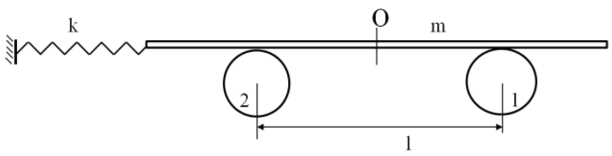
Olimpiada de Fizică
Etapa pe județ
15 februarie 2014
Subiecte

XI

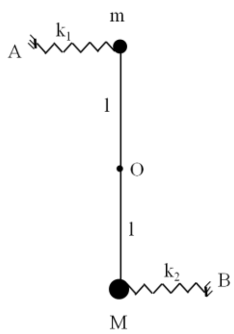
1. **A.** O scândură omogenă şi uniformă de masă m este aşezată simetric pe două tamburi cilindrice în plan orizontal. Distanţa dintre axele acestora este l , tamburul 2 este neted, iar tamburul 1 este rugos având coeficientul de frecare la alunecare μ . Scândura este legată printr-un resort orizontal nedeformat de constantă elastică k de un perete conform figurii. Se pune în rotaţie rapidă tamburul rugos. Determină:

a) Poziţia centrului de oscilaţie al scândurii (distanţa dintre O și O', unde O' este noul centrul de greutate al scândurii, pentru starea de echilibru a mişcării oscilatorii). Considerați că tamburul 1 se rotește în sensul acelor de ceasornic.

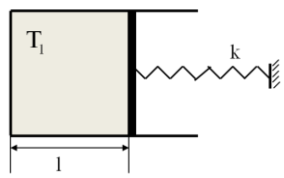


b) Frecvenţa micilor oscilaţii orizontale ale scândurii, pentru ambele sensuri de rotație ale tamburului mobil. Se cunoaşte g.

B. La capetele unei tije rigide cu masă neglijabilă, de lungime $2l$, se găsesc fixate două corpuri punctiforme cu masele M și m ($M > m$). Tija se poate roti în plan vertical fără frecare, în jurul punctului O, situat la mijlocul acesteia. De fiecare corp este fixat un resort orizontal așa cum se vede în figură. Resorturile sunt ideale şi au constantele elastice cunoscute k_1 şi k_2. În poziția de echilibru resorturile sunt nedeformate. Se scoate sistemul din poziția de echilibru cu un unghi $\varphi < 6^\circ$ și apoi se lasă liber. Determinați perioada micilor oscilaţii ale sistemului aflat în câmpul gravitațional cu accelerația g.



2. **A.** Se consideră cilindrul din figură, pentru care pereţii și pistonul sunt din material izolator adiabatic. Pistonul este mobil, se mişcă fără frecări și închide etanș cilindrul fix. În cilindru se află un mol de gaz ideal monoatomic la temperatura $T_1 = 300\text{K}$. Volumul ocupat de gaz în starea iniţială, corespunde lungimii $l = 1\text{m}$, pistonul fiind fixat în această poziție, iar în exteriorul cilindrului presiunea este neglijabilă. Pistonul este prins de capătul liber al unui resort elastic de constantă $k = 1660\dfrac{\text{N}}{\text{m}}$ inițial nedeformat și suficient de lung. Determină la ce distanţă maximă, faţă de poziția inițială, se deplasează pistonul, lăsat liber. Se cunoaşte $R = 8{,}3\dfrac{\text{J}}{\text{molK}}$.

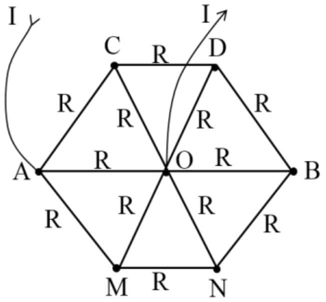


1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerinţele a, b, respectiv c.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.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

Olimpiada de Fizică
Etapa pe judeţ
15 februarie 2014
Subiecte

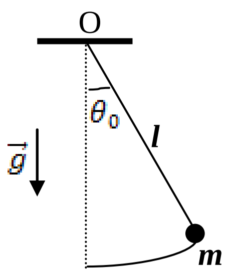
XI

B. În schema din figura alăturată fiecare latură este un rezistor cu rezistenţa $R=5\Omega$.
Să se determine rezistenţa echivalentă dintre nodurile A şi O.



