punctul Q după $\Delta t = 3\text{min}$ din momentul plecării din M.



1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
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 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

Olimpiada de Fizică

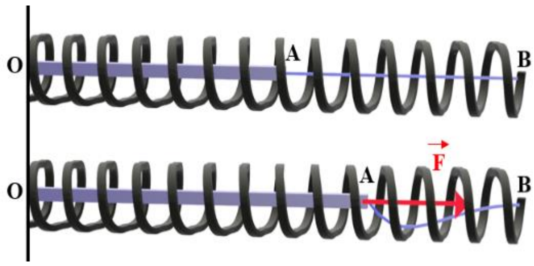
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

5 martie 2023

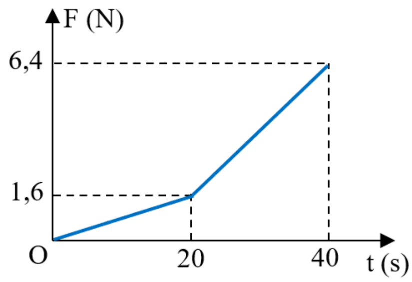
Subiectul II

Pe drumul spre casă, săculețul în care Andrei transporta jucăriile s-a rupt, iar mașinuța amfibie a rămas suspendată de banda elastică cu care era legat săculețul. Fericiți că nu au stricat mașinuța, cei doi copii se hotărăsc să studieze separat proprietățile unei astfel de benzi elastice, apoi să analizeze împreună rezultatele obținute. Aceștia au la dispoziție o bandă elastică ușoară, de lungime mare, din care Andrei taie o bucată cu lungimea $l_0 = 10$ cm pentru experimentul lui.

A. Andrei montează banda elastică pe axul unui resort cu lungimea mai mare decât cea a benzii. Capetele din stânga ale benzii și resortului sunt fixate într-un punct O, iar capetele libere din dreapta, A și B, sunt legate între ele printr-un fir ideal. Banda și resortul sunt, permanent, coaxiale și orizontale. La momentul inițial banda, resortul și firul sunt întinse, dar netensionate. Băiatul începe să tragă de capătul A al benzii cu o forță variabilă F, astfel încât acesta să se miște permanent cu viteza constantă $v = 2$ mm/s.



Pentru a determina constantele elastice ale benzii, respectiv resortului, Andrei măsoară valorile forței deformatoare la diferite momente de timp, apoi reprezintă grafic evoluția forței deformatoare F în raport cu timpul cronometrat de la momentul în care începe să tragă de bandă.

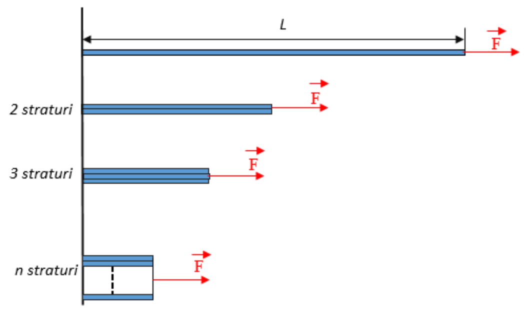


a) Determină lungimea d a firului ce leagă capetele A și B ale benzii și resortului.

b) Determină constantele elastice ale benzii, respectiv resortului.

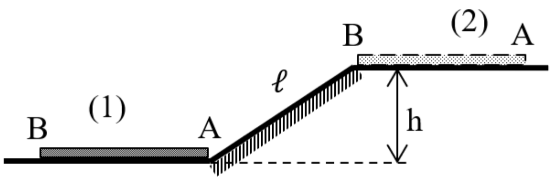
c) Reprezintă grafic evoluția forței F în funcție de poziția x a capătului A al benzii, măsurată față de punctul de prindere a celor două dispozitive, O. Calculează lucrul mecanic efectuat de forța F în intervalul de timp reprezentat în grafic.

B. Miruna fixează un capăt al benzii elastice rămase de un suport rigid, iar cu ajutorul unui dinamometru trage cu o forță de capătul liber, banda elastică alungindu-se cu $\Delta\ell$. Împăturește apoi banda elastică în părți egale, pe care le prinde la capete și repetă experimentul, trăgând mereu cu aceeași forță de capătul liber al benzii obținute prin îndoirea și suprapunerea părților. Găsește o relație prin care poți exprima alungirea benzii formate în funcție de numărul de straturi n ale acesteia și de alungirea $\Delta\ell$ a benzii inițiale. (*Se neglijează lungimea benzii pierdută prin îndoire.)*



1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
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 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

Subiectul III



Miruna dorește să aprofundeze noțiunile învățate în capitolul „Lucrul mecanic". Pentru aceasta, își propune să ridice un șnur AB subțire, flexibil, omogen, de lungime $\ell = 50\text{cm}$ și masă $m = 200\text{g}$, de pe o suprafață orizontală pe o altă suprafață orizontală, aflată la înălțimea $h = 30\text{cm}$ (vezi figura). Ea trage șnurul cu viteza constantă $v = 1\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$, pe suprafața înclinată de lungime ℓ, din poziția inițială (1) până în cea finală (2). Forța de tracțiune $\vec{F}$ cu care acționează asupra capătului A al șnurului este permanent orientată pe direcția și în sensul mișcării capătului A. Frecarea dintre șnur și suprafețele orizontale este neglijabilă, iar coeficientul de frecare dintre șnur și suprafața înclinată este $\mu = 0{,}5$. Consideră că accelerația gravitațională este $g = 10\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

a) Calculează lucrul mecanic efectuat de greutatea șnurului la deplasarea acestuia din poziția (1) în poziția (2).

b) Determină valoarea maximă a modulului forței de tracțiune $\vec{F}$ în timpul deplasării șnurului din poziția (1) în poziția (2).

c) Reprezintă grafic modulul forței de tracțiune $\vec{F}$ în funcție de distanța parcursă x, pentru deplasarea șnurului între cele două poziții. Determină randamentul procesului de urcare a șnurului la înălțimea h.

d) Calculează puterea medie dezvoltată de forța $\vec{F}$ la deplasarea șnurului între stările (1) și (2). Care a fost valoarea maximă a puterii mecanice instantanee dezvoltate de forța de tracțiune în acest proces?

Subiectele au fost propuse de

***Prof. dr. Ana-Cezarina MOROȘANU**, Colegiul Național „Petru Rareș", Piatra-Neamț*

***Prof. Liliana JUMĂREA**, Colegiul Național „Nicolae Iorga", Vălenii de Munte*

***Prof. Emil NECUȚĂ**, Colegiul Național „Alexandru Odobescu", Pitești*

***Prof. Petrică PLITAN**, Colegiul Național „Gheorghe Șincai", Baia Mare*

VIII

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
5 martie 2023

Oamenii de știință proiectează de mult timp edificarea unei stații intermediare de transport a materialelor care vor ajuta la construirea de așezări umane în spațiul circumterestru extra atmosferic. Un grup de tineri fizicieni în devenire au încercat să rezolve unele probleme legate de o astfel de stație, pe care au denumit-o TOR, și pe care au decis să o considere amplasată în Stratosferă urmând să aibă forma unui tor.

