Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

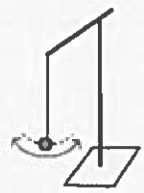
VI

Problema 1 **(10 puncte)**

Periodicități și erori

Un pendul gravitational este un sistem format dintr-un corp, de mici dimensiuni, suspendat de un punct fix, prin intermediul unui fir inextensibil. Perioada de oscilație reprezintă timpul în care corpul suspendat efectuează o oscilație completă, revenind astfel în poziția inițială.

a) Un elev determină perioada unui pendul gravitațional. Pentru aceasta pune pendulul în oscilație, numără N oscilații și cronometrează durata lor, t. Repetând experimentul de 7 ori, pentru număr de oscilații ales de fiecare dată la întâmplare, el obține următoarele valori:



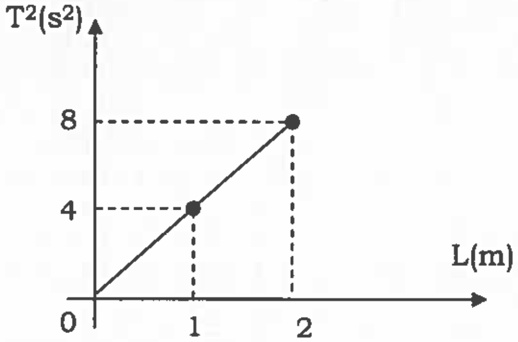
N	5	7	5	10	15	12	9
t (s)	4,12	6,3	14,34	8,38	12,87	10,3	7,53

Alcătuiește un tabel de date, corespunzător modelului care urmează, în care să fie trecute valorile măsurate, valoarea medie a perioadei, erorile de măsură absolute și eroarea medie. Să se scrie rezultatul final, luând în considerare doar măsurătorile care pot fi apreciate ca fiind corecte. (Consideră în calcul două zecimale).

Nr. Crt.	*N*	*t (s)*	*T (s)*	T_{medie} *(s)*	ΔT *(s)*	ΔT_{medie} *(s)*
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

b) Elevul în cauză dorește să determine lungimea L a unui pendul gravitational format dintr-o sferă de diametrul d și un fir prins, într-un punct, de suprafața sferei.
Astfel, el măsoară lungimea x a firului și diametrul d al bilei. Știind că $x = (95.8 \pm 0.1)$ cm iar $d = (4.60 \pm 0.04)$ cm, determină lungimea L și eroarea absolută ΔL.

c) Măsurând perioada T de oscilație a unui pendul gravitational în funcție de lungimea L a pendulului s-a obținut, pe baza datelor respective, reprezentarea grafică din figura alăturată.
Se cunoaște că perioada de oscilație a unui astfel de pendul depinde de lungimea lui conform relației $T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$ unde g este o mărime fizică numită accelerație gravitațională, iar $\pi = 3{,}14$ este un număr irațional a cărei valoare numerică, aproximativă, este cea precizată anterior. Folosind reprezentarea grafică determină accelerația gravitațională g.

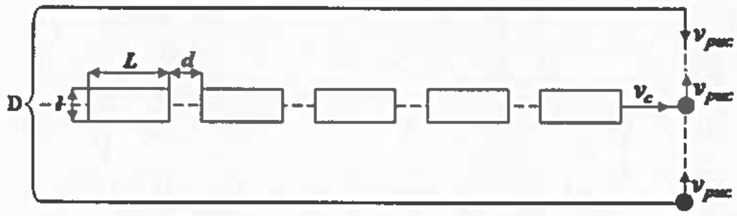


Problema 2 **(10 puncte)**

1. Fiecare dintre problemele 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Jocuri electronice

Unul dintre primele jocuri electronice consta în deplasarea unui puc(un corp cu dimensiuni neglijabile) printre diferite corpuri, astfel încât acestea să nu fie atinse. Andrei trebuie să "conducă" o coloană de corpuri dreptunghiulare identice cu lățimea $l = 50mm$ și lungimea $L = 100mm$, aliniate unul în spatele celuilalt la distanțe egale, $d = 20mm$. Coloana se deplasează cu viteza constantă $v_c = 10\,{}^{mm}\!/_{s}$, pe axul unei benzi de circulație rectilinii care are lățimea D așa cum se vede în desenul de mai jos.



Pucul se deplasează perpendicular pe banda de circulație, dus-întors, între marginile acesteia, păstrându-și viteza constantă (se consideră că schimbarea de sens de mișcare la marginea benzii se realizează instantaneu).

a) Care este viteza minimă v_1 cu care trebuie să se deplaseze pucul astfel încât acesta să treacă printre două dreptunghiuri consecutive, fără să le atingă?

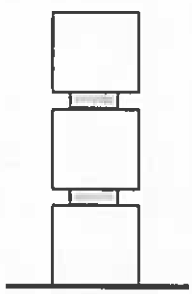
b) Dacă pucul se deplasează cu viteza $v_2 = 25mm/s$, ce lățime trebuie să aibă banda, astfel încât pucul și coloana să se poată deplasa fără să se atingă?

c) Andrei setează viteza pucului $v_3 = 10cm/s$. Pucul pornește de pe axul drumului în momentul în care distanța de la acesta la primul dreptunghi din coloană devine de $x = 1cm$. Considerând că deplasarea coloanei rămâne $v_c = 10mm/s$ și lățimea benzii este $D = 30cm$ calculează de câte ori este traversat primul dreptunghi din coloană și momentul de timp când pucul intră prima oară peste acesta.

Problema 3 **(10 puncte)**

Turnuri cu lipici

Pe masa de laborator Gigel are trei cuburi, fiecare cu latura $l_C = 5\text{cm}$. Un cub este din aluminiu cu densitatea $\rho_1 = 2700\ {}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^3}$, al doilea din fier cu densitatea $\rho_2 = 7800\ {}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^3}$,și al treilea din plumb cu densitatea $\rho_3 = 11400\ {}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^3}$. Cuburile se lipesc unul după altul cu un adeziv foarte puternic, care nu curge, având o compoziție asemănătoare cu plastilina, așa cum se vede în desenul alăturat. Straturile de adeziv cu care sunt lipite fiecare două cuburi au o grosime uniformă $d = 5mm$, și suprafața de contact cu fiecare cub $S_{ad} = 16\ \text{cm}^2$. După lipirea cuburilor, acestea sunt așezate pe verticală formând un"turn".



a) Calculați densitatea „turnului" știind ca densitatea adezivului este $\rho_{ad} = 1500\ {}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^3}$.

VI

b) „Turnul" se introduce vertical și așezat pe fundul unui pahar cilindric transparent și cu pereții foarte subțiri, care are aria bazei $S_p = 100cm^2$ și înălțimea $H = 10cm$, plin pe trei sferturi cu apă. Dacă notăm cu H_a înălțimea la care se află nivelul apei înainte de introducerea „turnului", și cu H_a' înălțimea la care se află nivelul apei după introducerea „turnului", calculează cu cât crește nivelul apei din pahar $\Delta H = H_a' - H_a$.

c) Presupunând că „turnul" se introduce în apa din pahar cu viteza constantă de $v_t = 1\ \mathrm{mm/s}$, calculează vitezele cu care urcă nivelul apei din pahar.

Subiect propus de:
prof. dr. Radu Murdzek – Școala Gimnazială Bozieni, Neamț
prof. Emil Necuță – Colegiul Național „Alexandru Odobescu", Pitești
prof. Florin Moraru – Colegiul Național „Nicolae Bălcescu, Brăila

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

VII

Excursia la munte

Un grup de elevi din clasa a VII-a, care se pregăteau pentru olimpiada de fizică au decis să meargă la sfârșit de săptămână, pentru două zile, la munte, pentru pregătire intensivă și odihnă activă. Încă de la plecarea cu trenul au decis să petreacă timpul discutând probleme de fizică...

Pentru toate problemele vei considera $g = 10\ \text{m/s}^2$.

Problema 1 – Trenul experimentelor **(10 puncte)**

Ioana a mers cu un profesor la cabina mecanicului de locomotivă și a cules niște date de la aparatele de pe bordul locomotivei (iată-le aici, în tabelul alăturat, unde v – viteza trenului, P – puterea locomotivei când trenul se deplasa cu viteza constantă v, pe o zonă orizontală). A mai aflat că este o zi în care afară nu bate vântul, că masa locomotivei este $M = 105\ \text{t}$, iar cele $n = 10$ vagoane identice au, fiecare, masa $m = 20\ \text{t}$. Ajunsă în compartiment, a formulat pentru colegii ei următoarele cerințe:

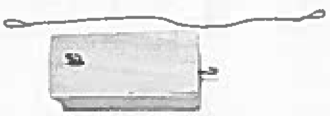
v (m/s)	P (kW)
5	75
10	180
15	345
20	600
25	975
30	1500
35	2205
40	3120

a. Folosește **Fișa de lucru "TREN"**, realizează reprezentarea grafică a dependenței de pătratul vitezei a forței de rezistență la deplasarea trenului, și elaborează o concluzie cu privire la modul în care depinde de viteză această forță.

b. Calculează puterea pe care o dezvoltă locomotiva pentru deplasarea trenului cu viteza constantă $v = 15$ m/s pe o pantă pe care altitudinea crește cu $20\ \text{m}$ la fiecare $1000\ \text{m}$ parcurși de tren.

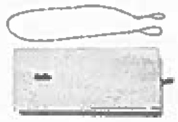
c. Ava și Dora fac parte din grupul de elevi olimpici. După ce au epuizat jocurile știute, au decis să facă și ceva util pentru pregătirea olimpiadei. Fetele au în rucsac un corp din lemn de forma unui paralelipiped, un fir elastic și o riglă gradată. Firul elastic nedeformat are lungimea $\ell_0 = 20$ cm. Dora propune să determine coeficientul de frecare la alunecare dintre corpul din lemn și suprafața orizontală a măsuței din tren, folosind firul elastic. Pentru aceasta, când trenul este oprit în stație, fetele procedează astfel:

1. Ava trage corpul cu viteză constată prin intermediul firului elastic paralel cu suprafața, iar Dora măsoară și notează lungimea firului alungit în tabelul următor:



ℓ_1 (cm)	23,8	24	24,2

2. Dora pune firul în două și suspendă vertical corpul de fir. În acest caz, Ava măsoară lungimea firului pus în două și notează valorile în tabelul următor:



ℓ_2 (cm)	14,8	15,2	15

Folosește valorile obținute de Ava și Dora și determină coeficientul de frecare la alunecare dintre corp și suprafața orizontală a măsuței.