C. Se consideră o placă metalică conductoare de formă paralelipipedică parcursă de un curent electric de intensitate ***I***. Curentul electric traversează normal o secțiune a plăcii de laturi ***b*** și ***d***. Placa se află într-un câmp magnetic uniform de inducție ***B***. Vectorul inducție magnetică este orientat paralel cu fețele plăcii aflate la distanța d una de alta. Să se determine diferența de potențial dintre aceste fețe. Se cunoște concentrația electronilor liberi din unitatea de volum, ***n***, a metalului din care este realizată placa.

3. O tijă subțire, rigidă și ușoară de lungime $l=1\,\text{m}$ este articulată în punctul O și are suspendat la capătul liber un corp punctiform de masă $m=0{,}1\,\text{Kg}$. Pendulul astfel format poate efectua mici oscilații și întâmpină din partea aerului o forță de rezistență proporțională cu viteza: $\vec{R}=-C\vec{v}$, unde $C=0.5\dfrac{\text{Ns}}{\text{m}}$. La momentul inițial $(t_0=0\,\text{s})$ pendulul formează unghiul $\theta_0=\dfrac{\pi}{100}\,\text{rad}$ cu verticala, iar viteza unghiulară a acestuia este $\pi\dfrac{\text{rad}}{\text{s}}$. Se consideră $g=10\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.



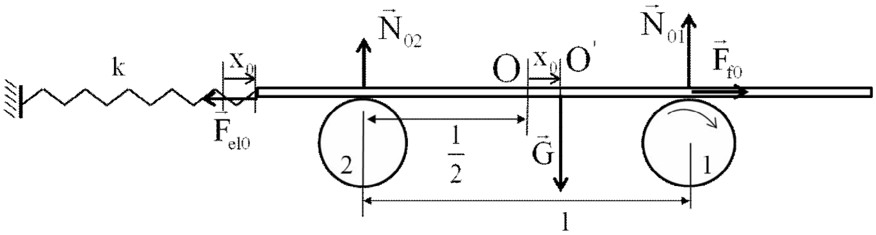
a) Să se deducă ecuația diferențială a mişcării oscilatorii.

b) Să se determine amplitudinea $A(t)$, pulsația ω și faza φ_0 a mișcării oscilatorii și să se scrie legea de mișcare a pendulului.

c) Să se exprime pulsația mișcării oscilatorii a pendului, neglijând forța de rezistență din partea aerului și luând în considerare și masa tijei, ***M***. Se va lucra în aproximația micilor oscilații.

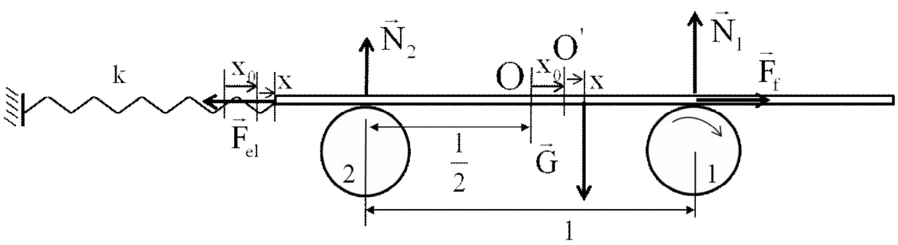
Subiect propus de:
Prof. Ioan Pop, Colegiul Național "Mihai Eminescu", Satu Mare;
Prof. Ion Toma, Colegiul Național"Mihai Viteazul", București.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerinţele a, b, respectiv c.
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.

