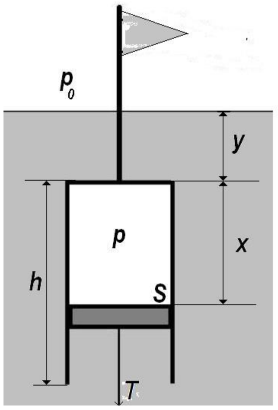
MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE

Olimpiada de Fizică
Etapa pe judeţ
15 februarie 2014

X

Barem de evaluare şi de notare
Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

Problema I
Geamandura

Nr. item	*Sarcina de lucru nr. 1*		Punctaj
1.a.	Pentru:		**3,50p**
	 condiţia de echilibru a cilindrului: $(p_0 + \rho \cdot g \cdot y)\cdot S + M \cdot g - p \cdot S = 0$	1,00p	
	legea transformării izoterme aplicată pentru aerul din cilindru $p_0 \cdot S \cdot h = p \cdot S \cdot x$	1,00p	
	condiţia de echilibru a pistonului: $p \cdot S + mg + T - (p_0 + (x+y)\cdot \rho \cdot g)\cdot S = 0$	1,00p	
	expresia înălţimii coloanei de aer din cilindrul geamandurii $x = \dfrac{mg + M \cdot g + T}{\rho \cdot g \cdot S}$	0,50p	
1.b.	Pentru:		**0,50p**
	expresia presiunii aerului din cilindru $p = p_0 \cdot \dfrac{\rho \cdot g \cdot S \cdot h}{mg + M \cdot g + T}$	0,50p	

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, proporţional cu conţinutul 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.

1.c.	Pentru:	**0,50p**
	expresia distanţei dintre partea superioară a cilindrului şi suprafaţa apei $y=-\frac{p_0}{\rho\cdot g}-\frac{M}{S\cdot\rho}+\frac{h\cdot p_0\cdot S}{m\cdot g+M\cdot g+T}$ 0,50p	
Nr. item	***Sarcina de lucru nr. 2***	**Punctaj**
2.a.	Pentru:	**3,00p**
	$y\geq 0$ 0,50p	
	$T\leq\frac{\rho\cdot g\cdot S\cdot h}{1+\frac{M\cdot g}{p_0\cdot S}}-g\cdot(M+m)$ 1,00p	
	expresia tensiunii limită în cablu $T_{\lim}=\frac{\rho\cdot g\cdot S\cdot h}{1+\frac{M\cdot g}{p_0\cdot S}}-g\cdot(M+m)$ $T_{\lim}=4455\,N$ 0,50p	
	domeniul de valori pentru tensiunea din cablu: $T\in[0\,N,\ 4455\,N]$ 1,00p	
	Observaţie: În cursul unui proces izoterm efectuat de aerul din cilindru, presiunea minimă s-ar realiza atunci când pistonul ar ajunge la capătul de jos al cilindrului, adică atunci când volumul aerului din cilindru ar deveni maxim $x=h$ $h=\frac{mg+M\cdot g+T_{\lim}'}{\rho\cdot g\cdot S}$ $T_{\lim}'=4500\,N$ *Pentru orice tensiune mai mare decât $T_{\lim}'$, presiunea din vas ar rămâne p_0, pentru că pistonul rămâne la capătul cilindrului*	
2.b.	Pentru:	**1,50p**
	$\frac{m+M}{\rho\cdot S}\leq x\leq\frac{h}{1+\frac{M\cdot g}{p_0\cdot S}}$ 1,00p	
	$0{,}100\,m\leq x\leq 0{,}991\,m$ 0,50p	
Oficiu		**1,00p**
TOTAL Problema I		**10p**

© Barem de evaluare şi de notare propus de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Facultatea de Fizică – Universitatea Bucureşti
Dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea Bucureşti