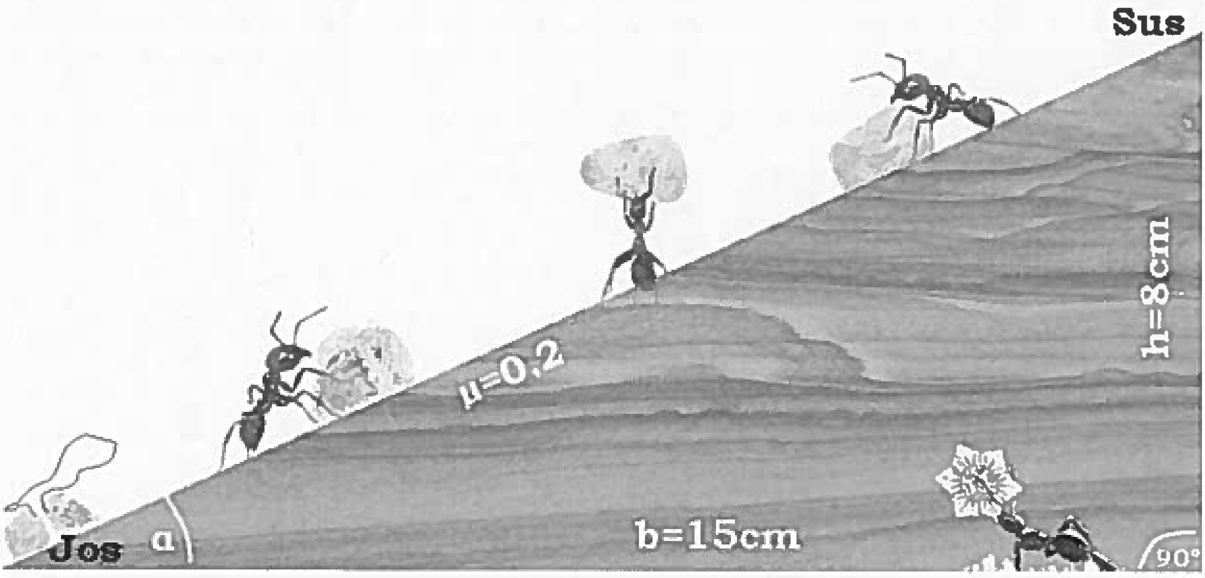
1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au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

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

VII

Problema 2 - Furnici **(10 puncte)**

Doi dintre băieți, pasionați de realizarea de imagini din natură, au observat încă înainte de plecare, în parcul din fața gării, un mușuroi de furnici cu activitate intensă: niște furnici scoteau mici grăunțe de nisip, ca să curețe locul în urma unor intemperii. Activitatea furnicilor a fost fotografiată, filmată, iar când au ajuns în



tren, au decis să rezolve problema de mai jos, pe care chiar ei au formulat-o:

Pentru a curăța galeriile mușuroiului, furnicile transportă grăunțele de nisip, considerate aproximativ identice, și având masa de $n = 25$ de ori mai mare decât masa unei furnci, urmând drumul de **Jos**, până **Sus**, pe o pantă ce poate fi considerată un plan înclinat, unde aruncă grăuntele de piatră, ***și înapoi*** - mergând cu viteză suficient de mică, constantă.

Furnica de jos și aceea de sus acționează asupra grăuntelui pe aceeași direcție, doar că una împinge grăuntele, iar alta îl trage. Cea din mijloc duce grăuntele în brațe. Se consideră porțiunea de mușuroi pe care merg furnicile ca fiind un plan înclinat, suficient de rigid, pe care furnicile merg fără să alunece. Coeficientul de frecare dintre grăunțe și planul înclinat este același peste tot. Datele problemei sunt cele din imagine. Notează cu ***M*** - masa unui grăunte și cu m – masa unei furnici.

a. Pentru furnica din mijloc, exprimă lucrul mecanic util și cel consumat, și află randamentul de utilizare a planului înclinat.
b. Pentru furnica de jos, ***sau*** pentru furnica de sus, reprezintă forțele ce acționează asupra grăuntelui, exprimă lucrul mecanic util, cel consumat, și calculează randamentul la ridicarea grăunțelor pe planul înclinat. Pentru rezolvarea acestui punct, ai la dispoziție un ajutor, oferit de colegi, **Fișa de lucru "FURNICI"**, pe care trebuie să o returnezi cu soluția la problemă.
c. Presupunem că două grăunțe aflate jos sunt conectate între ele cu un fir de păianjen elastic și foarte ușor, cu constanta de elasticitate $k = 20$ mN/m și lungimea nedeformată $l_0 = 8$ cm. O furnică (ce are masa $m = 5$ mg) agață un grăunte și începe să îl târască în sus pe direcția de pantă maximă, până când se urnește și al doilea grăunte. Ce lucru mecanic a cheltuit furnica? Pentru răspuns te poți folosi de **Fișa de lucru "FURNICI"**.

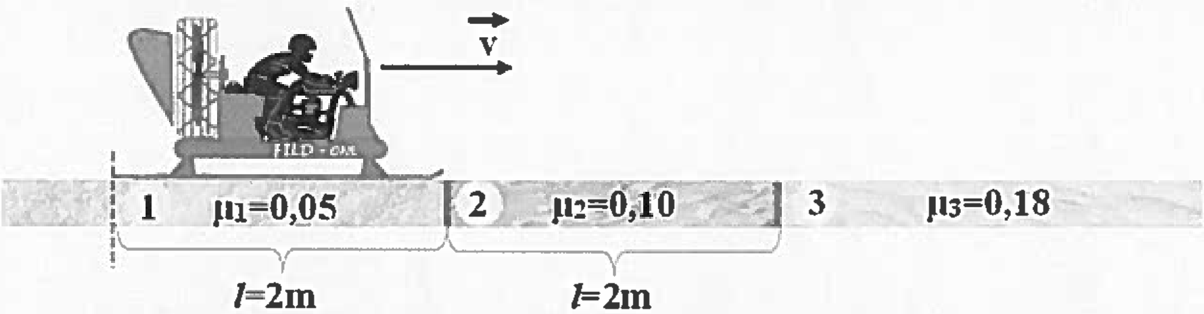
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

VII

Problema 3 - Aeroglisorul **(10 puncte)**

După amiază, Andrei a ieșit la plimbare pe o zonă plană, orizontală, cu aeroglisorul (un vehicul pe schiuri ultramodern, cu propulsia realizată de o elice specială, cu pilot automat etc.) și, deoarece a văzut că urmează niște zone cu tipuri diferite de zăpadă, a fixat pilotul automat la viteza $v = 0{,}5\ \frac{m}{s}$. În consecință, indiferent de intensitatea forțelor de frecare la alunecare, computerul de bord controlează motorul astfel încât acesta să asigure o forță de tracțiune paralelă cu schiurile, adaptată pentru ***menținerea vitezei stabilite***. Întors la locul de cazare, Andrei și-a notat datele de pe teren și a prezentat colegilor fizicieni spre rezolvare o problemă numai bună de antrenament. La datele de mai sus a mai adăugat masa totală a aeroglisorului, $m = 200$ kg, precum și precizarea că, datorită construcției lor, schiurile asigură de-a lungul lor o apăsare uniformă pe zăpadă, iar rezistența la înaintare opusă de aer este nesemnificativă. Consideră $t_0 = 0$ s momentul prezentat în figură, când talpa schiului aeroglisorului este pe punctul de a intra pe porțiunea 2.

a. Consideră un moment t, până la care mobilul a parcurs o distanță x. Determină expresia dependenței



de timp a forței de tracțiune, până când porțiunea posterioară a aeroglisorului ajunge în zona 3. Folosește **Fișa de lucru "Aeroglisor UNU"**.

b. Reprezintă forța rezultantă cu care aeroglisorul acționează asupra suprafeței pe care se deplasează, când se află în totalitate în zona 3, determină expresia modulului acesteia și calculează valoarea ei numerică. Folosește **Fișa de lucru "Aeroglisor DOI"**.

c. Reprezintă grafic modulul forței de tracțiune dezvoltate de elicea aeroglisorului, în funcție de coordonata curentă x a capătului anterior al mobilului, până când aeroglisorul ajunge complet pe zona 3 și determină valoarea lucrului mecanic cheltuit. Folosește **Fișa de lucru "Aeroglisor DOI"**.