Subiectul I – *Măsurători în fluide*

În cadrul unui proiect, un grup de elevi, construiesc o machetă dotată cu senzori care să facă măsurători și să trimită date către centrul de comandă. Macheta este lansată în atmosferă. Parametrii constructivi ai machetei sunt prezentați în figura 1. Torul (inel cilindric) este umplut cu heliu care are densitatea $\rho = 44\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$ și plutește la înălțimea h , unde densitatea aerului este $\rho_{aer} = 320\ \text{g/m}^3$.

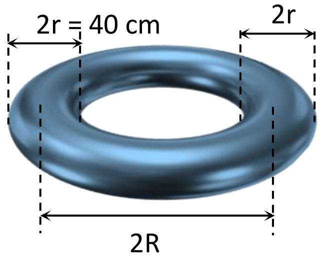


Figura 1

a) În timpul ascensiunii, doi dintre senzori au transmis datele din tabelul următor:

h (km)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
p (hPa)	1013	820	650	510	400	320	240	180	140

Precizează forțele care acționează asupra torului în urcare și reprezintă grafic dependența presiunii atmosferice p de înălțimea h.

b) Calculează raza R pentru care torul poate pluti la înălțimea h, știind că masa învelișului din care a fost realizat torul și a aparaturii montată pe el este $m = 1{,}1$kg. Se cunoaște formula de calcul pentru volumul torului $V_{tor} = (\pi r^2)(2\pi R)$.

c) Pentru a înțelege mișcarea corpurilor în fluide, elevii ancorează în apa unui lac un cilindru omogen de volum $V_C = 1200\ \text{cm}^3$ a cărui densitate este $\rho_c = 0{,}90\ \text{g/cm}^3$ (vezi figura 2). Ei constată că densitatea apei din lac depinde de adâncime conform relației $\rho = \rho_0 + \beta h$, unde $\rho_0 = 1{,}0\ \text{g/cm}^3$, $\beta = 10^{-4}\text{g/cm}^4$. Calculează diferența de presiune dintre bazele cilindrului și tensiunea din firul, inextensibil și de masă neglijabilă, prin intermediul căruia este ancorat corpul. Consideră accelerația gravitațională $g_0 = 10\ \text{N/kg}$.

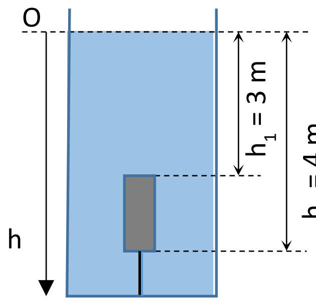
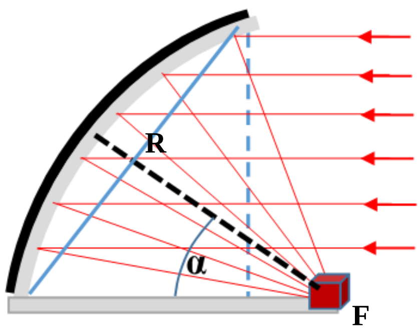


Figura 2

d) Pentru a urca materiale pe TOR se utilizează baloane transportoare. Analizând urcarea unui balon de masă $M = 4{,}95$ kg în atmosferă, elevii au constatat că la o anumită înălțime, unde densitatea aerului este $\rho_{aer} = 0{,}1\ \text{kg/m}^3$ și accelerația gravitațională este $g = 9{,}74\ \text{N/kg}$, balonul având volumul $V = 50\ \text{m}^3$, a atins o viteză limită v. Știind că forța de rezistență la urcarea prin atmosferă este de forma $\vec{F_r} = -k\vec{v}$, unde $k = 0{,}5\ \text{kg/s}$, determină viteza limită v.

Subiectul II - *Fenomene termice*

Pe stația TOR (situată la altitudinea de 25 de kilometri, în Stratosferă, la temperatura mediului $t_0 = -50°\text{C}$) oamenii folosesc ”cuptoare” solare pentru a-și prepara apă caldă. Un cuptor are o oglindă parabolică *(vezi figura alăturată*), cu axul orientat la $\alpha = 60^\circ$ față de direcția razelor solare. Conturul oglinzii este de forma unui cerc cu raza $R = 4{,}5$m și reflectă razele solare în focar, unde se află un creuzet (vas termorezistent), în care se află sare de bucătărie, cu masa $m_s = 200$ kg. O suprafață de arie $S_u = 0{,}585\text{m}^2$, a oglinzii, este umbrită de dispozitivele instalației. Energia radiantă provenită de la Soare în unitatea de timp, ce cade normal pe unitatea de suprafață este o ”constantă solară” și are valoarea $E_0 = 1380\ \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Sarea absoarbe energia cu un



randament $\eta = 75\%$ până se topește integral. Topitura este folosită pentru a încălzi apa, care este păstrată în recipiente paralelipipedice identice, la presiunea atmosferică normală, cu dimensiunile la interior: $V_{rec} = 16 \cdot 10^3 \mathrm{cm}^3$, și amplasate în exteriorul stației, la umbră. Pentru măsurarea temperaturilor pe stația TOR, s-a construit un termometru special cu scară liniară, gradată în ºTor, având ca puncte termometrice de referință: $\theta_{min} = 0°\mathrm{Tor}$, corespunzătoare temperaturii $t_0 = -50°\mathrm{C}$ de pe scara Celsius, respectiv $\theta_{max} = 100\ °\mathrm{Tor}$, corespunzătoare temperaturii $t_t = 800°\mathrm{C}$.

a) Dedu expresia matematică și valoarea numerică a duratei τ de topire integrală a sării din creuzet.
b) Află, justificând răspunsul, dacă un recipient cu apă poate fi adus la temperatura $t^* = 100\ °\mathrm{C}$ cu energia luată de la sarea topită, fără ca aceasta să se solidifice integral.
c) Dedu expresiile matematice ale relațiilor de echivalență dintre temperaturile din scările Tor și Celsius, dintre intervalele de temperatură de pe cele două scări, precum și câte ºTor are un om sănătos, care are temperatura de 36,5 ºC.

Se consideră cunoscute: $c_s = 880 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\,K}}$, căldura specifică a sării de bucătărie; $t_t = 800°\mathrm{C}$, temperatura de topire a sării; $\lambda_s = 520 \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$, căldura latentă specifică de topire a sării; $\rho_g = 0{,}9\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$ densitatea gheții; $c_g = 2100\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$, căldura specifică a gheții; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}$, căldura latentă specifică de topire a gheții; $c_a = 4200 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$, căldura specifică a apei.

Subiectul III – *Interacțiuni electrostatice*

Diverse corpuri pot fi duse în straturile superioare ale atmosferei cu ”transportoare” care sunt formate din baloane sferice fixate cu tije. Baloanele sunt rigide și se pot electriza uniform pe suprafața lor, datorită deplasării prin atmosferă. Forța de rezistență din partea aerului poate fi neglijată.