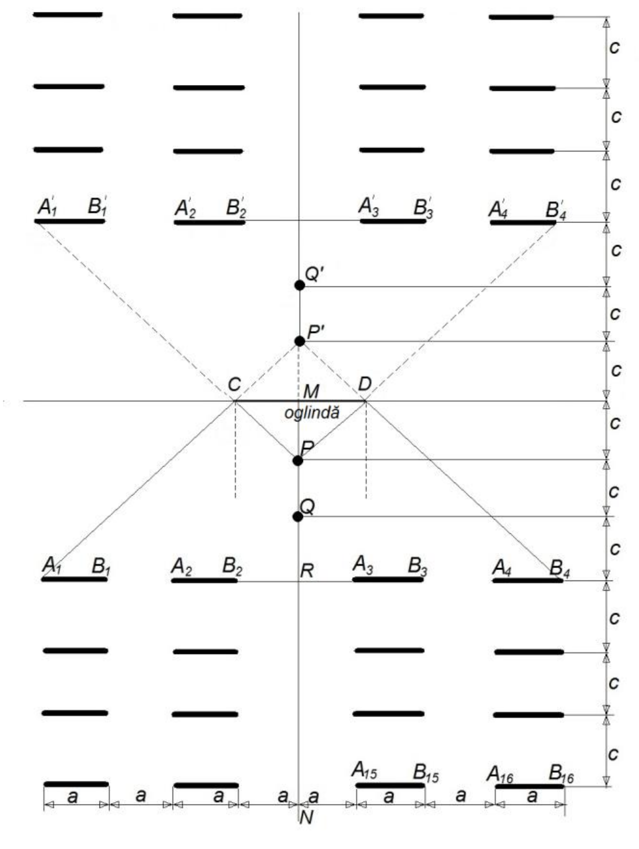
MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE

Olimpiada de Fizică
Etapa pe judeţ
15 februarie 2014

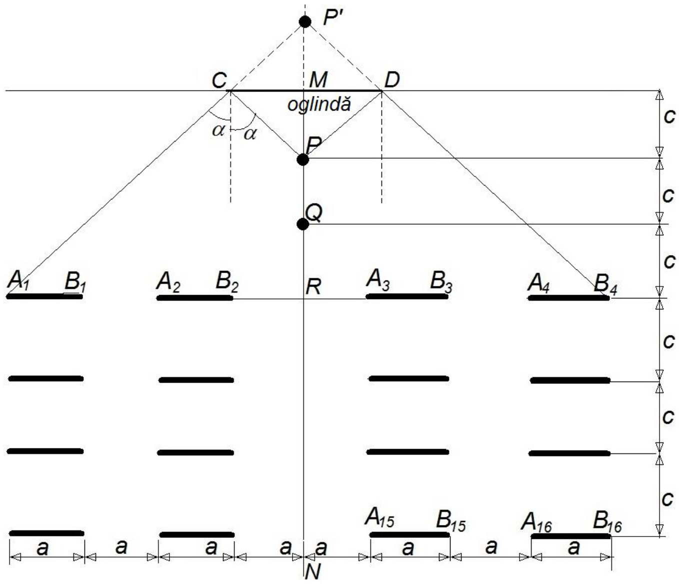
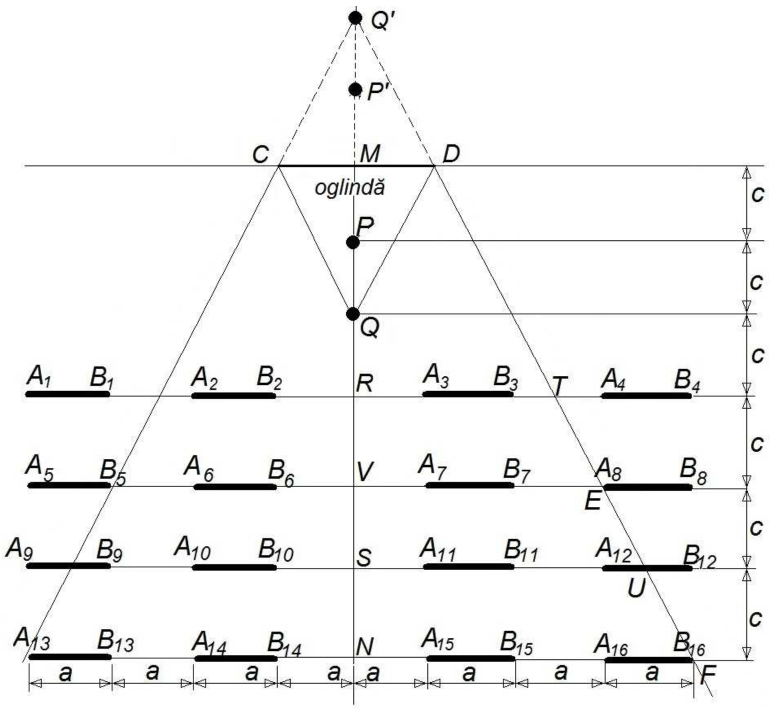
X