<table>
<tr><td>Subiect 1</td><td>Parțial</td><td>Punctaj</td></tr>
<tr><td>1. Barem subiect 1</td><td></td><td>10</td></tr>
<tr><td>A. a) Oscilațiile centului de masă a scândurii se produc în jurul poziției centrului de masă a corpului ce corespunde punctului O' din figură, unde
$F_{el0} = F_{f0}$


Am ales situația în care tamburul 1 se roteşte în sensul acelor de ceasornic. Din condiția de echilibru la rotație a scândurii în plan vertical: $M_{N_{01}} = M_G$, rezultă: $N_{01}l=mg(\frac{l}{2}+x_0), N_{01}=mg(\frac{1}{2}+\frac{x_0}{l})$.
Din $kx_0=\mu N_{01}, kx_0=\mu mg(\frac{1}{2}+\frac{x_0}{l}), x_0=\frac{\mu mg}{2(k-\frac{\mu mg}{l})}$.</td><td></td><td>0.5p

0.5p

0,5p</td></tr>
<tr><td>A. b) Oscilația se produce în jurul lui O'. Din desen se vede forța elastică suplimentară ce produce oscilația scândurii. X este deformarea suplimentară a resortului datorată creşterii forței de apăsare N_1.


Ecuația de mişcare a scândurii în jurul poziției de echilibru O' este: $ma=F_f-F_{el}, ma=\mu N-k(x_0+x)$, iar N_1 se determină din condiția de</td><td></td><td>0.5p</td></tr>
</table>

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

echilibru la rotație a scândurii în plan vertical: $M_{N_1} = M_G$. **0.5p**

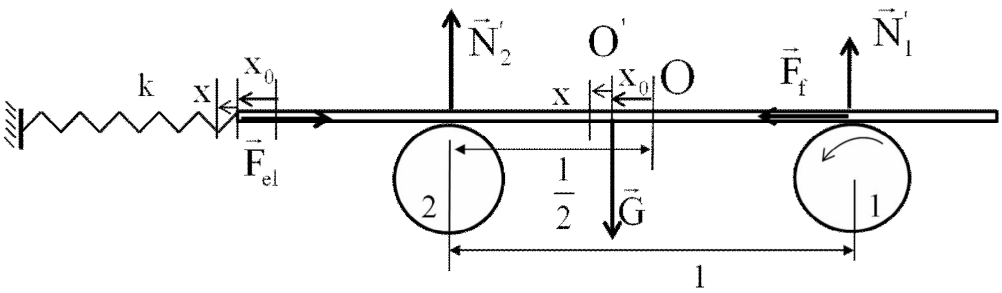
$$N_1=mg(\frac{1}{2}+\frac{x_0+x}{l}),F_f=\mu mg(\frac{1}{2}+\frac{x_0+x}{l}),F_{el}=k(x_0+x).$$ **0.5p**

Ecuația de oscilație este: $ma=\mu mg(\frac{1}{2}+\frac{x_0}{l}+\frac{x}{l})-k(x_0+x)$, dar din condiția de echilibru a scândurii pentru x_0 ecuația devine:

$ma=\mu mg\frac{x}{l}$-$kx=-(k-\frac{\mu mg}{l})$ **x**, unde expresia din paranteză este constanta de oscila□ie a sistemului oscilatoriu, $k_{ech}=(k-\frac{\mu mg}{l})$. Pulsația sistemului **0,5p**

este: $m\omega^2=k_{ech}, \omega=\sqrt{\frac{k_{ech}}{m}}, \nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}-\frac{\mu g}{l}}$. **0.5p**

Pentru situația în care tamburul se roteşte în sens invers acelor de ceasornic raționamentul se repetă conform noii configurări prezentate în desen şi avem:



$$N'_{01}l=mg(\frac{l}{2}-x'_0), N'_{01}=mg(\frac{1}{2}-\frac{x'_0}{l}),$$ **0.5p**

