Olimpiada de Fizică
Etapa pe județ
2 februarie 2013
Barem

XI

<table>
<tr><th>Problema 1</th><th>Parțial</th><th>Punctaj</th></tr>
<tr><td>1. Barem - problema 1</td><td></td><td>10</td></tr>
<tr><td>a. Complexitatea fiecărei transformări particulare constă în aceea că sistemul schimbă cu exteriorul nu numai căldură şi lucru mecanic, ci şi substanță. Gazul din cilindrul cu piston este un sistem termodinamic deschis. De aceea, trebuie să existe, un recipient exterior special, care conține același gaz monoatomic și care este conectat la cilindrul cu piston, prin intermediul a două tuburi, prevăzute cu o supapă de admisie și respectiv o supapă de evacuare. Cele două supape nu pot fi deschise simultan.</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr>
<tr><td>b.</td><td></td><td>6,50</td></tr>
<tr><td>Pentru un gaz monoatomic, căldura molară la volum constant este
$$C_v = \frac{3}{2}R.$$
- procesul: $1 \rightarrow 2$
$$1(\nu_1, p, V, T) \rightarrow 2(\nu_2, 3p, V, T);$$
$$V = \text{constant};\ T = \text{constant};\ \nu = \text{variabil};\ p = \text{variabil};$$
$$pV = \nu_1 RT;$$
$$3pV = \nu_2 RT;$$
$$\frac{3pV}{pV} = \frac{\nu_2 RT}{\nu_1 RT} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = 3;$$
$$\nu_2 = 3\nu_1;\ \nu_2 > \nu_1 \rightarrow \text{(în cilindru intră gaz)};\ p_2 > p_1;$$
$$U_1 = \nu_1 C_v T;$$
$$U_2 = \nu_2 C_v T;$$
$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = (\nu_2 - \nu_1) C_v T;$$</td><td>0,75</td><td></td></tr>
<tr><td>- procesul: $2 \rightarrow 3$
$$2(\nu_2, 3p, V, T) \rightarrow 3(\nu_3, 3p, 3V, T);$$
$$3p = \text{constant};\ T = \text{constant};\ \nu = \text{variabil};\ V = \text{variabil};$$
$$3pV = \nu_2 RT;$$
$$3p3V = \nu_3 RT;$$
$$\frac{9pV}{3pV} = \frac{\nu_3 RT}{\nu_2 RT} = \frac{\nu_3}{\nu_2} = 3 = \frac{\nu_3}{3\nu_1};$$
$$\nu_3 = 9\nu_1;\ \nu_3 > \nu_2 \rightarrow \text{(în cilindru intră gaz)};\ V_3 > V_2;$$
$$U_2 = \nu_2 C_v T;$$
$$U_3 = \nu_3 C_v T;$$
$$\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = (\nu_3 - \nu_2) C_v T;$$</td><td>0,75</td><td></td></tr>
</table>