Subiect propus de:
prof. Ion Băraru, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân" – Constanța,
prof. Liviu Blanariu, CNPEE – București
prof. Daniel Lazăr, Colegiul Național „Iancu de Hunedoara" - Hunedoara
prof. Florin Măceșanu, Școala Gimnazială „Ștefan cel Mare"- Alexandria

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

VII

Fișa de lucru „TREN"

ACEASTĂ FIȘĂ FACE PARTE DIN SOLUȚIE, ȘI SE RETURNEAZĂ FĂRĂ DATE DE IDENTIFICARE, ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE!

v (m/s)	P(kW)		
5	75		
10	180		
15	345		
20	600		
25	975		
30	1500		
35	2205		
40	3120		

Concluzie:

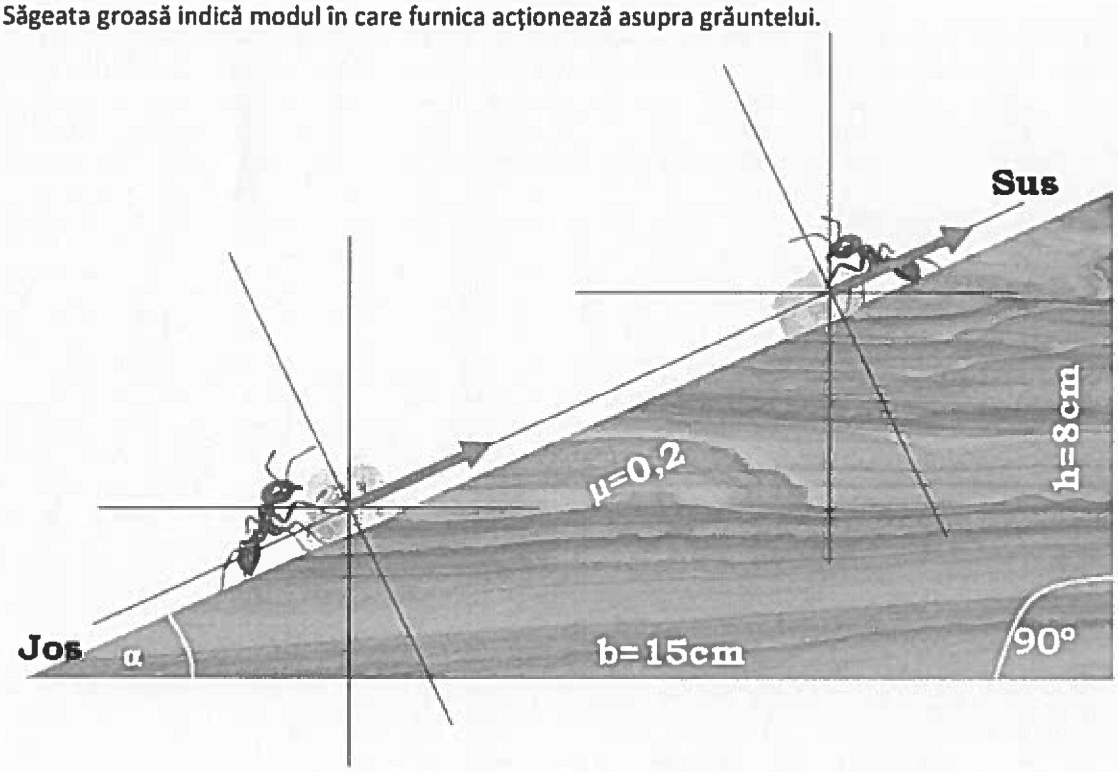
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

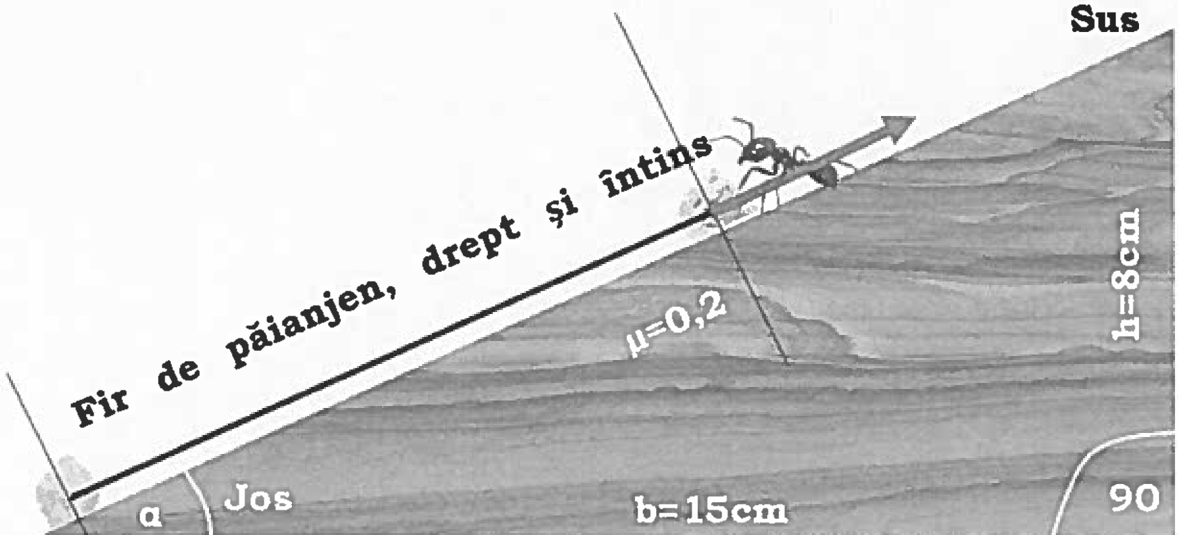
VII

Fișa de lucru: FURNICI

ACEASTĂ FIȘĂ FACE PARTE DIN SOLUȚIE, ȘI SE RETURNEAZĂ FĂRĂ DATE DE IDENTIFICARE, ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE!

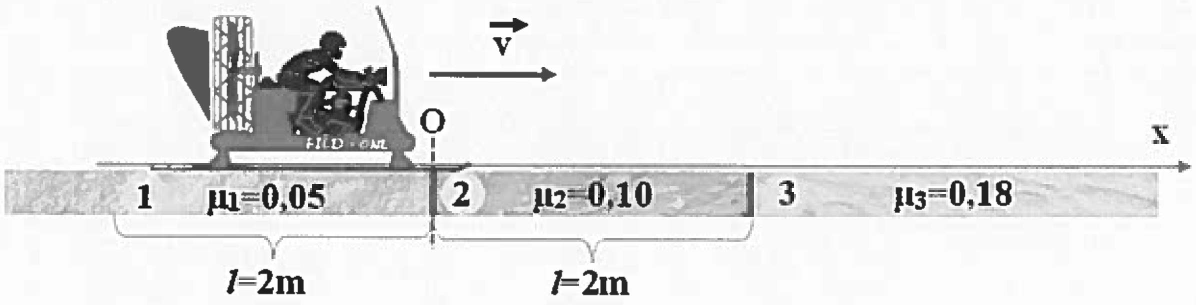
Săgeata groasă indică modul în care furnica acționează asupra grăuntelui.

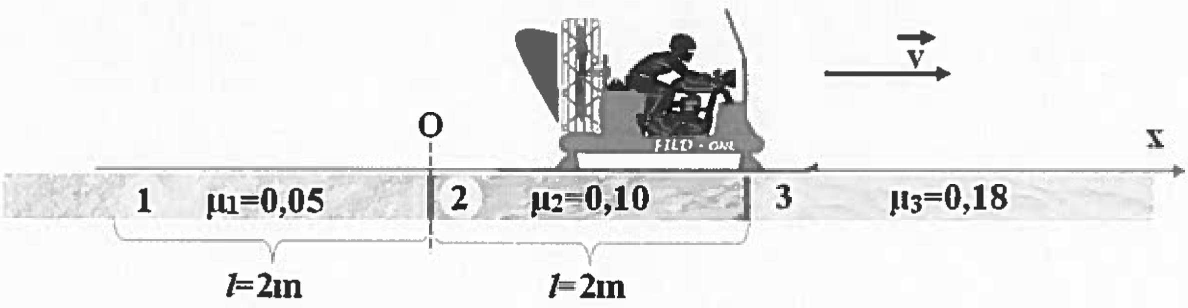




Fișa de lucru "Aeroglisor UNU"

ACEASTĂ FIȘĂ FACE PARTE DIN SOLUȚIE, ȘI SE RETURNEAZĂ FĂRĂ DATE DE IDENTIFICARE, ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE!





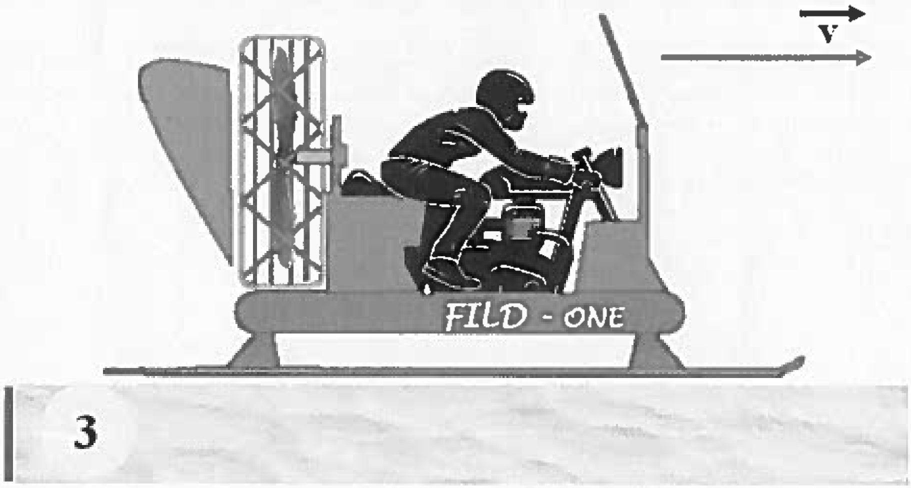
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

VII

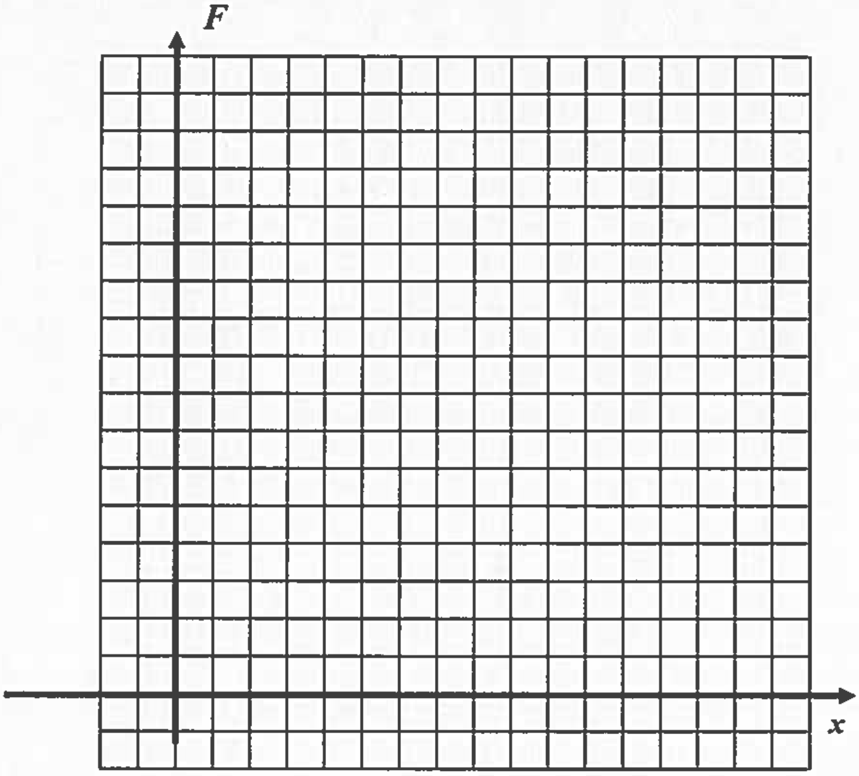
Fișa de lucru "Aeroglisor DOI"

ACEASTĂ FIȘĂ FACE PARTE DIN SOLUȚIE, ȘI SE RETURNEAZĂ FĂRĂ DATE DE IDENTIFICARE, ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE!

b.