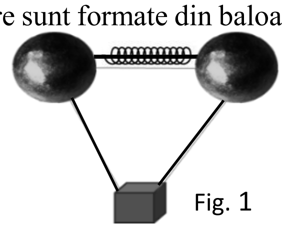


Fig. 1

a) Un astfel de transportor este alcătuit din două baloane sferice, fiecare cu raza $R = 1{,}5\ \mathrm{m}$ și masa $m = 0{,}5\ \mathrm{kg}$, fixate între ele cu un resort ușor, izolator, de lungime $l_0 = 3\ \mathrm{m}$ (în stare nedeformată) având constanta de elasticitate $k = 25\ \frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}}$ și două cabluri neelastice de masă neglijabilă, cu lungimea $l = 3\ \mathrm{m}$ (vezi figura 1). Resortul rămâne permanent orizontal, ca în figura 1. Știind că transportorul ridică o cutie cu materiale de masă $M = 10{,}4\ \mathrm{kg}$ și dimensiuni neglijabile, determină înălțimea la care sistemul transportor-cutie va fi în echilibru. Sistemul este dotat atât cu dispozitive de măsură, cât și cu dispozitive de transmitere a datelor. În urma prelucrării datelor experimentale, s-a trasat graficul densității aerului în funcție de altitudine, reprezentat în figura 2.

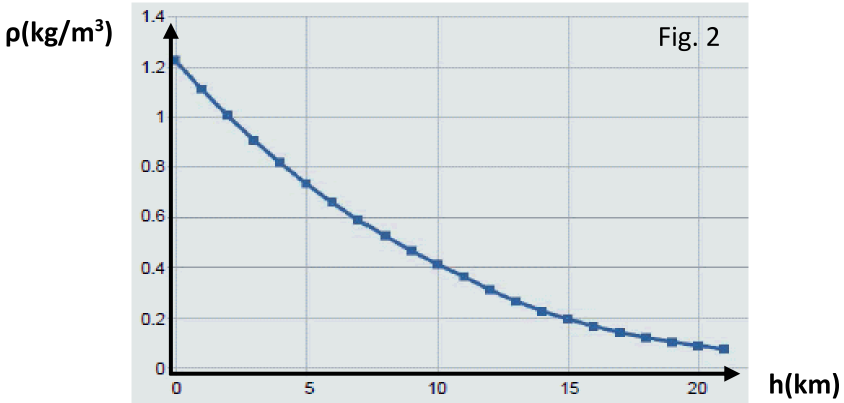


Fig. 2

b) Pentru sistemul transportor-cutie de la punctul a) se constată că unghiul dintre cabluri și resortul orizontal este $\alpha = 45^{\circ}$. Determină sarcina electrică a celor două baloane știind constanta electrostatică a aerului $k_e \cong 9 \cdot 10^9 \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{C}^{-2}$ și accelerația gravitațională $g \cong 9{,}76\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$.

c) Câmpul electric poate accelera corpurile electrizate. Pentru a studia acest aspect, au fost fixate două bile sferice de mase $m = 0{,}5$ kg și raze $r = 10$ cm, la capetele unui resort ușor de lungime nedeformată $a = 1$ m, iar sistemul a fost plasat pe un plan orizontal neted și izolator. Apoi, fiecare dintre cele două bile a fost electrizată cu o sarcină electrică q și s-a observat că cele două bile ating viteza maximă atunci când resortul are lungimea $b = 2a$. Determină viteza maximă atinsă de bile știind că bilele sferice se electrizează uniform pe suprafață, iar resortul are constanta de elasticitate $K = 150\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$.

d) Un alt tip de transportor este alcătuit din trei baloane sferice fiecare cu raza $R = 1{,}5$ m, fixate între ele cu trei tije de lungime $l = 4$ m și trei cabluri cu lungimea $l_1 = 5{,}5$ m care ridică o cutie (vezi figura 3). Transportorul are forma unui tetraedru regulat. Știind că baloanele se pot încărca cu sarcini electrice egale cu $q = 20$ mC, calculează forța cu care acționează câmpul electric produs de cele trei baloane asupra cutiei, considerând că aceasta este punctiformă și are sarcina electrică $q_0 = 1$ mC.

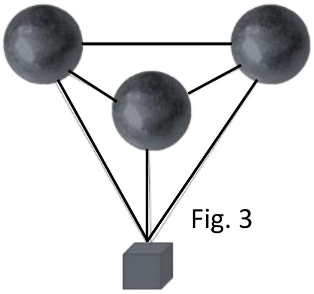


Fig. 3

Notă: Volumul închis de o sferă cu raza R este $V = \frac{4\pi R^3}{3}$.

Subiectele au fost propuse de:
Prof. Corina Dobrescu, Colegiul Național de Informatică „Tudor Vianu” – București,
Prof. Ion Băraru, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân” – Constanța,
Prof. Florin Măceşanu, Școala Gimnazială „Ștefan cel Mare” – Alexandria,
Prof. Victor Stoica, Inspectoratul Şcolar al Municipiului București

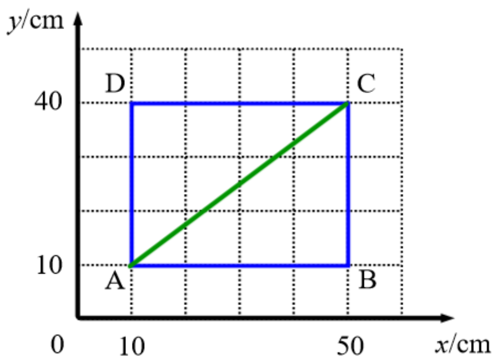
Olimpiada de Fizică

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

5 martie 2023

Subiectul I

Elevii unui cerc de robotică au construit doi roboței identici pentru un concurs. Fiecare roboțel se poate mișca cu diferite viteze și accelerații și are în dotare și o cameră video pe care o poate orienta singur, permanent, spre celălalt roboțel. La unul dintre teste, roboțelul *Cărăbuș* parcurge traseul ABCDA. Simultan cu plecarea lui *Cărăbuș*, celălalt roboțel, *Buburuză*, pleacă din C pe traseul direct spre A, CA. În timp ce *Cărăbuș* se deplasează cu viteza constantă $v_1 = 2{,}0\frac{\text{cm}}{\text{s}}$, *Buburuză* se mișcă uniform accelerat, fără viteză inițială, dar cu accelerația a. Roboțeii ajung simultan în A.



a) Calculează modulul vitezei cu care ajunge *Buburuză* în A și reprezintă grafic, pe aceeași diagramă, distanțele parcurse în funcție de timp, pentru *Cărăbuș* ($d_1 = d_1(t)$) și pentru *Buburuză* ($d_2 = d_2(t)$).

b) Reprezintă grafic, pe diagrame separate, coordonatele pe axa O*x* în funcție de timp, pentru *Cărăbuș* ($x_1 = x_1(t)$) și pentru *Buburuză* ($x_2 = x_2(t)$).

c) Reprezintă grafic, pe aceeași diagramă, legile vitezelor pe axa O*x*, $v_x = v_x(t)$ pentru cei doi roboței.

d) Calculează modulul vitezei relative a lui *Cărăbuș* față de *Buburuză*, în momentul în care *Cărăbuș* este la jumătatea porțiunii AB.

e) Calculează viteza unghiulară a camerei video din dotarea lui *Cărăbuș* în momentul inițial, imediat după pornire.