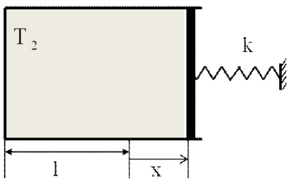
$$kx'_0=\mu N'_{01}, kx'_0=\mu mg(\frac{1}{2}+\frac{x'_0}{l}), x'_0=\frac{\mu mg}{2(k+\frac{\mu mg}{l})}$$ **0.5p**

Scriind ecuația de oscilație şi identificând ca şi în cazul precedent obținem:

$$m\omega'^2=k'_{ech}, \omega'=\sqrt{\frac{k'_{ech}}{m}}, \nu'=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}+\frac{\mu g}{l}}.$$ **1p**

B. Din conservarea energiei rezultă:

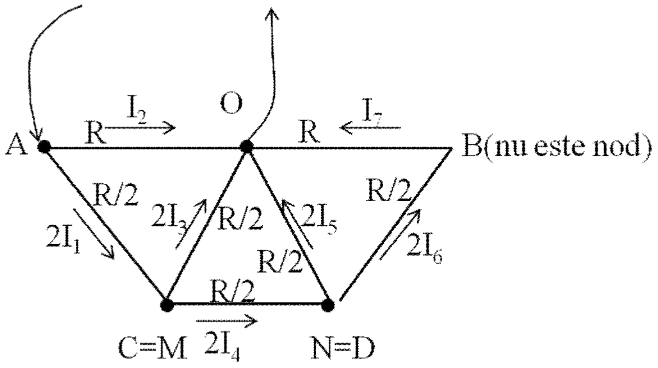
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

$(M-m)g\Delta h+\frac{1}{2}(k_1+k_2)x^2=\frac{1}{2}(M+m)(\omega x)^2$; unde $\Delta h=l(1-\cos\varphi), x=l\sin\varphi$. Se		**1p**
obține: $(M-m)gl(1-\cos\varphi)+\frac{1}{2}(k_1+k_2)l^2\varphi^2=\frac{1}{2}(M+m)\omega^2l^2\varphi^2$;		**1p**
$T=2\pi\sqrt{\frac{l(M+m)}{g(M-m)+l(k_1+k_2)}}$		**1p**
Obs. Rezultatul se poate obține aplicând teorema de variație a momentului cinetic: $I\ddot{\theta}=\sum M$ $I\ddot{\varphi}=-k_1l^2\varphi-k_2l^2\varphi+mgl\varphi-Mgl\varphi$		
Oficiu		**1**
2. Barem subiect 2		**10**
A. $\Delta U=-L, U_f-U_i=-\frac{1}{2}kx^2$		
$\nu C_v(T_2-T_1)=-\frac{1}{2}kx^2$		**0.5p**
		
$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}, \nu R=\frac{\frac{kx}{S}(V_1+Sx)}{T_2}$ unde presiunea P_2 este dată de forța de deformare din resort, $T_2=\frac{kx(l+x)}{\nu R}$. Se înlocuieşte în relația		**1p**
energetică $\frac{1}{2}kx^2-\nu C_V(T_1-T_2)=0, \frac{1}{2}kx^2-\nu C_V\left[T_1-\frac{kx(l+x)}{\nu R}\right]=0$.		**0.5p**
$x=\frac{3l}{8}\left(\sqrt{1+\frac{16\nu RT_1}{3kl^2}}-1\right)$		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

$$x = \frac{3}{8}(\sqrt{9} - 1) = 0{,}75m$$

1p



1p

B. $R_{OBD} = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$, $R_{OD} = \dfrac{R_{OBD}\frac{R}{2}}{R_{OBD} + \frac{R}{2}}$, $R_{OD} = \frac{3R}{8}$

$R_{ODC} = R_{OD} + \frac{R}{2} = \frac{3R}{8} + \frac{R}{2} = \frac{7R}{8}$, $R_{OC} = \dfrac{R_{ODC}\frac{R}{2}}{R_{ODC} + \frac{R}{2}} = \frac{7R}{22}$

$R_{OCA} = R_{OC} + \frac{R}{2} = \frac{9R}{11}$, $R_{AO} = \dfrac{R_{OCA}R}{R_{OCA} + R} = \frac{9R}{20}$

2p

C. Asupra electronilor se exercită for□a Lorentz: $F_L = evB$, care determină devia□ia electronilor □i apari□ia unui câmp electric între fe□ele plăcii situate la distan□a d una de alta.