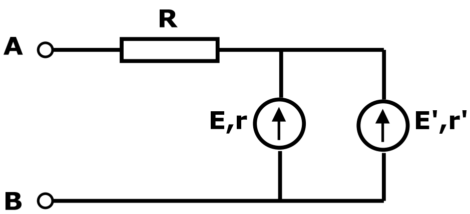
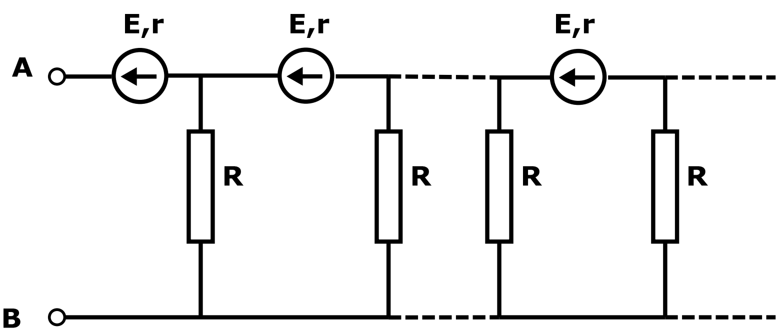
- procesul: $3 \rightarrow 4$ $3(\nu_3, 3p, 3V, T) \rightarrow 4(\nu_4, 3p, 3V, 3T)$; $3p$ = constant; $3V$ = constant; ν = variabil; T = variabil; $3p3V = \nu_3 RT$; $3p3V = \nu_4 R3T$; $\frac{9pV}{9pV} = \frac{\nu_4 R3T}{\nu_3 RT} = \frac{3\nu_4}{\nu_3} = \frac{3\nu_4}{9\nu_1} = 1$; $\nu_4 = 3\nu_1$; $\nu_4 < \nu_3$ $\rightarrow$ (din cilindru iese gaz); $T_4 > T_3$; $U_3 = \nu_3 C_v T$; $U_4 = \nu_4 C_v 3T$; $\Delta U_{34} = U_4 - U_3 = (3\nu_4 - \nu_3) C_v T$;	**0,75**	
- procesul: $4 \rightarrow 5$ $4(\nu_4, 3p, 3V, 3T) \rightarrow 5(\nu_5, p, 3V, 3T)$; $3V$ = constant; $3T$ = constant; ν = variabil; p = variabil; $3p3V = \nu_4 R3T$; $p3V = \nu_5 R3T$; $\frac{3pV}{9pV} = \frac{\nu_5 R3T}{\nu_4 R3T} = \frac{\nu_5}{\nu_4} = \frac{\nu_5}{3\nu_1} = \frac{1}{3}$; $\nu_5 = \nu_1$; $\nu_5 < \nu_4$ $\rightarrow$ (din cilindru iese gaz); $p_5 < p_4$; $U_4 = \nu_4 C_v 3T$; $U_5 = \nu_5 C_v 3T$; $\Delta U_{45} = U_5 - U_4 = (\nu_5 - \nu_4) C_v 3T$;	**0,75**	
- procesul: $5 \rightarrow 6$ $5(\nu_5, p, 3V, 3T) \rightarrow 6(\nu_6, p, V, 3T)$; p = constant; $3T$ = constant; ν = variabil; V = variabil; $p3V = \nu_5 R3T$; $pV = \nu_6 R3T$; $\frac{pV}{3pV} = \frac{\nu_6 R3T}{\nu_5 R3T} = \frac{\nu_6}{\nu_5} = \frac{\nu_6}{\nu_1} = \frac{1}{3}$; $\nu_6 = \nu_1 / 3$; $\nu_6 < \nu_5$ $\rightarrow$ (din cilindru iese gaz); $V_6 < V_5$; $U_5 = \nu_5 C_v 3T$; $U_6 = \nu_6 C_v 3T$; $\Delta U_{56} = U_6 - U_5 = (\nu_6 - \nu_5) C_v 3T$;	**0,75**	
- procesul: $6 \rightarrow 1$ $6(\nu_6, p, V, 3T) \rightarrow 1(\nu_1, p, V, T)$; p = constant; V = constant; ν = variabil; T = variabil;	**0,75**	