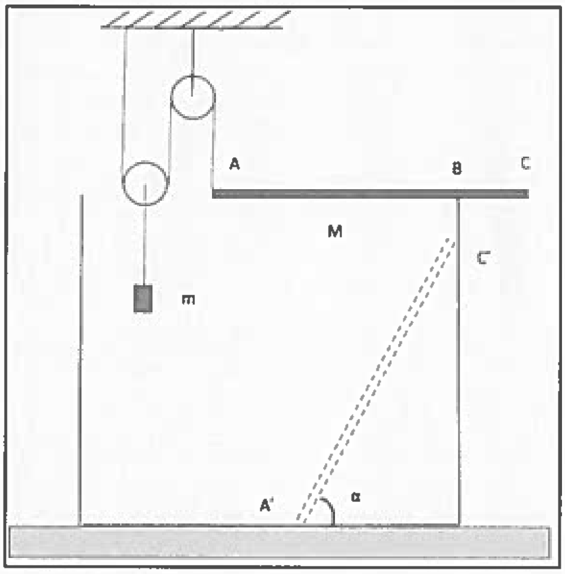
c.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
19 martie 2022

VIII

Problema 1 - Experimente în laboratorul de fizică (10 puncte)



Un grup de elevi din clasa a VIII-a realizează dispozitive experimentale pentru determinarea valorilor unor mărimi fizice. Maria așază o tijă cilindrică, dintr-un material omogen, de lungime $AC = l = 1{,}2$ m, pe marginea unui vas transparent din sticlă, având dimensiuni suficient de mari, iar Alex leagă de capătul A al tijei, un fir trecut peste un sistem de scripeți ideali.

a) Calculați masa M a tijei, știind că aceasta rămâne în poziție orizontală atunci când distanța $BC = x = 0{,}3$ m, iar de scripetele mobil se suspendă un corp cu masa $m = 0{,}4$ kg.

b) Sistemul de scripeți fiind îndepărtat, copiii toarnă suficientă apă în vas (densitatea apei, $\rho_{apă} = 1\,g/\text{cm}^3$), după care Alex sprijină tija de peretele vasului (poziția $A'C'$), iar Maria măsoară unghiurile (dintre direcția tijei și direcția orizontală) pentru care tija, lăsată liberă, nu alunecă. Determinați coeficientul de frecare la alunecare dintre tijă și fundul vasului, știind că unghiul minim dintre tijă și suprafața orizontală, pentru care tija rămâne în repaus, este $\alpha = 60°$. Tija se află în întregime în apă iar forța de frecare dintre tijă și peretele vertical al vasului se neglijează.

c) Se scoate apa din vas și se înlocuiește prima tijă cu o altă tijă de dimensiuni identice, dar din alt material. Se toarnă apă în vas, astfel încât tija sprijinită de peretele vasului să fie scufundată parțial în apă. Se constată că tija începe să alunece în condițiile în care centrul ei de greutate se află pe suprafața de separare apă-aer și $tg\beta = 2$, β fiind unghiul făcut de tijă cu orizontala. Cunoscând densitatea materialului din care este confecționată tija, $\rho = 2{,}5\,g/\text{cm}^3$, determinați coeficientul de frecare dintre tijă și pereții vasului, același pentru ambele suprafețe de contact.

Problema 2 - Apă, fier, gheață (10 puncte)

O cuvă având capacitatea calorică $C = 400\,J/K$ conține apă cu masa $m_1 = 1{,}5\,kg$, ($c_1 = 4{,}18\,J/(g \cdot °C)$), la temperatura $t_1 = 20°C$. În cuvă se introduce o piesă de fier ($c_2 = 0{,}497\,kJ/(kg \cdot °C)$) de masă $m_2 = 300\,g$, având temperatura $T_2 = 363\,K$.

a) Calculează temperatura apei din cuvă după introducerea piesei de fier și stabilirea echilibrului termic.

b) În cuvă se toarnă masa $m_3 = 1\,kg$ de gheață cu $c_3 = 2090\,J/(kg \cdot °C)$, $\lambda_{top} = 335\,kJ/kg$, $\lambda_{vap} = 2{,}3\,MJ/kg$) la temperatura $t_3 = -20°C$. Calculează masa de apă din cuvă în starea finală.

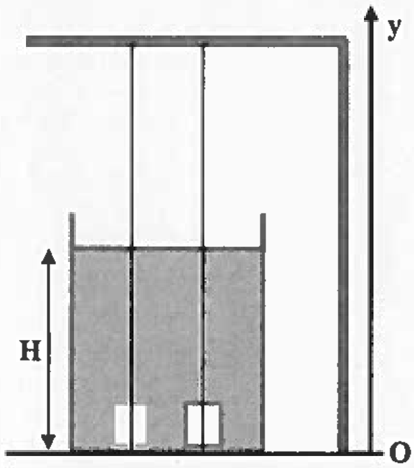
c) Gheața rămasă în cuvă se transferă în alt vas de capacitate calorică neglijabilă.
Calculează masa de alcool ($q = 27\,MJ/kg$) pe care o consumă un încălzitor, cu randamentul $\eta = 40\%$, pentru a transforma în vapori întreaga cantitate de gheață transferată în al doilea vas.

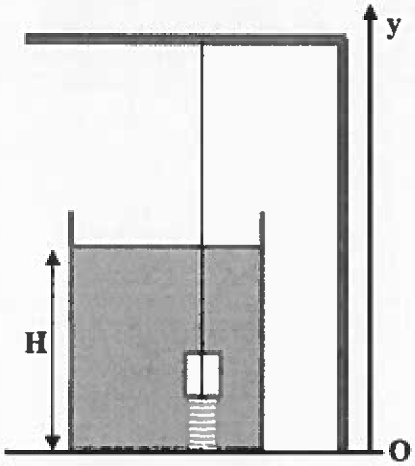
1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au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

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
19 martie 2022

VIII

Problema 3 - Corpuri în lichid (10 puncte)





Elevii clasei a VIII-a participanți la Târgul de Știință, au realizat un set de experimente ingenioase utilizând lichide aflate în echilibru. Ei au confecționat un vas paralelipipedic transparent cu dimensiuni mari, iar la baza vasului, în interior, au fixat sisteme de prindere a două corpuri de formă cilindrică, de înălțimi egale cu $a = 4$ cm și densități ρ_1și ρ_2. Fiecare corp poate aluneca fără frecare pe un fir foarte subțire fixat la baza vasului și care trece prin corpuri pe axa lor de simetrie. Firul este vertical și este legat la capătul superior de un suport aflat deasupra vasului. Vasul cu corpurile fixate la bază, a fost umplut cu apă ($\rho = 1\ \mathrm{g/cm^3}$) până la înălțimea $H = 30$ cm. Eliberând primul corp s-a observat că acesta iese din apă și ajunge la o înălțime egală cu $h_1 = 10$ cm, iar eliberând al doilea corp, acesta ajunge la înălțimea $h_2 = 8$ cm. Înălțimea măsurată reprezintă poziția centrului de greutate al corpului față de suprafața apei din vas. Accelerația gravitațională poate fi considerată $g \simeq 10\ \mathrm{m/s^2}$, iar forțele de frecare dintre corpuri și mediile exterioare sunt neglijabile.

a) Calculează raportul vitezelor celor două corpuri $\frac{v_1}{v_2}$, imediat după ieșirea completă din apă.

b) Află densitatea corpului 1.

c) Se scoate apa din vas și se îndepărtează corpul 1. Se fixează la baza vasului capătul inferior al unui resort care are lungimea în stare nedeformată $l_0 = 10$ cm. Se comprimă resortul cu $x = 3$ cm cu ajutorul unui opritor, apoi se fixează de capătul superior al resortului, corpul 2. Se cunosc aria bazei $S_2 = 4\ \mathrm{cm^2}$ și densitatea $\rho_2 = 0{,}75\ \mathrm{g/cm^3}$. Se toarnă în vas o soluție de apă cu sare care după un timp are densitatea variabilă cu înălțimea stratului de lichid, conform relației: $\rho = \rho_0 - b \cdot y$, unde $\rho_0 = 1{,}5\ \mathrm{g/cm^3}$, iar $b = 0{,}01\ \mathrm{g/cm^4}$. Înălțimea lichidului din vas este $H = 30$ cm. Calculează valoarea maximă a constantei de elasticitate a resortului, astfel încât după eliberarea resortului, corpul 2 să nu iasă din apă.