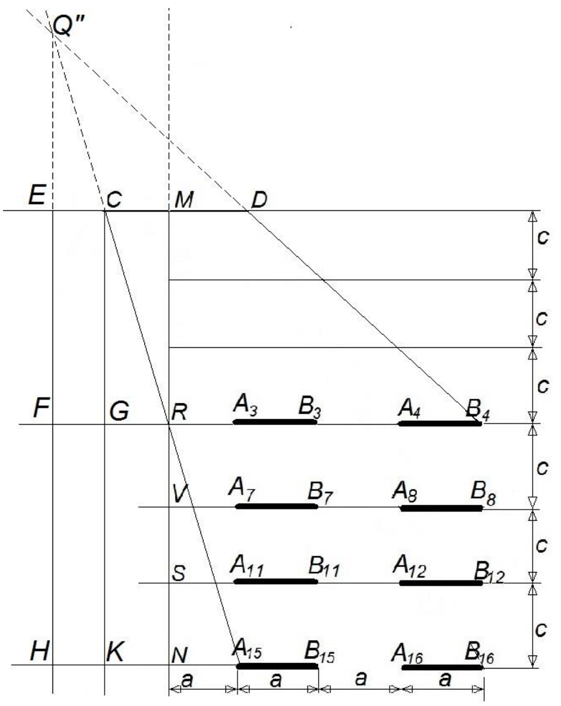
Barem de evaluare şi de notare
Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

Problema a II-a
Oglinda din laborator

<table>
<tr><th>Nr. item</th><th>Sarcina de lucru nr. 1</th><th>Punctaj</th></tr>
<tr><td>1.a.</td><td>Pentru:</td><td>1,00p</td></tr>
<tr><td></td><td>realizarea unei schiţe corecte care să evidenţieze mersul razelor de lumină prin sistemul analizat în cadrul acestei sarcini de lucru
de exemplu:

</td><td></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.

	sau  $\lvert A_1B_4\rvert = 8a$ $\lvert MP'\rvert = c$ $\lvert P'R\rvert = 4c$	0,50p	
	determinarea expresiei lungimii minime a oglinzii, folosind asemănarea triunghiurilor $\Delta P'CD$ şi $\Delta P'A_1B_4$ $\lvert CD\rvert = 2a$	0,50p	
1.b.	Pentru:		**2,00p**
	realizarea unei schiţe corecte care să evidenţieze mersul razelor de lumină prin sistemul analizat în cadrul acestei sarcini de lucru *de exemplu:*  $\lvert Q'M\rvert = 2c$ $\lvert Q'R\rvert = 5c$ $\lvert Q'V\rvert = 6c$ $\lvert Q'S\rvert = 7c$ $\lvert Q'N\rvert = 8c$ $\lvert MD\rvert = a$	1,00p	