$pV = \nu_1 RT;$ $pV = \nu_6 R3T;$ $\frac{pV}{pV} = \frac{\nu_6 R3T}{\nu_1 RT} = \frac{3\nu_6}{\nu_1} = 1;$ $\nu_1 = 3\nu_6;\ \nu_1 > \nu_6 \ \rightarrow$ (în cilindru intră gaz); $T_1 < T_6;$ $U_6 = \nu_6 C_v 3T;$ $U_1 = \nu_1 C_v T;$ $\Delta U_{61} = U_1 - U_6 = (\nu_1 - 3\nu_6) C_v T;$		
$\nu_1;\ \nu_2 = 3\nu_1;\ \nu_3 = 9\nu_1;\ \nu_4 = 3\nu_1;\ \nu_5 = \nu_1;\ \nu_6 = \nu_1/3;$ $\nu_3 = \nu_{max} = \nu_{necesar} = \nu;$ $\nu_1 = \frac{\nu}{9};\ \nu_2 = \frac{\nu}{3};\ \nu_3 = \nu;\ \nu_4 = \frac{\nu}{3};\ \nu_5 = \frac{\nu}{9};\ \nu_6 = \frac{\nu}{27};$ $\Delta U_{12} = (\nu_2 - \nu_1) C_v T = \frac{1}{3}\nu RT;$ $\Delta U_{23} = (\nu_3 - \nu_2) C_v T = \nu RT;$ $\Delta U_{34} = (3\nu_4 - \nu_3) C_v T = 0;$ $\Delta U_{45} = (\nu_5 - \nu_4) C_v 3T = -\nu RT;$ $\Delta U_{56} = (\nu_6 - \nu_5) C_v 3T = -\frac{1}{3}\nu RT;$ $\Delta U_{61} = (\nu_1 - 3\nu_6) C_v T = 0;$ $\Delta U = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} + \Delta U_{45} + \Delta U_{56} + \Delta U_{61} = 0.$	**2,00**	
c.		**1,50**
Dispozitivul poate fi folosit ca termometru de cameră, dacă volumele de aer, V_1 și respectiv V_2, separate de picătura de mercur, depind de temperatura mediului înconjurător. Pentru început, vom cerceta această dependență, când dispozitivul este așezat astfel încât tubul de legătură dintre baloane este orizontal. Dacă picătura de mercur se află în echilibru la trempeartura T, atunci presiunile la stânga și la dreapta picăturii trebuie să fie egale. Dacă m_1 și respectiv m_2 sunt masele de aer din cele două compartimente, cu volumele V_1 și respectiv V_2, separate de picătura de mercur, rezultă: $p_1 = \frac{m_1 RT}{\mu V_1};\ \ p_2 = \frac{m_2 RT}{\mu V_2};$ $p_1 = p_2;\ \frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2}.$	**0,75**	
Corespunzător acestei poziții, raportul V_1/V_2 nu depinde de temperatură. Deoarece $V_1 + V_2 = \text{constant}$, rezultă că nici V_1 și nici V_2 nu depind de temperatură. Ca urmare, dacă tubul de legătură dintre baloane este menținut		

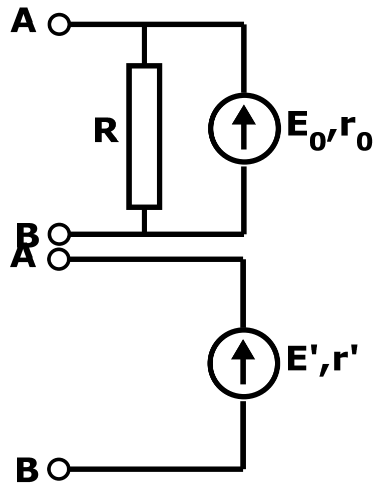
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi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

orizontal, dispozitivul nu poate fi etalonat și folosit ca termometru pentru mediul înconjurător. Dacă dispozitivul este pus astfel încât tubul de legătură dintre baloane este în poziție verticală, rezultă: $$p_1=\frac{m_1RT}{\mu V_1};\quad p_2=\frac{m_2RT}{\mu V_2};$$ $$p_1-p_2=\frac{mg}{S},$$ unde *m* este masa picăturii de mercur, iar *S* este aria secțiunii tubului; $$\frac{m_1}{V_1}-\frac{m_2}{V_2}=\frac{\mu mg}{RTS}.$$ Deoarece $V_1+V_2=\text{constant}$, în acest caz și V_1 și V_2 depind de temperatură. Dispozitivul, cu tubul de legătură în poziție verticală poate fi folosit ca termometru de cameră.	**0,75**	
Oficiu		**1,00**

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.