Subiect propus de:

prof. dr. Ana-Cezarina Moroșanu - Colegiul Național „Petru Rareș" Piatra Neamț
prof. Corina Dobrescu - Colegiul Național de Informatică „Tudor Vianu" București
prof. Cristina Anghel - Liceul Teoretic „Ovidius" Constanța

1. Fiecare dintre problemele 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

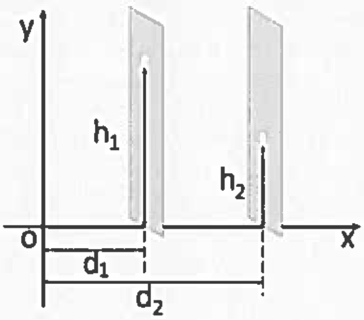
IX

Problema 1 **(10 puncte)**

Aruncătorul de bile

În originea unui sistem de referință xOy legat de sol, având axa Ox orientată orizontal de la vest la est și axa Oy orientată vertical în sus, se află un aruncător de bile. Aruncătorul lansează o bilă pe o direcție oblică spre est, sub un unghi $\theta\,(0^\circ < \theta < 90^\circ)$ față de orizontală.

a) În fața aruncătorului sunt așezate două paravane verticale, perpendiculare pe axa Ox, situate la distanțele $d_1 = 20\ \text{cm}$, respectiv $d_2 = 40\ \text{cm}$ față de locul lansării. În cele două paravane sunt practicate două orificii situate la înălțimile $h_1 = 40\ \text{cm}$, respectiv $h_2 = 20\ \text{cm}$, așa cum este ilustrat în figura alăturată. Determinați valoarea unghiului θ și valoarea vitezei inițiale v_0 astfel încât bila să treacă prin cele două orificii. Se neglijează frecările cu aerul, iar accelerația gravitațională se consideră $g = 10\ \text{m/s}^2$.



b) Se elimină paravanele și se modifică unghiul θ de lansare al bilei $(0 < \theta < 90^\circ)$. Asupra bilei acționează, suplimentar, o forță orizontală și constantă, orientată de la est spre vest, în planul xOy al mișcării. Modulul acestei forțe este $F = kmg$, unde k este o constantă pozitivă.

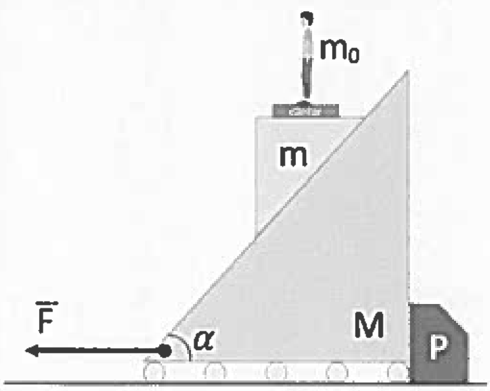
Determinați expresia timpului în care bila atinge înălțimea maximă și expresia timpului în care coordonata pe axa Ox a bilei, măsurată spre vest, devine maximă, în funcție de viteza inițială v_{01}, de valoarea unghiului θ sub care este lansată bila și de constanta k.

c) Schițați (*calitativ*) forma geometrică a traiectoriei bilei, în funcție de valorile posibile ale parametrului $k\,tg\theta$, în condițiile punctului b). Justificați răspunsul dat.

Problema 2 **(10 puncte)**

Corpuri prismatice mobile

Sistemul mecanic prezentat în figura alăturată este format dintr-o prismă cu masa $M = 200\text{kg}$ așezată pe o podea orizontală, o piedică P fixată pe podea și o pană (*o a doua prismă*) care poate aluneca pe suprafața înclinată a prismei M. Coeficientul de frecare la alunecare dintre cele două prisme este $\mu = 0{,}5$. Prisma M este prevăzută cu un sistem de rotile care îi asigură o deplasare fără frecare pe podeaua orizontală, iar suprafața înclinată a acestei prisme face unghiul $\alpha = 53^\circ$ cu orizontala ($\sin\alpha \cong 0{,}8$ și $\cos\alpha \cong 0{,}6$). Pe suprafața orizontală a penei este fixat un cântar pe care stă un om cu masa $m_0 = 50\text{kg}$. Cântarul poate măsura doar acțiuni verticale, iar accelerația gravitațională e considerată $g = 10\text{m/s}^2$. Pana și cântarul au împreună masa $m = 50\text{kg}$.



Prisma M poate fi acționată cu o forță orizontală $\vec{F}$, așa cum este ilustrat în figură. În conformitate cu datele prezentate mai sus și considerând coeficientul de frecare statică aproximativ egal cu cel de frecare la alunecare, se poate arăta că, pentru valori ale forței cuprinse între 1500N și 16500N pana este în repaus față de prismă.

a) Determinați indicația cântarului în situația în care forța $\vec{F}$ este nulă, pana alunecă pe suprafața prismei iar omul rămâne în repaus față de cântar în timpul mișcării.

b) Determinați valorile modulului forței $\vec{F}$ pentru care mărimea forței de frecare dintre pană și prismă are valoarea $F_f = 200N$, în condițiile în care omul rămâne în repaus față de cântar în timpul mișcării.

c) Se reia experimentul aplicând în locul forței $\vec{F}$, o altă forță pe aceeași direcție, în același sens, dar având modulul $F_0 = 900N$. Omul aflat pe cântar poartă de data aceasta patine cu rotile și este poziționat în așa fel încât se poate mișca fără frecare pe direcție orizontală față de cântar în planul mișcării, ilustrat în figură. Determinați modulele accelerațiilor față de pământ ale prismei, penei și omului.

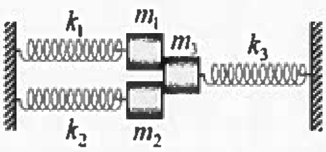
1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au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

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

IX

Problema 3 (10 puncte)

Trei resorturi și trei corpuri



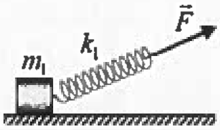
În figura alăturată (*vedere de sus*) este ilustrat un sistem mecanic format din trei corpuri de dimensiuni mici, asimilabile unor puncte materiale cu masele m_1, m_2 și m_3, așezate pe o masă orizontală pe care se pot mișca fără frecare și care sunt legate de pereții rigizi și imobili prin trei resorturi cu constantele elastice k_1, k_2 și k_3. Corpul m_3 este lipit în mod simetric de corpurile m_1 și m_2, iar fiecare resort este tensionat prin alungire. În starea nedeformată, resorturile k_1 și k_2 aveau aceeași lungime. Masa celor trei resorturi este neglijabilă. Sistemul mecanic se află în repaus, iar distanțele de la corpurile m_1 și m_2 la peretele de care acestea sunt legate sunt egale. Lucrul mecanic total efectuat pentru alungirea resorturilor din starea lor nedeformată până în starea în care corpurile sunt lipite și în repaus este L.

a) determinați constanta elastică echivalentă k_e a sistemului format din resorturile k_1 și k_2;

b) determinați alungirea fiecărui resort, respectiv x_1, x_2 și x_3;

c) La un moment dat lipitura se desface de la sine și corpurile încep să oscileze unidimensional, în mod independent. Determinați vitezele maxime v_{1max}, v_{2max} și v_{3max} atinse de fiecare corp în timpul oscilațiilor.

d) Corpul m_1 împreună cu resortul k_1 de care acesta este legat se așază separat pe o altă suprafață plană orizontală și rugoasă. Se trage lent de capătul liber al resortului, pe o direcție oblică în plan vertical, cu o forță minimă care să asigure alunecarea uniformă a corpului m_1 pe suprafața rugoasă. În această situație alungirea resortului este x_{01}. Determinați coeficientul de frecare la alunecare dintre corp și suprafața rugoasă.



Subiect propus de:
prof. Florina Bărbulescu, CNPEE București
prof. Gabriela Alexandru, Colegiul Național "Grigore Moisil" București
prof. Florin Butușină, Colegiul Național "Simion Bărnuțiu" Șimleu Silvaniei

1. Fiecare dintre problemele 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

X

Problema 1 Optică geometrică (10 puncte)

Sebastian primește cadou de "Ziua Cercetătorului" o trusă de lentile subțiri de diferite forme și mărimi. Dorind să dobândească o mai bună înțelegere asupra fenomenelor optice, Sebastian, folosind trusa, camera foto de la telefonul mobil, un tub luminos și o riglă, face diferite experimente de optică.

A. (4 puncte)

În primul experiment, tubul luminos de lungime $h_1 = 12$ cm este așezat perpendicular pe axa optică principală (**aop**) a unei lentile menisc convergent. Imaginea tubului prin lentilă se formează pe un ecran, pe care **aop** este perpendiculară. Notăm cu l_1 distanța **obiect real-focar obiect** și cu l_2 distanța **focar imagine-imagine reală.**

a. Realizați un desen în care să figurați mersul razelor de lumină de la obiect prin lentilă precum și distanțele l_1 și l_2. Exprimați distanțele **obiect-lentilă** și **lentilă-imagine** în funcție de l_1, l_2 și f_1;

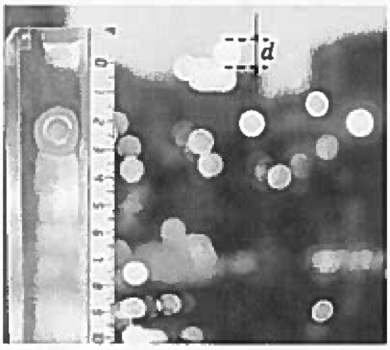
b. Pornind de la relația punctelor conjugate pentru o lentilă sferică subțire, în aproximația paraxială **deduceți** expresia distanței focale a lentilei (f_1) în funcție de distanțele (l_1), respectiv (l_2), $f_1 = f_1(l_1, l_2)$;

c. Determinați valoarea distanței focale a lentilei și a distanței dintre obiect și ecran (L), dacă $l_1 = 40$ cm și $l_2 = 90$ cm;

d. Deduceți expresia dimensiunii imaginii obiectului h_2 în funcție de dimensiunea obiectului h_1, l_1, l_2 și f_1, în aproximația paraxială. Determinați mărimile imaginilor reale ale tubului luminos formate de o lentilă cu distanța focală $f = 60$ cm dacă tubul și ecranul sunt menținute la o distanță fixă $L = 250$ cm.