Subiectul II

A. Un dispozitiv de înregistrare permite cunoașterea poziției, în funcție de timp, a unui mobil care se deplasează pe axa O*x*. Pe întregul parcurs al mișcării, accelerația ia doar două valori, bine determinate. Valorile înregistrate sunt precizate în tabelul de mai jos:

***t*/s**	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
***x*/cm**	5	15	29	47	69	95	124,5	154,5	184,5	214,5	244,5

a) Pentru intervalul $[0;\ 0{,}5]$ s, **interpretează** datele incluse în tabel, **calculează** accelerația constantă a mișcării, **stabilește** legea de mișcare și legea vitezei.

b) **Justifică** afirmația: spre sfârșitul mișcării, mișcarea devine uniformă. **Identifică** intervalul de timp în care mișcarea este uniformă. **Stabilește** legea de mișcare pentru acest interval de timp.

c) **Reprezintă grafic** legea de mișcare și legea vitezei pentru întreg intervalul de timp precizat în tabel.

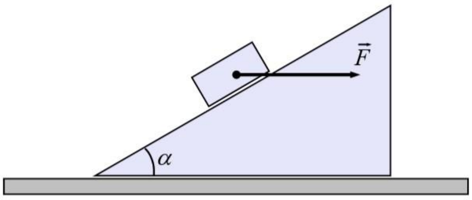
B. Pe un teren orizontal este construită o pistă de încercare circulară pentru pneuri speciale destinate unor automobile de raliu. Pista este înclinată spre interiorul curbei cu un unghi $\alpha = 30° = \frac{\pi}{6}\text{rad}$ față de orizontală (adică are forma unui trunchi de con cu unghiul de deschidere $\pi - 2\alpha$). Când pista este udă, coeficientul de frecare dintre cauciucuri și suprafața de rulare este $\mu_1 \cong 0{,}27$ (unghiul de frecare este $\varphi_1 = 15° = \frac{\pi}{12}\text{rad}$). Când pista este uscată, coeficientul de frecare devine $\mu_2 \cong 1$ (unghiul de frecare este $\varphi_2 = 45° = \frac{\pi}{4}\text{rad}$). Se consideră că raza traiectoriei automobilului este $R = 90$ m , iar accelerația gravitațională este $g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

d) **Stabilește**, în funcție de R, g, α și μ (sau φ), intervalul de viteze pentru care automobilul nu derapează nici spre exteriorul, nici spre interiorul traiectoriei. Dacă vei considera necesar, poți folosi: $\text{tg}(\alpha-\beta)=\frac{\text{tg}\alpha-\text{tg}\beta}{1+\text{tg}\alpha\cdot\text{tg}\beta}$ și $\text{tg}(\alpha+\beta)=\frac{\text{tg}\alpha+\text{tg}\beta}{1-\text{tg}\alpha\cdot\text{tg}\beta}$.

e) **Calculează** limitele intervalului vitezelor pentru cele două stări ale suprafeței de rulare.

Subiectul III

Un corp cu masa m se poate deplasa fără frecare pe o pană în formă de prismă cu unghiul de înclinare α, așezată pe un suport orizontal fix în raport cu un sistem de referință inerțial. Masa penei are valoarea $M=3m$. Se cunoaște și accelerația gravitațională g.



a) Se consideră că pana este fixată pe suportul orizontal. Reprezintă forțele care acționează asupra corpului. Stabilește expresia modulului forței orizontale $\vec{F}$ cu care trebuie să tragem corpul, pornind din repaus, astfel încât acesta să urce toată panta într-un interval de timp egal cu cel de coborâre al aceluiași corp lăsat liber, pornind din repaus, din vârful pantei.

b) Se consideră că pana este menținută în repaus pe suportul orizontal, prin frecare. Reprezintă forțele care acționează asupra penei. Stabilește expresia coeficientului minim de frecare (statică) între pană și suportul orizontal, astfel încât pana să rămână fixă în condițiile urcării pantei de la punctul a).

c) Se consideră că nu există frecare între pană și suportul orizontal. Pana și corpul sunt menținute în repaus. Se lasă sistemul liber.

c1) Reprezintă forțele care acționează asupra corpului. Stabilește expresia accelerației corpului față de suportul orizontal.

c2) Reprezintă forțele care acționează asupra penei. Stabilește expresia accelerației penei față de suportul orizontal.

Subiectele au fost propuse de
***Prof. Cezar GHERGU**, Colegiul Național „Neagoe Basarab”, Oltenița*
***Prof. dr. Daniel LAZĂR**, Colegiul Național „Iancu de Hunedoara”, Hunedoara*
***Prof. Alpár István Vita VÖRÖS**, Liceul Teoretic „Apáczai Csere János”, Cluj-Napoca*
***Coordonator: prof. Dorel HARALAMB**, Colegiul Național „Petru Rareș“, Piatra Neamț*

Olimpiada de Fizică

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

5 martie 2023

Subiectul I. Sisteme de lentile

Două lentile L_1 și L_2, plan convexe, au aceeași rază de curbură a suprafeței sferice, $R = 24$ cm și indicii de refracție $n_1 = 1{,}4$ respectiv $n_2 = 1{,}8$.

a) Se realizează un sistem centrat format din cele două lentile așezate la distanța $d = 90$ cm una față de cealaltă. Determină poziția imaginii formate de sistem și mărirea liniară transversală pentru un obiect luminos foarte mic situat la 120 cm de lentila L_1, ca în Figura 1.

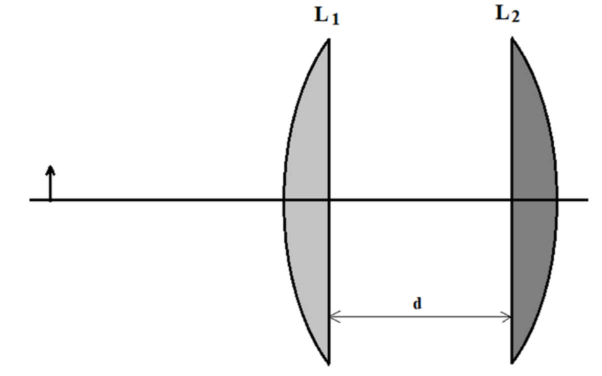


Figura 1

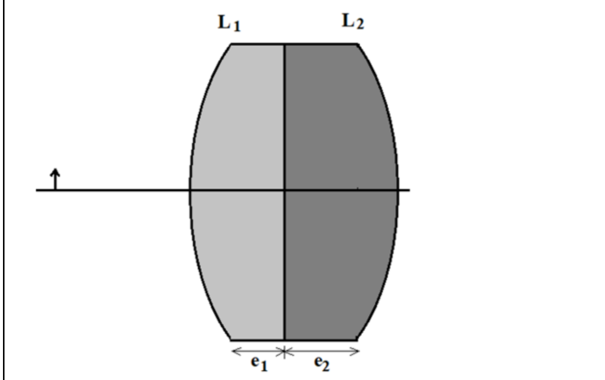


Figura 2

b) Se realizează un alt sistem centrat format din cele două lentile "prelungite" cu două lame cu fețe plan paralele alipite de fețele plane ale lentilelor și alipite între ele, având aceiași indici de refracție ca lentilele și grosimile $e_1 = 7\ cm$ respectiv $e_2 = 9\ cm$, ca în Figura 2. Determină poziția imaginii formate de sistem pentru un obiect luminos foarte mic situat la 80 cm în stânga lentilei L_1, ca în Figura 2.