Problema 2	Parțial	**Punctaj**
2. Barem - problema 2		**10,00**
a.		**3,00**
Dacă notăm cu E' şi r' tensiunea electromotoare, respectiv rezistența internă a generatorului echivalent cu gruparea dată, atunci conectând în stânga încă o celulă identică se obține schema de mai jos. Deoarece rețeaua inițială este infinită, adăugarea unei celule în plus nu modifică parametrii rețelei, adică $E' = E''$, unde E'' este tensiunea electromotoare a generatorului echivalent grupării paralel a generatoarelor cu t.e.m. E şi E' , iar $r' = r'' + R$, r'' fiind rezistența interioară echivalentă a generatorului echivalent grupării paralel a generatoarelor cu t.e.m. E şi E'.	1,00	
$E'' = \dfrac{\frac{E}{r} + \frac{E'}{r'}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}} = \dfrac{Er' + E'r}{r + r'}$ şi $r'' = \dfrac{rr'}{r + r'}$. Deci: $E' = \dfrac{Er' + E'r}{r + r'}$, de unde rezultă $E' = E$ şi $r' = \dfrac{rr'}{r + r'} + R$, de unde se obține $r' = \dfrac{R + \sqrt{R^2 + 4Rr}}{2}$	1,00	
Astfel rezultă din $I = \dfrac{E'}{r'}$ indicația ampermetrului ideal conectat între A şi B: $I = \dfrac{2E}{R + \sqrt{R^2 + 4Rr}}$	1,00	
b.		**3,00**
Schema devine acum: Această schemă este echivelentă cu un singur generator cu tensiunea electromotoare E_0 şi rezistența interioară r_0 . Dacă la acest generator echivalent schemei inițiale se leagă în paralel un rezistor R se obține schema din figura	1,00	

<table>
<tr><td>

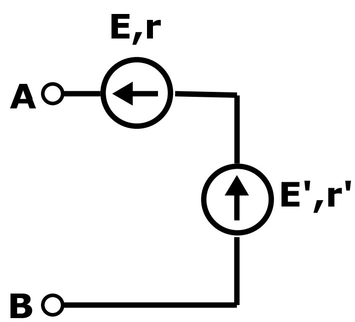


alăturată. Această schemă este de asemenea echivalentă cu un generator cu t.e.m. E' şi rezistența interioară r'. Conectând între A şi B, de exemplu, un acelaşi ampermetru cu rezistența proprie R_A şi impunând condiția ca în ambele scheme intensitatea curentului prin ampermetru să fie aceeaşi, se poate găsi cu ajutorul legilor lui Kirchhoff că:

$$r' = \frac{Rr_0}{R+r_0} \quad \text{şi} \quad E' = \frac{E_0 R}{R+r_0}$$

</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>

Dacă, mai departe, conectăm şi un generator cu t.e.m. E şi rezistența interioară r, rezultă schema inițială plus o celulă elementară, ceea ce nu modifică parametrii schemei inițiale infinite.



Deci, $E + E' = E_0$ şi $r + r' = r_0$. Adică,

$$r + \frac{Rr_0}{R+r_0} = r_0 \quad \text{şi}$$

$$E + \frac{E_0 R}{R+r_0} = E_0$$

Din aceste două ecuații rezultă

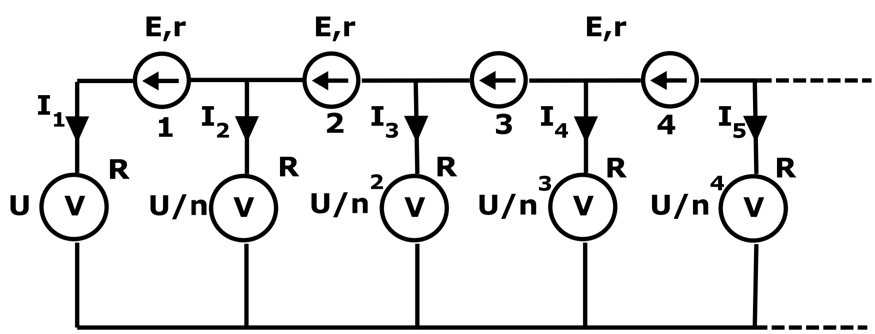
$$r_0 = \frac{r + \sqrt{r^2 + 4rR}}{2}$$