B. (3 puncte)

În al doilea experiment, Sebastian vrea să determine diametrul lentilei camerei foto. Pentru aceasta folosește o riglă de plastic pe care o așază în dreptul geamului. Pe fotografia obținută (vezi figura alăturată) observă formarea imaginii riglei și a unor mici pete luminoase care provin de la obiecte punctiforme luminoase, îndepărtate, exterioare camerei. Sebastian măsoară mărimea imaginii celor $h_1 = 10$ cm de pe riglă și găsește $h_2 = 5{,}8$ cm, iar pentru pata luminoasă găsește $d = 5$ mm.



e. Realizați un desen cu formarea unei petei luminoase;

f. Determinați relația dintre distanța **focarul imagine-pata luminoasă** (l_2), distanța focală a lentilei (f), dimensiunea petei luminoase (d) și diametrul lentilei (D);

g. Determinați diametrul lentilei folosite, (D).

C. (2 puncte)

În ultimul experiment, Sebastian așază tubul luminos AB în lungul **aop** a unei lentile cu distanța focală $f = 40$ mm și diametrul $D = 8{,}0$ cm. Cel mai apropiat capăt al tubului, se află față de lentilă la distanța $d_A = 10$ cm. Ecranul, perpendicular pe **aop**, poate fi așezat la diferite distanțe de lentilă.

h. Determinați distanța de la ecran la lentilă astfel încât pe ecran să se obțină o pată luminoasă de dimensiuni minime;

i. Determinați dimensiunea minimă a petei luminoase.

1. Fiecare dintre problemele 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

X

Problema 2 Calorimetrie **(10 puncte)**

Ana încearcă să încălzească $m_m = 1$ kg de apă medicinală aflat la $t_1 = 0°C$ cu ajutorul a $m_d = 1$ kg de apă distilată având temperatura de $t_2 = 100°C$ și dorește să o încălzească la peste 60°C. Considerăm căldura specifică a apei medicinale egală cu cea a apei distilate. Ana dispune de un **vas având două părți**, acestea fiind în contact termic una cu cealaltă și izolate față de mediul înconjurător, contactul termic existând doar între cele două părți ale vasului (în continuare **vas dublu**). Se neglijează căldura schimbată de vas cu cele două lichide.

a. Prima dată, Ana încearcă următoarea metodă: în partea dreaptă toarnă întreaga cantitate de apă medicinală, iar în partea stângă întreaga cantitate de apă distilată, după care așteaptă pentru ca sistemul să ajungă la echilibru termic. *Calculați temperatura de echilibru, adică temperatura la care ajunge apa medicinală prin această metodă.* **(1punct)**

b.1. După prima încercare, Ana constată că nu a reușit să atingă temperatura dorită de 60°C. Astfel, ea încearcă o a doua metodă în modul următor: în partea dreaptă a **vasului dublu** toarnă întreaga cantitate de apă medicinală, și împarte apa distilată în trei părți egale. Folosește doar o treime din apa distilată aflată la 100°C, turnând-o în partea stângă a **vasului dublu.** După ce se atinge echilibrul termic, golește partea stângă a vasului dublu și toarnă din nou o treime din apa distilată aflată la 100°C în partea stângă a **vasului dublu.** Așteaptă din nou atingerea echilibrului termic și repetă procedura și cu ultima cantitate din apa distilată caldă. *Care va fi temperatura finală atinsă pentru apa medicinală după acești trei pași?* **(2 puncte)**

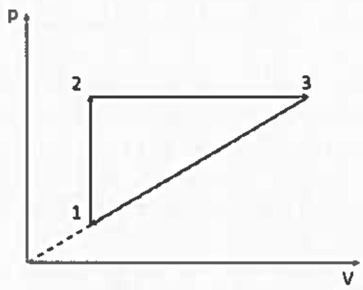
b.2. Ana observă că nici în acest mod nu a reușit să atingă temperatura dorită, deși conform acestei metode temperatura atinsă este mai ridicată decât în baza primei metode (de la subpunctul a). Astfel, se decide să împartă apa distilată în mai multe părți egale. *Care este numărul minim de părți egale, n, în care trebuie împărțită apa distilată caldă pentru ca apa medicinală să atingă temperatura dorită de 60°C?* **(2 puncte)**

c. Ana studiază temperatura finală a apei medicinale în funcție de numărul de părți în care împarte apa distilată conform subpunctului b2. *În baza rezultatului obținut la b.2 realizează un grafic al temperaturii apei medicinale în funcție de n. Pentru aceasta folosește-te de minimum 7 puncte diferite. Încearcă să unești punctele cu o curbă. Ce concluzie se poate trage în baza graficului?* **(4 puncte)**

1. Fiecare dintre problemele 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

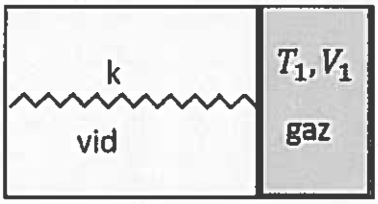
Problema 3 Transformări **(10 puncte)**

3.1 Un gaz ideal este supus transformării ciclice din figura alăturată. În starea 1 temperatura este $T_1 = 200$ K, iar în starea 2 temperatura este $T_2 = 300$ K. **(4,50 puncte)**



a. Calculează temperatura T_3 a gazului în starea 3.
b. Reprezintă grafic transformarea ciclică în coordonate (p, ρ), unde ρ este densitatea gazului.
c. Reprezintă grafic transformarea ciclică în coordonate (T, ρ)

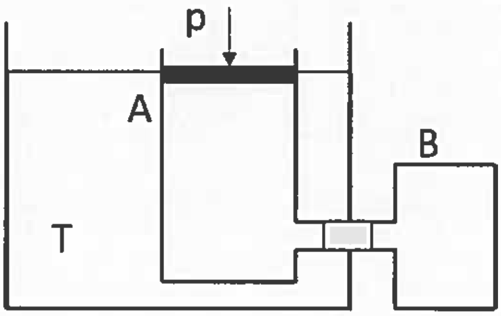
3.2 Într-un cilindru orizontal, închis la ambele capete, se găsește un piston mobil prins cu un resort de peretele din stânga al cilindrului, ca în figură. Resortul este perfect elastic iar pistonul se deplasează fără frecare. În partea din stânga, unde se află resortul, cilindrul este vidat, iar în partea dreaptă este umplut cu un gaz ideal cu căldura molară la volum constant C_V. Sistemul este izolat termic de mediul exterior iar capacitățile calorice ale cilindrului și pistonului se neglijează. Se cunoaște constanta universală a gazelor, R.



Inițial pistonul este blocat și resortul nu este deformat. Volumul ocupat de gazul cu temperatura T_1 este V_1. Pistonul este eliberat și, după stabilirea echilibrului volumul ocupat de gaz devine V_2. **(2,25 puncte)**

a. Găsește expresia pentru temperatura finală a gazului, T_2.
b. Se dau: $V_2 = 3V_1$, $T_1 = 330$ K și $T_2 = 270$ K. Calculează exponentul adiabatic al gazului ideal din cilindru.

3.3 Un gaz ideal cu exponentul adiabatic γ este închis într-un cilindru cu un piston mobil care se poate deplasa fără frecare. Cilindrul (A) se află într-un vas cu lichid care este păstrat la temperatura constantă T și este conectat cu al doilea vas (B) care este **izolat adiabatic** față de mediul exterior. Conexiunea este realizată printr-un tub subțire în care se găsește un *dop poros* care permite trecerea lentă a gazului (porțiunea de tub din exteriorul vasului cu lichid este izolată adiabatic). Inițial vasul B este vidat. Asupra gazului din cilindrul A se exercită o presiune constantă p și acesta trece lent în vasul B. Care va fi temperatura gazului din vasul B când procesul încetează? **(2,25 puncte)**



Subiecte propuse de:

***prof. Constantin GAVRILĂ**, Colegiul Național "Sfântul Sava", București*
***prof. VÖRÖS Alpár István Vita**, Liceul Teoretic "Apáczai Csere János", Cluj-Napoca*
***prof. Viorel SOLSCHI**, Colegiul Național „Mihai Eminescu", Satu Mare*

1. Fiecare dintre problemele 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

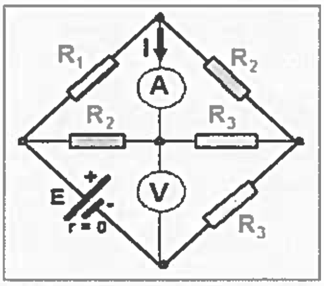
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

XI

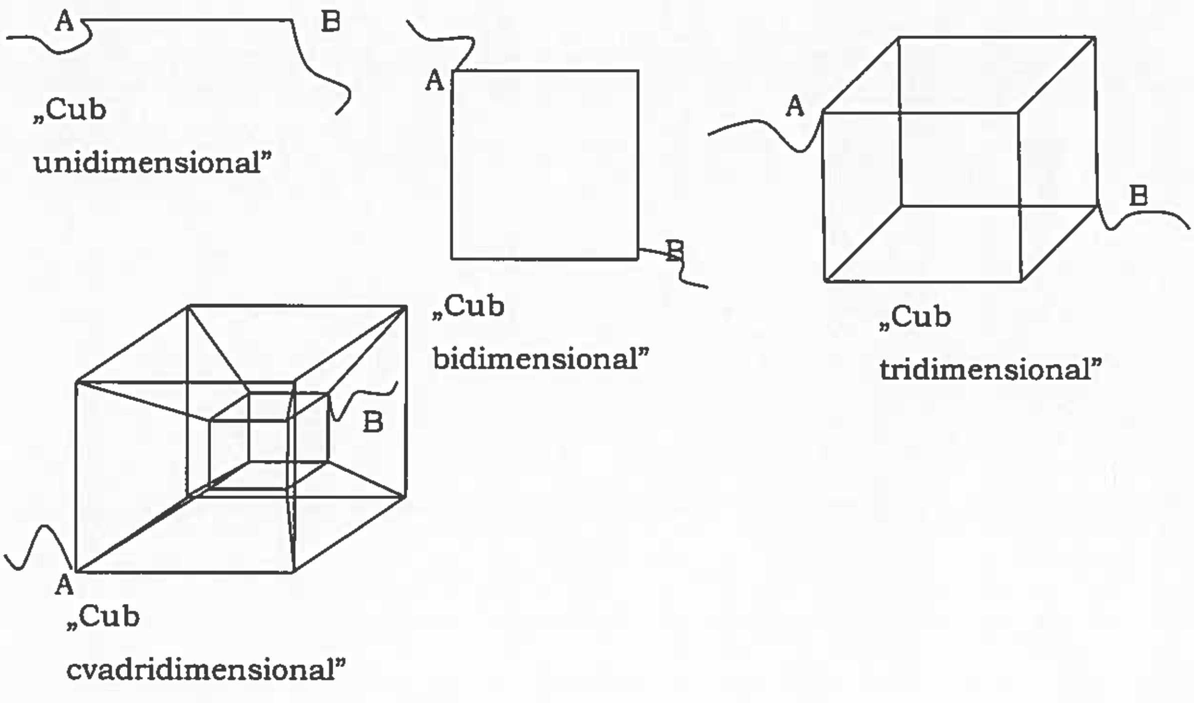
Subiectul 1 — *10 puncte*

A. Electrocinetică

a) În circuitul electric reprezentat în schema alăturată, se cunosc: $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 3\ \Omega$, iar ampermetrul indică un curent electric de intensitate $I_A = 2\text{ A}$. Ce valoare indică voltmetrul? Atât bateria electrică, cât și ampermetrul, respectiv voltmetrul se consideră ideale ($r = 0, R_A = 0, R_V \to +\infty$). (3 puncte)