c) Un elev dorește să realizeze un sistem de lentile acolate alipind între ele suprafețele plane ale celor două lentile dar, din greșeală, le alipește decalate cu $z = 1$ cm, pe verticală, ca în **Figura 3**. Considerăm un sistem xOy pentru care Ox reprezintă axa optică principală a lentilei L_1 iar Oy axa care conține diametrele verticale ale lentilelor și are originea în centrul feței plane a lentilei L_1. Determină poziția și mărimea imaginii unui obiect liniar, AB, paralel cu axa Ox, cu lungimea de 3 cm și având capătul din dreapta în punctul A de coordonate $x_A = -12$ cm și $y_A = 1$ cm, ca în figură, formată doar de razele care străbat ambele lentile. Realizează un desen în care să ilustrezi mersul razelor de lumină. Se va lucra în aproximație paraxială.

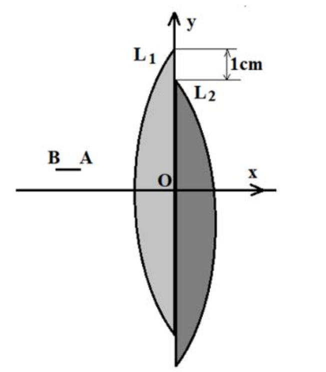


Figura 3

Subiectul II. Diverse călduri

Un tânăr experimentator și-a propus măsurarea unor coeficienți calorici specifici unei substanțe necunoscute numită *ioanidă*. El a procedat astfel:

Cu ajutorul unui încălzitor, a cărui putere este menținută constantă, a încălzit lent, în condiții izobare, într-o incintă închisă, ideală (fără pierderi de căldură) o anumită cantitate de ioanidă solidă și a notat temperatura din interior, θ, la diferite momente, t. Valorile obținute se află din tabelul de mai jos.

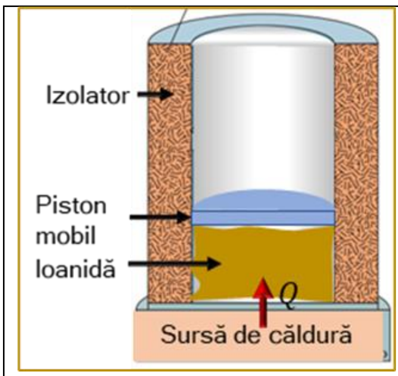


Figura 4

Experimentatorul a neglijat prezența altor substanțe aflate sub pistonul din cilindru.

Se cunoaște căldura specifică a ioanidei în stare solidă $c_s = 10^3$ J/kg · K.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
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 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

t(min)	0	2	4	6	10	15	20	25	30	32	34	36	38	40
θ(℃)	59,5	75,5	92,5	107,5	120	120	120	120	124	132,5	140,5	148	157	164

a) Reprezintă grafic (pe coala de hârtie milimetrică primită) dependența temperaturii în funcție de timp. Interpretează graficul obținut.
b) Determină durata procesului de topire.
c) Dedu expresia căldurii specifice în stare lichidă, c_l, si calculează-i valoarea.
d) Dedu expresia pentru căldura latentă de topire, λ, și calculează valoarea acesteia.
e) Precizează, pentru metoda tânărului experimentator, șase deficiențe care reprezintă surse de erori în determinarea mărimilor cerute.

Subiectul III. Procese termodinamice

O cantitate constantă de gaz ideal, având căldura molară la volum constant $C_V = 2{,}5R$, parcurge transformarea ciclică $1 \to 2 \to 3 \to 1$, a cărei reprezentare, în coordonate presiune-volum, este ilustrată în figura alăturată.

Considerând cunoscuți parametri gazului în starea 1, respectiv presiunea p_0, volumul V_0 și temperatura T_1, determină:

a) variația energiei interne a gazului în transformarea $2 \to 3$;
b) căldura molară în transformarea $3 \to 1$;
c) temperatura maximă atinsă de gaz pe parcursul acestei transformării ciclice;
d) căldura primită de gaz în transformarea $2 \to 3$;
e) randamentul unui motor termic care funcționează după această transformare ciclică.

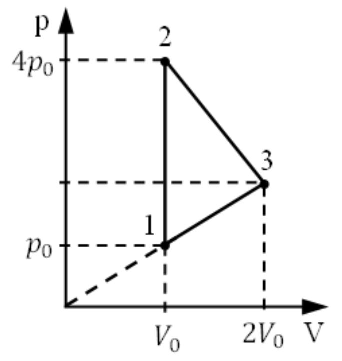


Figura 5

Subiectele au fost propuse de
Prof. Gabriela ALEXANDRU, *Colegiul Național "Grigore Moisil" București*
Prof. Ion TOMA, *Colegiul Național "Mihai Viteazul" București*
Prof. Florin BUTUȘINĂ, *Colegiul Național "Simion Bărnuțiu" Șimleu Silvaniei*

Coordonator: **dr. Constantin COREGA**, Cluj-Napoca

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE

FIȘĂ DE RĂSPUNS
Clasa a X-a, Subiectul II

Subiectul I: Electrocinetică

1A. Modelarea unei baterii electrice uzate (5 puncte)

Un laborator de cercetare care studiază bateriile de tip **AA** a obținut datele din tabelul următor pentru o baterie care se apropie de sfârșitul perioadei de bună funcționare:

I/A	0,00	0,17	0,34	0,50	0,64	0,77	0,87	0,94	0,98	1,00
U/V	1,50	1,34	1,18	1,01	0,85	0,68	0,51	0,34	0,17	0,00
R/Ω										

Mărimile din tabel au semnificațiile fizice următoare: I este intensitatea curentul electric debitat de baterie, iar U este tensiunea măsurată la bornele bateriei atunci când la bornele bateriei este atașată o rezistență electrică de sarcină, aleasă adecvat pentru fiecare pereche (I, U) din tabel. Pentru a nu produce o uzură suplimentară bateriei cercetătorii au luat precauția ca fiecare măsurătoare să se facă într-un timp foarte scurt.

a) Calculați care a fost rezistența electrică R a rezistorilor puși la bornele bateriei și completați ultima linie din tabelul anterior. **Trasați** pe hârtia milimetrică anexată graficul dependenței (*I*, *U*), adică $U(I)$. **Interpolați** cu o dreaptă primele 5 puncte din graficul $U(I)$. Dacă folosim modelul $U = E - r \cdot I$ pentru dreapta obținută, **determinați** din parametrii dreptei de interpolare valoarea tensiunii E (tensiunea de funcționare în gol = tensiunea electromotoare echivalentă a bateriei) și a rezistenței r (rezistența internă echivalentă a bateriei). **Determinați** intensitatea curentului de scurtcircuit echivalent al bateriei, I_{sc}, folosind în calcul cei doi parametrii E și r determinați din grafic.