şi

$$E_0 = E\left(1 + \frac{2R}{r + \sqrt{r^2 + 4rR}}\right)$$

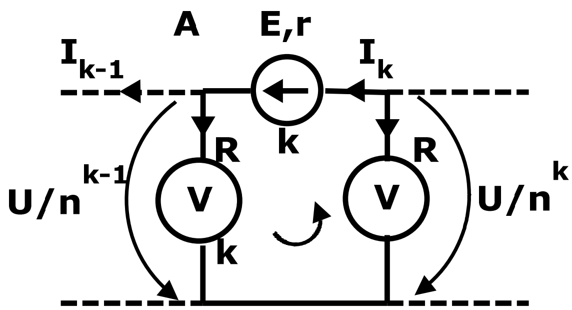
</td><td>1,00</td><td></td></tr>
<tr><td>Înlocuind valorile numerice se obține $r_0 = 10\Omega$ şi $E_0 = 30V$.</td><td>1,00</td><td></td></tr>
<tr><td>c.</td><td></td><td>3,00</td></tr>
<tr><td>

De data aceasta schema devine:



</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Fie celula k, de mai jos. În nodul A avem: $I_k = I_{k-1} + \dfrac{U/n^{k-1}}{R}$ sau



$$I_k = I_{k-1} + \frac{U}{Rn^{k-1}}$$

Începând cu $k=2$ putem scrie

$$I_2 = I_1 + \frac{U}{Rn}$$

$$I_3 = I_2 + \frac{U}{Rn^2}$$

....

$$I_k = I_{k-1} + \frac{U}{Rn^{k-1}}$$

Sumând toate aceste relații se obține:

$I_k = I_1 + \dfrac{U}{Rn} + \dfrac{U}{Rn^2} + ... + \dfrac{U}{Rn^{k-1}}$, unde $I_1 = \dfrac{U}{R}$

Deci $I_k = \dfrac{U}{R}\left(1 + \dfrac{1}{n} + \dfrac{1}{n^2} + ... + \dfrac{1}{n^{k-1}}\right)$

Expresia din paranteză este o progresie geometrică cu rația $\dfrac{1}{n}$. Suma primilor k termeni ai acestei progresii este

$$S_k = 1 \cdot \frac{1 - \left(\frac{1}{n}\right)^k}{1 - \frac{1}{n}}$$

1,00

Aşadar, $I_k = \dfrac{U}{R} \cdot \dfrac{n}{n-1}\left(1 - \dfrac{1}{n^k}\right)$

Legea a II-a a lui Kirchhoff scrisă pentru ochiul k este

$E = I_k r + \dfrac{U}{Rn^{k-1}} \cdot R - \dfrac{U}{Rn^k} \cdot R$, adică

$E = \dfrac{Ur}{R}\dfrac{n}{n-1}\left(1 - \dfrac{1}{n^k}\right) + \dfrac{U}{n^{k-1}} - \dfrac{U}{n^k}$, sau

$E = U\left(\dfrac{r}{R}\dfrac{n}{n-1} - \dfrac{r}{R}\dfrac{1}{n^k}\dfrac{n}{n-1} + \dfrac{1}{n^{k-1}} - \dfrac{1}{n^k}\right)$ sau în final