b) Laturile unui cub sunt confecționate din fire conductoare de aceeași rezistență electrică, egale cu $R = 1\ \Omega$. Determinați rezistența echivalentă a sistemului de rezistoare între două puncte diametral opuse ale cubului (A și B) pentru: un „cub unidimensional" (un singur rezistor), un „cub bidimensional" (un pătrat), un „cub tridimensional" și un „cub cvadridimensional". Găsiți formula generală pentru rezistența echivalentă a unui cub „n-dimensional" (între două puncte diametral opuse ale cubului). (3 puncte)

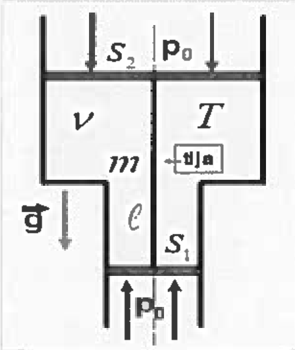


1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au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

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

XI

B. Pistoane oscilante



Două tuburi cilindrice, având ariile secțiunilor transversale S_1 și S_2 $(S_2 > S_1)$ sunt confecționate ca în *figura alăturată*, axa longitudinală a celor doi cilindrii fiind comună și verticală. Cu ajutorul a două pistoane, legate rigid între ele prin intermediul unei tije de lungime ℓ, se închid între ele ν moli de gaz ideal, având temperatura absolută T. Presiunea atmosferică în exterior este p_0. Masa totală a pistoanelor și a tijei rigide este m. Dacă ansamblul pistoanelor și tijei este scos ușor din poziția de echilibru și este apoi lăsat liber, sistemul începe să oscileze. Forțele de frecare, de orice natură, se neglijează. Determinați ***perioada micilor oscilații*** ale sistemului în funcție de mărimile fizice m, ν, T, S_1, S_2, p_0, constanta universală a gazelor perfecte R, accelerația gravitațională g și exponentul adiabatic al gazului γ, în următoarele cazuri:

a) temperatura absolută a gazului, T, nu se modifică în timpul oscilațiilor;
b) procesul termodinamic suferit de gaz, în timpul oscilațiilor este adiabatic.

(3 puncte)

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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

XI

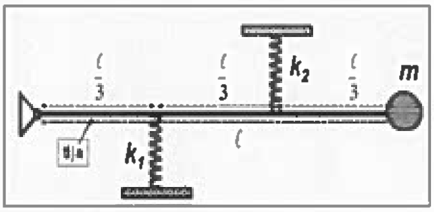
Subiectul 2 — *10 puncte*

A. Sisteme oscilante simple

a) Capetele unui resort elastic (format dintr-un număr mare de spire, având constanta de elasticitate k și masa m) se prind între ele, realizându-se un inel circular cu raza mult mai mare decât diametrul resortului. Se așază resortul pe o suprafață orizontală netedă, fără frecare. Alungim resortul păstrându-i forma circulară, după care îl lăsăm liber. Determinați viteza maximă a unei spire în cursul oscilațiilor produse între valorile extreme ale razelor R_{min} și R_{max} precum și perioada micilor oscilații radiale.

(2 puncte)

b) Sistemul din figură se află în echilibru pe un plan orizontal neted, fără frecare. Se cunoaște masa m a bilei de la capătul tijei precum și constantele de elasticitate k_1 și k_2 ale resorturilor. Acestea sunt perpendiculare pe tijă, iar locurile în care sunt fixate de tijă împart lungimea tijei în trei părți egale. Tija este rigidă, dar are masa neglijabilă. Axa de rotație de la celălalt capăt al tijei este verticală. Se scoate puțin bila din poziția de echilibru (în plan orizontal) și apoi este eliberată. Aflați perioada micilor oscilații în plan orizontal ale acestui sistem.



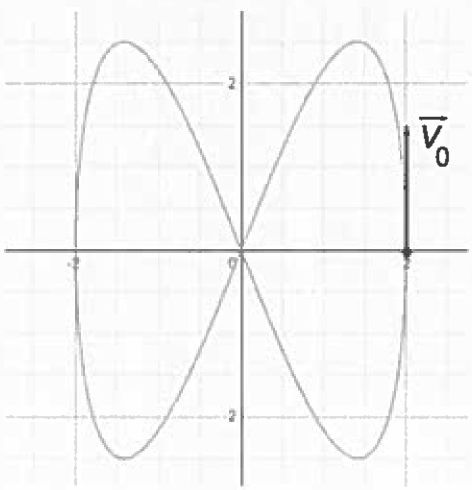
(3 puncte)

B. Oscilații compuse

Un corp, care poate fi asimilat unui punct material, participă la două interacțiuni de tip elastic pe direcțiile axelor Ox și Oy, ambele aflate în plan orizontal. Datorită acestor interacțiuni, corpul descrie traiectoria plană din figura alăturată. Valorile de pe axe sunt exprimate în centimetri. În momentul $t = 0$, viteza corpului este orientată la fel cu axa Oy, având valoarea $v_0 = 10\ \text{cm/s}$. Se cer:

a) legile de mișcare pe direcțiile celor două axe, adică $x = x(t)$ și $y = y(t)$; (2 puncte)

b) intervalele de valori pentru energia cinetică și pentru energia potențială elastică; se consideră că masa corpului este $m = 1\ \text{g}$ și nivelul de referință pentru energia potențială elastică este în originea sistemului de coordonate. (2 puncte)



Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

XI

Subiectul 3 *10 puncte*

A. Se efectuează un experiment pentru studierea oscilațiilor unui resort vertical, de care se suspendă diverse corpuri. Resortul are secțiune variabilă și respectă legea lui Hooke. Masa resortului este $m_r = 0{,}25\ \text{kg}$. Deoarece masa resortului nu este neglijabilă, trebuie să înlocuiți masa din ecuația perioadei oscilațiilor armonice, cu suma dintre masa corpului atârnat și masa efectivă a resortului. În cursul unor astfel de măsurători, efectuate în condiții de oscilații armonice s-au obținut următoarele date:

m (kg)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Δt (s)	8,7	10,5	12,2	13,9	15,1

m reprezintă masa corpului atârnat, iar Δt este durata a 10 oscilații complete.

a) Completați tabelul de valori cu datele necesare, reprezentați grafic, pe hârtia milimetrică atașată, pătratul perioadei de oscilație în funcție de masa suspendată de resort și determinați, din grafic, constanta elastică a resortului.

b) Determinați ponderea din masa resortului, reprezentată de masa lui efectivă.

B. O tavă plană, orizontală având masa $M = 1{,}5\ \text{kg}$ este atașată la capătul superior al unui arc ideal, vertical de constantă elastică $k = 185\ \text{N/m}$. Arcul este fixat la capătul inferior pe o podea plană, orizontală. Pe tavă este așezată, în repaus, o bilă, de dimensiuni neglijabile, cu masa $m = 275\ \text{g}$. Tava este împinsă în jos, până în punctul A, situat la $D = 15\ \text{cm}$ față de poziția de echilibru a sistemului și este eliberată brusc, din repaus. Pe tot parcursul mișcării, arcul rămâne vertical și tava orizontală. Se neglijează masa arcului și frecările cu aerul. Se va considera $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$.

a) La ce înălțime h, față de punctul A, se desprinde bila de tavă?

b) Cât timp t_1 trece între eliberarea sistemului în punctul A și momentul separării bilei de tavă?

c) Ce viteză v_1 are bila când se desprinde de tavă?

Subiecte propuse de:

prof. Liviu **ROTARU**, Colegiul Național *„Mihai Eminescu"*, Satu Mare;
prof. Ervin Zoltán **FALUVÉGI**, I.Ș.J. Sălaj;
prof. Dumitru **ANTONIE**, Liceul Tehnologic Nr. 2, Târgu Jiu;
prof. Cezar **GHERGU**, Colegiul Național *„Neagoe Basarab"*, Oltenița;
prof. Dorel **HARALAMB**, Colegiul Național *„Petru Rareș"*, Piatra Neamț.

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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
19 martie 2022
Probă scrisă

XII

Problema 1. „*Cutii negre*" ... *în curent alternativ* **(10 puncte)**

În cadrul unui proiect de cercetare a unor fenomene electromagnetice se utilizează un generator de frecvență variabilă, conductori de legătură și „cutii negre" (CN) ce conțin elemente de circuit. O etapă a proiectului a fost studiul unui circuit de curent alternativ (vezi Figura 1.1). În următoarea etapă, s-a propus schema rețelei electrice prezentate în Figura 1.2. Se consideră constanta $\pi = 3{,}14$.