*** În același laborator de cercetare s-a constatat că o baterie uzată are o dependență a tensiunii măsurată la bornele bateriei, notată cu U, de rezistența electrică de sarcină R de forma: $U = \frac{1}{\sqrt{\frac{a}{R^2}+b}}$, unde a și b sunt mărimi constante, pozitive, determinate experimental.

b) Care sunt unitățile de măsură ale celor două constante? **Stabiliți** expresia funcției care descrie dependența tensiunii la borne de curentul debitat de baterie. **Determinați** intensitatea curentul de scurtcircuit, I_{sc}, și tensiunea de funcționare în gol E în funcție de constantele a și b. **Exprimați** dependența $U(I)$ în funcție de parametrii E și I_{sc}.

c) Dacă notăm cu y raportul U/E și cu x raportul I/I_{sc} **stabiliți** expresia funcției $y = f(x)$ care exprimă, în unități adimensionale, dependența $U(I)$. **Determinați** maximul funcției $p(x) = x \cdot f(x)$. Folosiți rezultatul anterior pentru **a determina** puterea maximă debitată de sursă și rezistența de sarcină R_m pentru care sursa debitează puterea maximă.

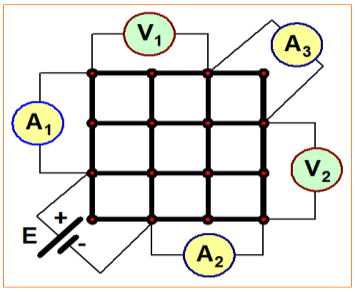
d) Suntem interesați să găsim o dependență $U(I)$ liniară, în vecinătatea punctului (I_m, U_m) în care puterea debitată de sursă este maximă. Ne așteptăm ca aceasta să fie de forma $U = E_m - r_m I$. Găsiți parametrii E_m și r_m pentru această aproximație.

<u>**Notă:**</u> O analiză de acest tip este foarte actuală datorită utilizării pe scară largă a celulelor solare, care au, ca și în modelul de aici, o caracteristică *I-V* neliniară. Inginerii au dezvoltat o întreagă tehnologie pentru proiectarea unor aparate electronice care "vânează" punctul de maximă putere al unei celule solare.

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 cerințele în orice ordine.
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.

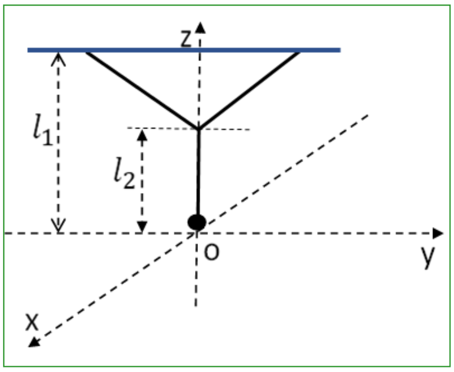
1B. Simetrie de rezistori identici, ampermetre și voltmetre ideale (4 puncte)

Rețeaua electrică prezentată în schema alăturată, conține un grilaj metalic pătratic format din 9 pătrate mici, laturile fiecărui pătrat având aceeași rezistență electrică (rezistența dintre două noduri învecinate) R. Toate aparatele de măsură, voltmetrele și ampermetrele sunt ideale. Bateria electrică, de asemenea ideală, are tensiunea electromotoare E. Rezistențele electrice a tuturor firelor de conexiune a aparatelor de măsură și a bateriei sunt neglijabile. Cunoscând E și R, determinați indicațiile aparatelor de măsură conectate în circuit (cele trei ampermetre și cele două voltmetre). Particularizați rezultatul obținut, pentru cazul $E = 60\,\text{V}$, $R = 100\,\Omega$.



Subiectul II: OSCILAȚII MECANICE – Pendulul BLACKBURN

Pendulul Blackburn este alcătuit dintr-un corp mic și greu legat la capătul unui fir. Celălalt capăt al firului este legat de un alt fir în formă de V (vezi figura alăturată). În poziția de echilibru firul în formă de V se găsește în planul yOz, iar firul de care este legat corpul se află pe axa verticală Oz. Acest pendul oscilează în planul xOz ca un pendul simplu cu lungimea l_1, iar în planul yOz ca un pendul simplu cu lungimea l_2 (*cele două oscilații fiind în condiții de izocronism*). Vom considera accelerația gravitațională locală $g \cong \pi^2\ \text{m/s}^2$.



a) Calculează lungimile l_1 și l_2 dacă perioadele de oscilație sunt $T_1 = 4$ s în planul xOz , respectiv $T_2 = 2$ s în planul yOz.

b) Din poziția de echilibru se imprimă corpului o viteză $v_0 \cong 6{,}28\ \text{cm/s}$, orientată în sensul pozitiv al axei Ox. Scrie legea de mișcare a corpului $x = x(t)$.

c) Scrie legea de mișcare a corpului $y = y(t)$ pentru situația în care acesta este deplasat din poziția inițială cu $5\,\text{cm}$ în sensul negativ al axei Oy și se lasă liber.

d) Considerăm acum condițiile inițiale în care corpul este deplasat față de poziția inițială cu $5\,\text{cm}$ în sensul negativ al axei Oy și simultan i se imprimă o viteză $v_0 \cong 6{,}28\ \text{cm/s}$, orientată în sensul pozitiv al axei Ox.

i) Scrie ecuația traiectoriei corpului în planul xOy: $y = y(t)$.

ii) Reprezintă grafic traiectoria corpului în planul xOy.

e) Corpul se deplasează din starea de echilibru, în sensul pozitiv al axei Ox cu $5\,\text{cm}$ și simultan i se imprimă o viteză $v_0 \cong 6{,}28\ \text{cm/s}$ în sensul pozitiv al axei Oy.

i) Scrie ecuația traiectoriei corpului în planul xOy.

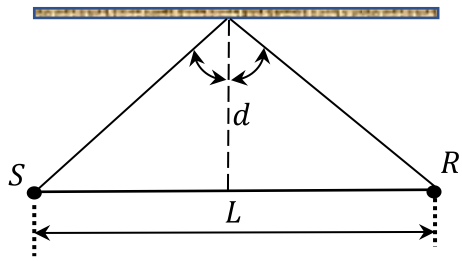
ii) Reprezintă grafic traiectoria corpului.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
5 martie 2023

Subiectul III: Unde mecanice

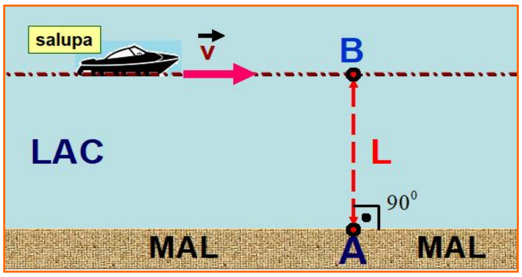
3A. Interferența undelor sonore (4,50 puncte)

O sursă punctiformă S emite unde sonore cu frecvența $f = 340\ \mathrm{Hz}$. Un receptor R, situat inițial la distanță mare de sursă, se deplasează lent către sursă, pe dreapta SR paralelă cu un perete reflectător, la distanța $d = 5{,}00\ \mathrm{m}$ de acesta. Determinați distanța L dintre receptor și sursă corespunzătoare maximelor și minimelor intensității sonore, rezultate în urma interferenței undei sonore directe cu cea reflectată de perete, în funcție de d și de lungimea de undă λ a undelor sonore. Calculați primele patru valori finite pentru fiecare din aceste distanțe. Care este numărul teoretic total de maxime sonore recepționate până la sursă? Viteza de propagare a sunetului în aer este $c = 340\ \mathrm{m/s}$.