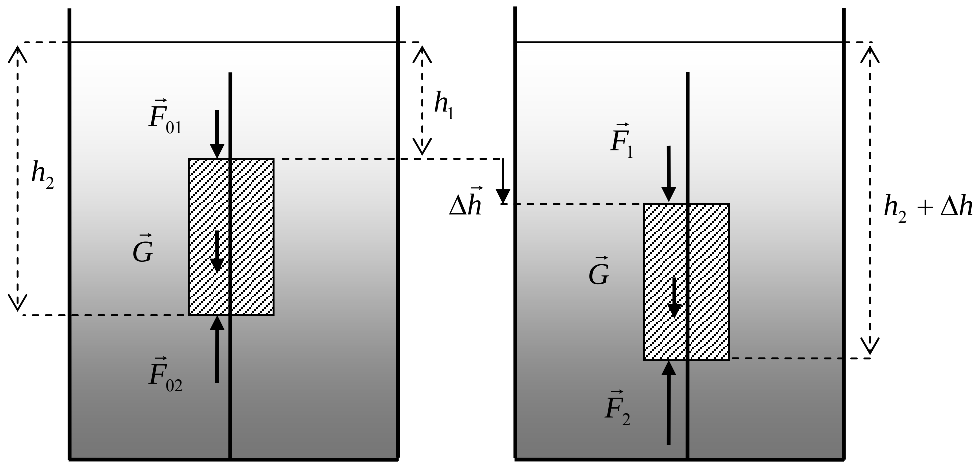
1,00

$$E = U\frac{r}{R}\frac{n}{n-1} + \frac{U}{n^k}\left(n-1-\frac{r}{R}\frac{n}{n-1}\right)$$		
Acest rezultat trebuie să fie independent de k, adică ultima paranteză trebuie să se anuleze, ceea ce înseamnă că $\frac{n}{n-1}\frac{r}{R} = n-1$, de unde $\frac{r}{R} = \frac{(n-1)^2}{n}$ Anulându-se ultima paranteză, rămâne $E = U\frac{r}{R}\frac{n}{n-1}$, de unde având în vedere că $\frac{r}{R} = \frac{(n-1)^2}{n}$,rezultă $E = U\frac{(n-1)^2}{n}\frac{n}{n-1}$, adică $$E = U(n-1)$$	**1,00**	
Oficiu		**1,00**

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE

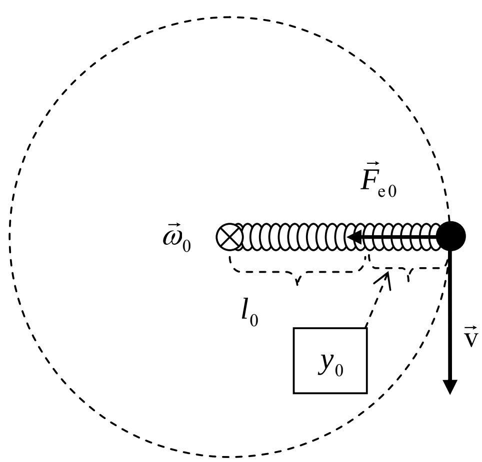
Olimpiada de Fizică
Etapa pe județ
2 februarie 2013
Barem