For□a electrică $F_e = eE$.

1p

Electronii de conduc□ie nu vor mai fi devia□i atunci când for□a Lorentz va deveni egală cu for□a electrică.

Tensiunea câmpului electric este $U = Ed = vBd$.

1p

Dar $I = neSv$.

Se ob□ine astfel: $U = \dfrac{BI}{neb}$.

1p

Subiect 3	Parțial	Punctaj
Barem subiect 3		10

a) Ecua□ia miscării de rota□ie a masei m, fa□ă de punctul O este:

$I\ddot{\theta} = \sum M$, de unde $ml^2 \cdot \ddot{\theta} = -mg\ell \sin\theta - Cv\ell$.

0.5p

Dar $v = \dot{\theta}\,\ell$, iar $\sin\theta = \theta$ pentru unghiuri mici.

$m\ell^2\,\ddot{\theta} + C\ell^2\,\dot{\theta} + mg\ell\theta = 0$,

1p

$\ddot{\theta}+\frac{C}{m}\dot{\theta}+\frac{g}{\ell}\theta=0$ Notăm : $\frac{C}{m}=2n$; $\frac{g}{\ell}=p^2$ $\ddot{\theta}+2n\dot{\theta}+p^2\theta=0$.		**1p**
b) Pendulul are mișcare oscilatorie amortizată a cărei ecuație este de forma: $\theta(t)=C_1\,e^{-nt}\sin(p_1t+\varphi_0)$, unde $p_1=\sqrt{p^2-n^2}=\sqrt{\frac{g}{\ell}-\frac{C^2}{4m^2}}$, cu condiția: $C\langle 2m\sqrt{\frac{g}{\ell}}$. $\theta(t)=C_1\,e^{-\frac{C}{2m}t}\sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}-\frac{C^2}{4m^2}}\,t+\varphi_0\right)$ Ținând cont de condițiile inițiale putem scrie: $\theta(0)=C_1\sin\varphi_0 \Rightarrow \sin\varphi_0=\frac{\theta_0}{C_1}$ $\dot{\theta}(0)=C_1\sqrt{\frac{g}{\ell}-\frac{C^2}{4m^2}}\cos\phi_0=\pi \Rightarrow \cos\phi_0=\frac{\pi}{C_1\sqrt{\frac{g}{\ell}-\frac{C^2}{4m^2}}}$ $tg\varphi_0=0{,}0194$; $\varphi_0\cong 1{,}11^0$; $\varphi_0\cong\frac{3\pi}{500}rad \Rightarrow C_1=\frac{\theta_0}{\sin\varphi_0}=\frac{\pi}{1{,}94}$; $\theta(t)=\frac{\pi}{1{,}94}\cdot e^{-\frac{5}{2}t}\sin\left(\frac{\sqrt{15}}{2}t+\frac{3\pi}{500}\right)$, de unde: $\theta(t)=1{,}61\,e^{-2{,}5t}\sin(1{,}94t+0{,}019)$.		**1p** **1p** **1p** **1p**
c)În aproximația micilor oscilații: $I\ddot{\theta}=-Mg\frac{l}{2}\theta-mgl\theta$ $I=\frac{Ml^2}{3}+ml^2$ $\omega=\sqrt{\frac{3g}{2l}\cdot\frac{2m+M}{3m+M}}$		**0.5p** **1p** **1p**
Oficiu		**1**

Subiect propus de:
Prof. Ioan Pop, Colegiul Național "Mihai Eminescu", Satu Mare;
Prof. Ion Toma, Colegiul Național"Mihai Viteazul", București.

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.