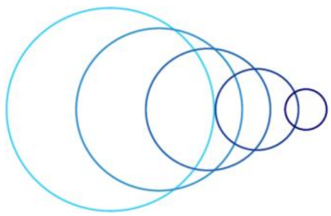


3B. Unde mecanice: Valuri produse de o șalupă (4,50 puncte)

I. Pe apa liniștită, calmă, a unui lac se deplasează rectiliniu, cu viteză constantă, o șalupă de mici dimensiuni. Direcția deplasării sale este paralelă cu unul din maluri (vezi *figura*) la distanța L de acesta. Un observator situat pe mal în punctul A, constată că la t secunde după ce șalupa a trecut prin punctul B (AB$\perp$ pe mal) un prim val ajunge în punctul A. După acest moment, valuri succesive ajung în A cu o periodicitate de T secunde. Distanța dintre două valuri succesive ce ajung în A este λ. Cu ce viteză v se deplasează șalupa pe suprafața lacului, știind că viteza ei este mai mare decât a valurilor? Se cunosc mărimile fizice: $L\,(> \lambda t/T)$, λ, t și T.



Observație importantă: Considerați șalupa ca un punct material care produce o undă caracterizată de o singură perioadă T și o singură lungime de undă λ (vezi *figura*).



II. Imaginați-vă acum că totul s-ar petrece pe apa unui râu care curge liniștit cu viteza V în același sens în care merge șalupa și că elementele principale ale enunțului anterior rămân aceleași, dar având valori numerice diferite, față de cazul când șalupa se mișcă pe lac. Considerând că valurile ce sosesc în A (la observator) sunt cvasi-armonice, determinați viteza șalupei v față de apa râului.

Subiecte propuse de:

Lect. univ. dr. Cornel Mironel NICULAE, *Facultatea de Fizică, Universitatea București*
prof. Viorel SOLSCHI, *Colegiul Național "Mihai Eminescu " din Satu - Mare*
prof. Cristian MIU, *Colegiul Național "Ion Minulescu " din Slatina*
prof. Dumitru ANTONIE, *Colegiul Tehnic nr.2 din Târgu – Jiu*

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 cerințele în orice ordine.
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.

Subiectul I. ***Efectul Compton ...*** **(10 puncte)**

În cadrul unui experiment s-a studiat împrăștierea radiațiilor X, cu lungimea de undă $\lambda = 14{,}10$ pm, pe o probă de grafit. Radiațiile X reprezintă un flux de fotoni ce interacționează cu electronii slab legați din atomii probei. Se consideră că viteza luminii în vid este $c = 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s, electronul are masa de repaus $m = 9{,}10 \cdot 10^{-31}$ kg, iar constanta lui Planck este $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ Js.

a. Fotonii incidenți sunt difuzați sub diferite unghiuri θ, față de direcția incidentă.

a.1. *Să se deducă* expresia matematică a lungimii de undă pentru fotonii difuzați în funcție de $(\lambda, \cos\theta, h, m, c)$ și *să se determine* valoarea maximă a acesteia, justificând răspunsul.

a.2. *Să se deducă* expresia matematică a unghiului de împrăștiere al electronilor de recul în funcție de $(\lambda, \cos\theta, h, m, c)$ și *să se determine* valoarea acestuia pentru $\theta = 30°$.

b. Valorile unghiului θ sub care sunt difuzați fotonii incidenți sunt prezentate în tabelul de pe FIȘA DE RĂSPUNS.

b.1. Pe FIȘA DE RĂSPUNS, *să se completeze* tabelul și *să se reprezinte grafic* dependența lungimii de undă a fotonilor difuzați în funcție de θ.

b.2. Unghiul sub care este difuzat un foton și unghiul de împrăștiere al electronului de recul sunt în raportul $2:1$. *Să se calculeze* variația relativă a frecvenței fotonului difuzat știind că direcția de mișcare a acestuia face un unghi $\beta = 90°$ cu direcția de mișcare a electronului de recul.

c. Se consideră efectul Compton de împrăștiere a fotonilor pe electroni liberi, aflați în mișcare în sens opus fotonilor incidenți. *Să se deducă* expresia matematică a energiei fotonului împrăștiat sub unghiul $\theta = 180°$ în funcție de $(m, c, \varepsilon_f, E_e)$ și *se calculeze* această energie dacă energia fotonului incident este $\varepsilon_f = 20{,}00$ keV, iar energia inițială a electronului este $E_e = 20{,}00$ GeV.

Observație: Dacă îți este util, poți folosi aproximarea:

$$(1-x)^n = 1 - nx, \text{ pentru } |x| \ll 1.$$

Subiectul II. ***Unde sonore ...*** **(10 puncte)**

O sursă sonoră care emite unde plane se află la distanța d de un perete reflectător, situat în plan orizontal. La distanța D de sursă se află un receptor, considerat fix, ce primește atât undele provenite direct de la aceasta, cât și undele reflectate de perete. Receptorul se află pe aceeași dreaptă cu sursa (vezi Figura II.1). Se consideră că sursa sonoră este bine fixată și are forma unui tub deschis la ambele capete, de lungime ℓ, iar viteza de propagare a undelor sonore în aer este c.

a. Oscilațiile emise de sursă corespund armonicii de ordinul 4, iar amplitudinea rezultantă a undelor care ajung la receptor este jumătate din amplitudinea rezultantă maximă a acestora. *Să se determine* distanța D. Se neglijează absorbția undelor.

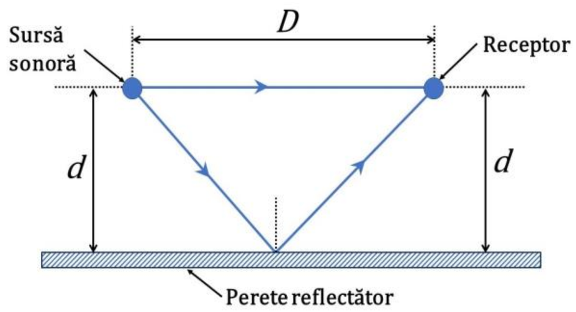


Figura II.1.