XI

Problema 3		
3. Barem - problema 3		**10,00**
a.		**5,00**
Corespunzător poziției de echilibru a cilindrului, reprezentată în desenul a din figura alăturată, când capetele cilindrului se află la adâncimile h_1 și respectiv h_2, rezultă: $\vec{F}_{01} + \vec{G} + \vec{F}_{02} = 0;$ $F_{01} + G - F_{02} = 0;$ $p_{\mathrm{m}01} S + mg - p_{\mathrm{m}02} S = 0;$  a b	**0,50**	
$p_{\mathrm{m}01} = \rho_{\mathrm{m}01} g h_1 = \frac{\rho_0 + \rho_{01}}{2} g h_1 = \frac{\rho_0 + \rho_0(1+\alpha h_1)}{2} g h_1 = \rho_0\left(1 + \frac{1}{2}\alpha h_1\right) g h_1;$ $p_{\mathrm{m}02} = \rho_{\mathrm{m}02} g h_2 = \frac{\rho_0 + \rho_{02}}{2} g h_2 = \frac{\rho_0 + \rho_0(1+\alpha h_2)}{2} g h_2 = \rho_0\left(1 + \frac{1}{2}\alpha h_2\right) g h_2;$ $\rho_0\left(1 + \frac{1}{2}\alpha h_1\right) g h_1 S + mg - \rho_0\left(1 + \frac{1}{2}\alpha h_2\right) g h_2 S = 0;$ $mg = \rho_0\left(1 + \frac{1}{2}\alpha h_2\right) g h_2 S - \rho_0\left(1 + \frac{1}{2}\alpha h_1\right) g h_1 S.$	**1,00**	
După deplasarea cilindrului, așa cum indică desenul b, rezultă: $\vec{F} = \vec{F}_2 + \vec{G} + \vec{F}_1;$ $F = F_2 - F_1 - mg;$ $F = p_{\mathrm{m}2} S - p_{\mathrm{m}1} S - mg;$	**0,50**	
$p_{\mathrm{m}2} = \rho_{\mathrm{m}2} g(h_2 + \Delta h) = \frac{\rho_0 + \rho_0[1 + \alpha(h_2 + \Delta h)]}{2} g(h_2 + \Delta h);$	**1,00**	

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.

$p_{m2} = \rho_0\left(1+\frac{1}{2}\alpha(h_2+\Delta h)\right)g(h_2+\Delta h);$ $p_{m2} = \rho_0 g h_2\left(1+\frac{\Delta h}{h_2}\right)\left(1+\frac{1}{2}\alpha h_2\left(1+\frac{\Delta h}{h_2}\right)\right);$ $p_{m2} = \rho_0 g h_2\left[\left(1+\frac{\Delta h}{h_2}\right)+\frac{1}{2}\alpha h_2\left(1+\frac{\Delta h}{h_2}\right)^2\right];$ $p_{m2} \approx \rho_0 g h_2\left[\left(1+\frac{\Delta h}{h_2}\right)+\frac{1}{2}\alpha h_2\left(1+2\frac{\Delta h}{h_2}\right)\right];$ $p_{m2} \approx \rho_0 g h_2\left[1+\frac{1}{2}\alpha h_2+\left(\frac{1}{h_2}+\alpha\right)\Delta h\right];$		
$p_{m1} = \rho_{m1} g(h_1+\Delta h) = \frac{\rho_0+\rho_0[1+\alpha(h_1+\Delta h)]}{2}g(h_1+\Delta h);$ $p_{m1} = \rho_0\left(1+\frac{1}{2}\alpha(h_1+\Delta h)\right)g(h_1+\Delta h);$ $p_{m1} = \rho_0 g h_1\left(1+\frac{\Delta h}{h_1}\right)\left(1+\frac{1}{2}\alpha h_1\left(1+\frac{\Delta h}{h_1}\right)\right);$ $p_{m1} = \rho_0 g h_1\left[\left(1+\frac{\Delta h}{h_1}\right)+\frac{1}{2}\alpha h_1\left(1+\frac{\Delta h}{h_1}\right)^2\right];$ $p_{m1} \approx \rho_0 g h_1\left[\left(1+\frac{\Delta h}{h_1}\right)+\frac{1}{2}\alpha h_1\left(1+2\frac{\Delta h}{h_1}\right)\right];$ $p_{m1} \approx \rho_0 g h_1\left[1+\frac{1}{2}\alpha h_1+\left(\frac{1}{h_1}+\alpha\right)\Delta h\right];$	**1,00**	
$F = \rho_0 g h_2\left[1+\frac{1}{2}\alpha h_2+\left(\frac{1}{h_2}+\alpha\right)\Delta h\right]S - \rho_0 g h_1\left[1+\frac{1}{2}\alpha h_1+\left(\frac{1}{h_1}+\alpha\right)\Delta h\right]S - mg;$ $F = \rho_0 g h_2\left(1+\frac{1}{2}\alpha h_2\right)S - \rho_0 g h_1\left(1+\frac{1}{2}\alpha h_1\right)S - mg +$ $+\rho_0 g h_2 S\left(\frac{1}{h_2}+\alpha\right)\Delta h - \rho_0 g h_1 S\left(\frac{1}{h_1}+\alpha\right)\Delta h;$ $\rho_0\left(1+\frac{1}{2}\alpha h_2\right)g h_2 S - \rho_0\left(1+\frac{1}{2}\alpha h_1\right)g h_1 S - mg = 0;$	**0,50**	
$F = \rho_0 g h_2 S\left(\frac{1}{h_2}+\alpha\right)\Delta h - \rho_0 g h_1 S\left(\frac{1}{h_1}+\alpha\right)\Delta h;$	**0,50**	