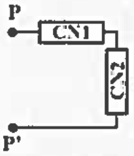


Figura 1.1

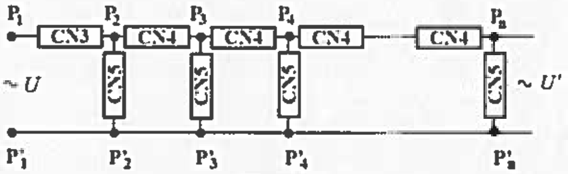


Figura 1.2

a. Între bornele P și P' ale porțiunii de circuit din Figura 1.1 s-a montat generatorul de frecvență variabilă. În cutia CN1 se află o grupare serie RLC, iar în cutia CN2 se află o grupare paralel RLC. Elementele de circuit din CN1 și CN2, sunt identice și au valorile date în tabelul de pe FIȘA DE RĂSPUNS. *Să se completeze* acest tabel utilizând pentru frecvență toate valorile de la 40,00 Hz până la 54,00 Hz, cu pasul de 2,00 Hz și *să se reprezinte* pe același grafic impedanțele cutiilor CN1 și CN2 în funcție de frecvență.

b. Rețeaua electrică din Figura 1.2 poate fi utilizată pentru realizarea instalației de iluminat a unei clădiri. Generatorul de curent alternativ are tensiunea efectivă $U = 220{,}00\,\mathrm{V}$ și frecvența $\nu = 50{,}00\,\mathrm{Hz}$ fixată. În cutia de tip CN3 se află o bobină cu inductanța $L = 50{,}00\,\mathrm{mH}$ și un rezistor cu rezistența electrică R_1, grupate în serie. Cutiile de tip CN4 sunt scoase din circuit și înlocuite cu fire conductoare cu rezistența electrică neglijabilă, iar în cutiile de tip CN5 se află becuri identice, fiecare bec având tensiunea nominală $U' = 120{,}00\,\mathrm{V}$. În aceste condiții, prin bobină trece un curent electric cu intensitatea efectivă $I = 2{,}00\,\mathrm{A}$.

b.1. *Să se determine* puterea disipată de cutia CN3 dacă se produce un scurtcircuit la instalația de iluminat.

b.2. *Să se determine* rezistența electrică echivalentă a becurilor, dacă puterea disipată în instalația de iluminat este maximă.

c. În rețeaua electrică din Figura 1.2 cutiile CN3, CN4 și CN5 pot conține rezistori cu rezistența electrică $R_2 = 10{,}00\,\Omega$, bobine cu inductanța $L = 50{,}00\,\mathrm{mH}$ și condensatori cu capacitatea electrică $C = 20{,}00\,\mu F$.

c.1. Se consideră cutiile CN3, CN4 și CN5 identice, iar impedanța rețelei nu depinde de numărul de celule. *Să se deducă* impedanța echivalentă a rețelei electrice în funcție de impedanța unei cutii și *să se precizeze* valoarea frecvenței generatorului pentru care impedanța echivalentă a rețelei electrice devine nulă, justificând răspunsul.

c.2. Presupunem că în fiecare cutie CN3 și CN4 se află doar câte o bobină (cu inductanța de mai sus), iar în fiecare cutie CN5 se află doar un condensator (cu capacitatea de mai sus). *Să se determine* frecvența generatorului în situația în care rețeaua electrică se comportă ca un filtru trece jos (potențialul punctului P_n este egal cu potențialul punctului P_1), considerând potențialul electric al punctului P_1' nul. Numărul de celule ale rețelei electrice este suficient de mare încât impedanța ei nu depinde de numărul de celule.

Problema 2. *Interferența luminii ...* **(10 puncte)**

Două surse de lumină coerente emit simultan două radiații monocromatice cu lungimile de undă $\lambda_1 = 600\,\mathrm{nm}$ și $\lambda_2 = 0{,}4\,\mu\mathrm{m}$. Distanța dintre surse este $s = 1\,\mathrm{mm}$, iar pe un ecran situat la distanța $d = 1{,}2\,\mathrm{m}$ față de planul surselor, paralel cu acesta, se observă o figură de interferență. În mijlocul ecranului este delimitat un pătrat cu latura $\ell = 6\,\mathrm{mm}$, astfel încât maximul central se află în mijlocul pătratului, iar franjele sunt paralele cu două din laturile acestuia.

a. *Să se determine* pozițiile de pe suprafața pătratului în care franjele luminoase coincid.

b. *Să se precizeze* numărul maxim de franje luminoase distincte ce sunt observate în interiorul pătratului și pozițiile acestora.

c. Se așează a treia sursă de lumină, identică primelor două surse, la mijlocul distanței dintre ele. În fața celor trei surse se plasează un filtru de absorbție al radiației cu lungimea de undă λ_2. *Să se determine* pozițiile maximelor și minimelor de interferență situate în interiorul pătratului. *Să se calculeze* raportul intensităților celor două tipuri de franje luminoase observate.

Problema 3. *TRR – Invarianța vitezei luminii* **(10 puncte)**

În desenul din Figura 3.1, sistemul inerțial R', cu originea în O', se deplasează cu viteza constantă $\vec{u}$, în raport cu sistemul inerțial R, cu originea în O, astfel încât, la momentul inițial, $t' = t = 0$, cele două origini au coincis.

1. Fiecare dintre problemele 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 problemă se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Vitezele unei particule P, raportate la cele două sisteme de referință inerțiale, R' și respectiv R, sunt constante, $\vec{v}'$ și respectiv $\vec{v}$. Fiecare dintre aceste viteze are o componentă paralelă cu $\vec{u}$ și o componentă perpendiculară pe $\vec{u}$, astfel încât: $\vec{v}' = \vec{v}'_{//} + \vec{v}'_{\perp}$; $\vec{v} = \vec{v}_{//} + \vec{v}_{\perp}$.

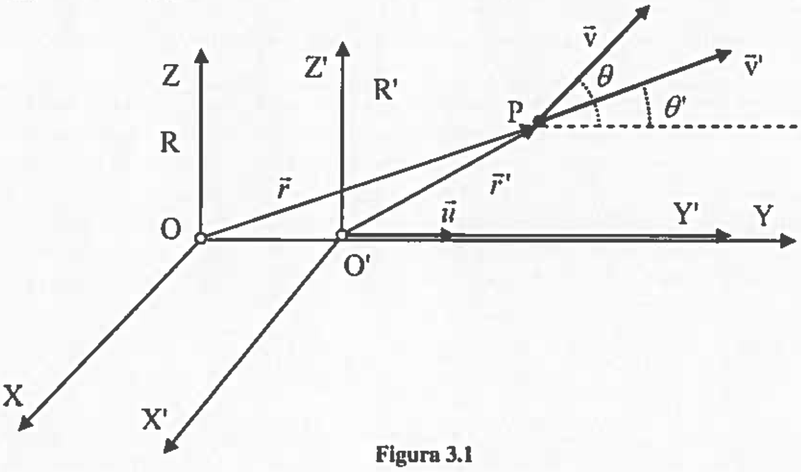


Figura 3.1

Se cunoaște forma vectorială a transformărilor Lorentz speciale, exprimate prin relațiile:

$$\vec{r}' = \vec{r} + \vec{u}\left[(\Gamma - 1)\frac{\vec{u}\cdot\vec{r}}{u^2} - \Gamma\cdot t\right];\quad \Gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};\quad t' = \Gamma\cdot\left(t - \frac{\vec{u}\cdot\vec{r}}{c^2}\right),$$

unde $\vec{r}$ și respectiv $\vec{r}'$ sunt vectorii de poziție ai particulei P, în raport cu observatorul O din sistemul R și respectiv în raport cu observatorul O' din sistemul inerțial R', fiecare dintre aceștia având o componentă paralelă paralelă cu $\vec{u}$ și o componentă perpendiculară pe $\vec{u}$, astfel încât: $\vec{r}' = \vec{r}'_{//} + \vec{r}'_{\perp}$; $\vec{r} = \vec{r}_{//} + \vec{r}_{\perp}$.

a. 1) Cunoscând grupul transformărilor Lorentz speciale, scalare:

$$x' = x;\; y' = \frac{y - u\cdot t}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}};\; z' = z;\; t' = \frac{t - \frac{u}{c^2}\cdot y}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}},$$

să se deducă forma vectorială a transformărilor speciale Lorentz, prezentate mai sus și *să se exprime*:

2) $\vec{v}_{//} = f(\vec{v}_{//}; \vec{v}; \vec{u}; u; c)$; **3)** $\vec{v}'_{\perp} = g(\vec{v}_{\perp}; \vec{v}; \vec{u}; u; c)$.

b. Dacă θ și respectiv θ' sunt unghiurile care precizează orientările vectorilor $\vec{v}$ și respectiv $\vec{v}'$, în raport cu vectorul $\vec{u}$, *să se exprime*: $\mathrm{tg}\,\theta' = h(\theta; u; v; c)$, și să se *particularizeze* expresia lui $\mathrm{tg}\,\theta'$, pentru cazul când particula P este un foton.

c. Dacă deplasarea particulei P, în raport cu sistemul inerțial R, este paralelă cu axa OX, ceea ce presupune că unghiul $\theta = 0$, *să se demonstreze* existența relației:

$$1 - \frac{v'^2}{c^2} = \frac{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\cdot\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)}{\left(1 - \frac{u\cdot v}{c^2}\right)^2},$$

particularizând-o apoi considerând că particula P este un foton, și *să se formuleze* o concluzie, corespunzătoare acestui caz particular.

Subiect propus de:
Prof. Dr. Luciu ALEXANDRESCU, Colegiul Național „Dr. Ioan Meșotă", Brașov
Prof. Dr. Gabriel FLORIAN, Colegiul Național „Carol I", Craiova
Prof. Cristian MIU, Colegiul Național „Ion Minulescu", Slatina
Prof. Dr. Mihail SANDU, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAŞATĂ LUCRĂRII TALE.

FIŞĂ DE RĂSPUNS
Clasa a XII-a, Problema 1.a

a.

R/Ω	L/mH	$C/\mu\text{F}$	ν/Hz	X_L/Ω	X_C/Ω	Z_{CN1}/Ω	Z_{CN2}/Ω
10	60	200					

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE.

a.