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 cerințele în orice ordine.
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.

b. Se consideră frecvența undelor sonore $\nu = 80\,\text{Hz}$, densitatea aerului $\rho_0 = 1{,}3\,\text{kg/m}^3$, viteza de propagarea a undei sonore în aer $c = 320\,\text{m/s}$, amplitudinea rezultantă $A' = 1{,}0 \cdot 10^{-5}\,\text{m}$ și intensitatea sonoră de referință $I_0 = 1{,}0 \cdot 10^{-12}\,\text{W/m}^2$.

b.1. Utilizând parametrii de mai sus, *să se deducă* expresia matematică a intensității sonore și *să se calculeze* valoarea acesteia.

b.2. *Să se calculeze* nivelul sonor.

c. Se înlătură peretele reflectător. Se consideră că sursa sonoră emite sunete cu frecvența $\nu_0 = 100\,\text{Hz}$, iar viteza de propagare a undei sonore în aer este $c = 320\,\text{m/s}$.

c.1. Dacă sursa sonoră efectuează o mișcare oscilatorie armonică, cu pulsația ω și amplitudinea $A_0 = 32\,\text{mm}$, de-a lungul dreptei pe care se află și receptorul, banda de frecvență recepționată este $\Delta\nu = 100\,\text{Hz}$. *Să se deducă* expresia matematică a pulsației ω și *să se calculeze* valoarea acesteia.

c.2. Sursa sonoră se află în repaus și receptorul este pus în contact cu aceasta. Apoi, sursa sonoră este depărtată de receptor pe o traiectorie rectilinie, cu accelerația constantă $a = 8{,}0\,\text{m}/s^2$. *Să se deducă* expresia matematică a frecvenței sunetului înregistrată de receptor la momentul de timp $t = 20\,\text{s}$ de la începerea mișcării și *să se calculeze* valoarea acesteia.

Subiectul III. *Semnal luminos emis de pe o rachetă cosmică* (10 puncte)

O rachetă cosmică, lansată de pe Pământ, se depărtează de acesta, cu viteza constantă $\vec{u}$, a cărei direcție este perpendiculară pe o oglindă plană rămasă fixă pe Pământ, așa cum indică desenul din Figura III.1. Momentul inițial este considerat atunci când originile O și respectiv O', ale sistemelor inerțiale S și respectiv S', solidare cu Pământul și respectiv cu racheta cosmică coincid, iar ceasornicele celor doi observatori, aflați față în față, sunt sincronizate, indicând $t = t' = 0$.

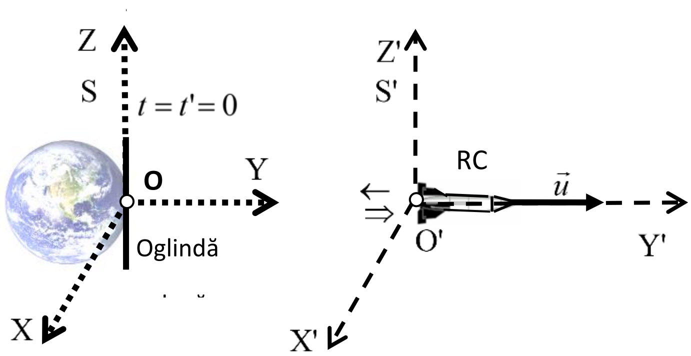


Figura III.1

În timpul zborului rachetei cosmice, din originea O' a sistemului S', la momentul t'_1 indicat de ceasornicul din rachetă, un semnal luminos monocromatic cu frecvența ν'_0 este emis spre oglinda plană aflată în originea O a sistemului fix S. Observatorul terestru, O, din sistemul inerțial fix, S, notează sosirea acestui semnal luminos de la racheta cosmică, folosind ceasornicul propriu ca fiind la ora $t = t_0$. Ulterior, semnalul luminos reflectat este recepționat în rachetă la momentul t'_2 indicat de ceasornicul din sistemul O'.

Se folosesc următoarele notații:

- intervalul de timp dintre momentul emisiei semnalului luminos și până în momentul reflexiei sale se notează cu: $(\Delta t)_{\text{dus}}$ măsurată pe Pământ (sistemul S), respectiv $(\Delta t')_{\text{dus}}$ măsurat cu ceasornicul din rachetă (solidar cu sistemul S');

- intervalul de timp dintre momentul reflexiei semnalului luminos și recepția sa în rachetă se notează cu: $(\Delta t)_{\text{retur}}$ măsurată pe Pământ (sistemul S), respectiv $(\Delta t')_{\text{retur}}$ măsurat cu ceasornicul din rachetă (solidar cu sistemul S');
- intervalul de timp dintre momentul emisiei semnalului luminos din rachetă și până în momentul recepției în rachetă a semnalului reflectat se notează cu: $(\Delta t)_{\text{dus-întors}}$ măsurată pe Pământ (sistemul S), respectiv $(\Delta t')_{\text{dus-întors}}$ măsurat cu ceasornicul din rachetă (solidar cu sistemul S');

Se cunosc următoarele valori: t_0 – momentul măsurat pe Pământ la care se produce reflexia semnalului luminos pe oglinda de pe Pământ, valoarea vitezei rachetei u și valoarea vitezei luminii în vid c, frecvența semnalului luminos ν'_0 măsurată în rachetă (în sistemul S').

a. Să se determine, în funcție de t_0 și $\beta = \dfrac{u}{c}$, folosind notațiile indicate în problemă, coordonatele spațiale și temporale, în sistemele de referință inerțiale, S și respectiv S', ale următoarelor evenimente:
- evenimentul E - reflexia semnalului luminos pe suprafața oglinzii plane;
- evenimentul E_1 - emisia semnalului luminos din rachetă (originea O' a sistemului mobil, S');
- evenimentul E_2 - recepția semnalului luminos de către observatorul din rachetă O', din sistemul S', revenit după reflexia semnalului pe oglinda de pe Pământ din originea O.

b. *Să se stabilească* relația dintre t'_1, t'_2 și t_0*;*

c. Folosind t_0 și $\beta = \dfrac{u}{c}$, să se calculeze $\left(\dfrac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus}}$, $\left(\dfrac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{retur}$ și $\left(\dfrac{\Delta t}{\Delta t'}\right)_{\text{dus-int}\,ors}$ și să se compare astfel valorile duratelor fiecărui fenomen măsurate în cele două sisteme de referință. Analizați cazul la limită $u \ll c$.

d. Știind frecvența semnalului emis de pe racheta cosmică, ν'_0, măsurat de O′, *să se determine* frecvența semnalului întors după reflexia acestuia pe suprafața oglinzii O și recepționat de observatorul O', măsurat tot de O′. Presupunem că reflexia pe oglindă se produce normal pe aceasta și fără modificarea frecvenței semnalului.

Subiectele au fost propuse de:
Prof. Dr. Gabriel FLORIAN*, Colegiul Național „Carol I”, Craiova*
Prof. Dr. Luciu ALEXANDRESCU*, Colegiul Național „Dr. Ioan Meșotă”, Brașov*
Prof. Dr. Mihail SANDU*, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești*
Prof. Sorin TROCARU*, Liceul Teoretic „Aurel Vlaicu”, Breaza*

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE

FIȘĂ DE RĂSPUNS - Clasa a XII-a
Subiectul 1.b.

b.1.

θ / °	$\cos\theta$	λ' / pm
65	0,42	
70	0,34	
75	0,26	
80	0,17	
85	0,09	
90	0,00	
95	-0,09	
100	-0,17	
105	-0,26	

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE

FIȘĂ DE RĂSPUNS

Clasa a XII-a, Subiectul 1.b. (continuare)

b.1.	