$$F=\rho_0 gS\alpha(h_2-h_1)\Delta h;$$ $$S(h_2-h_1)=V_c;\ k=\rho_0 g\alpha V_c;$$ $$F=k\Delta h;\ \vec{F}=-k\Delta\vec{h},$$ ceea ce dovedeşte că mişcarea cilindrului este oscilatorie armonică.		
b.		**1,00**
$$k=m\omega^2=\rho_c V_c\frac{4\pi^2}{T^2}=\rho_0 g\alpha V_c;$$ $$T=2\pi\sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_0\alpha g}}.$$	**1,00**	
c.		**3,00**
Pentru mişcarea circulară uniformă a sferei, utilizând figura alăturată, rezultă: $$F_{e0}=F_{cp};$$ $$k_0y_0=m\omega_0^2r_0=m\omega_0^2(l_0+y_0),$$ unde y_0 este alungirea resortului în timpul mişcării circulare uniforme a sferei; $$y_0(k_0-m\omega_0^2)=m\omega_0^2l_0;\ y_0=\frac{m\omega_0^2l_0}{k_0-m\omega_0^2};$$ $$r_0=l_0+y_0=\frac{k_0l_0}{k_0-m\omega_0^2}.$$ 	**1,00**	
Într-un sistem de referinţă neinerţial, care se roteşte solidar cu tija orizontală, asupra sferei acţionează, în afara forţelor reale şi o forţă suplimentară, forţa centrifugă de inerţie, orientată spre extereiorul cercului Dacă sfera este îndepărtată de centrul cercului, prin alungirea suplimentară a resortului cu cantitatea y, atunci distanţa de la centrul sferei până la axul de rotaţie este: $$r=r_0+y=l_0+y_0+y,$$ iar forţa elastică totală, care acţionează asupra sferei este:	**1,00**	

$$F_e = F_{e0} + \Delta F_e = k_0 y_0 + k_0 y = k_0 (y_0 + y).$$		
Pentru observatorul neinerțial, forța rezultantă, care acționează asupra sferei deplasată din poziția sa de pe cerc, este: $$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_{cfi};$$ $$F = F_e - F_{cfi} = k_0 (y_0 + y) - m\omega_0^2 r;$$ $$F = k_0 (y_0 + y) - m\omega_0^2 (l_0 + y_0 + y);$$ $$F = (k_0 - m\omega_0^2) y;\ k = k_0 - m\omega_0^2;$$ $$F = ky;\ \vec{F} = -k\vec{y},$$ ceea ce dovedeşte că mişcarea sferei este o mişcare radială, oscilatorie armonică, pentru a cărei perioadă rezultă: $$k = m\omega^2 = m\frac{4\pi^2}{T^2} = k_0 - m\omega_0^2;$$ $$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_0 - m\omega_0^2}}.$$	**1,00**	
Oficiu		**1,00**

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.