	$\lvert RT\rvert = \frac{5}{2}a$ $\lvert VE\rvert = 3a$ $\lvert SU\rvert = \frac{7}{2}a$ $\lvert NF\rvert = 4a$ *bancurile optice observate integral:* A_2B_2, A_3B_3, A_6B_6, A_7B_7, $A_{10}B_{10}$, $A_{11}B_{11}$, $A_{13}B_{13}$, $A_{14}B_{14}$, $A_{15}B_{15}$ *şi* $A_{16}B_{16}$ *bancurile optice observate parţial:* A_9B_9 *şi* $A_{12}B_{12}$.	0,50p	
	$\begin{cases} \eta = \frac{10}{2} \\ \eta = 5 \end{cases}$ *Observaţie: se punctează orice soluţie corectă analitică / grafică de rezolvare a acestei sarcini de lucru*	0,50p	
1.c.	Pentru:		**3,50p**
	realizarea unei schiţe corecte care să evidenţieze mersul razelor de lumină prin sistemul analizat în cadrul acestei sarcini de lucru *de exemplu:*  $\lvert EQ''\rvert = y$ $\lvert EC\rvert = x$	1,00p	

$|HA_{15}| = x + 2a$

$|Q''H| = 6c + y$

$|ED| = 2a + x$

$|FB_4| = 5a + x$

$|Q''F| = 3c + y$

0,50p

asemănarea triunghiurilor $\Delta Q''EC$ şi $\Delta Q''HA_{15}$

$$\frac{|EC|}{|HA_{15}|} = \frac{|Q''E|}{|Q''H|}$$

$$\frac{x}{x+2a} = \frac{y}{6c+y}$$

0,50p

asemănarea triunghiurilor $\Delta Q''ED$ şi $\Delta Q''FB_4$

$$\frac{|ED|}{|FB_4|} = \frac{|Q''E|}{|Q''F|}$$

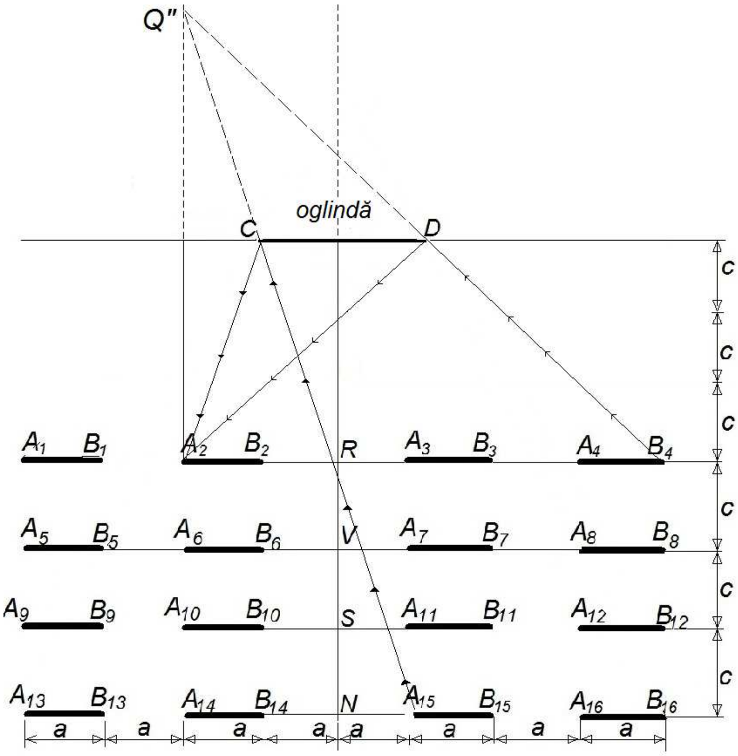
$$\frac{2a+x}{x+5a} = \frac{y}{3c+y}$$

0,50p

$$\begin{cases} 3c \cdot x - a \cdot y = 0 \\ c \cdot x - a \cdot y = -2a \cdot c \end{cases}$$

0,20p

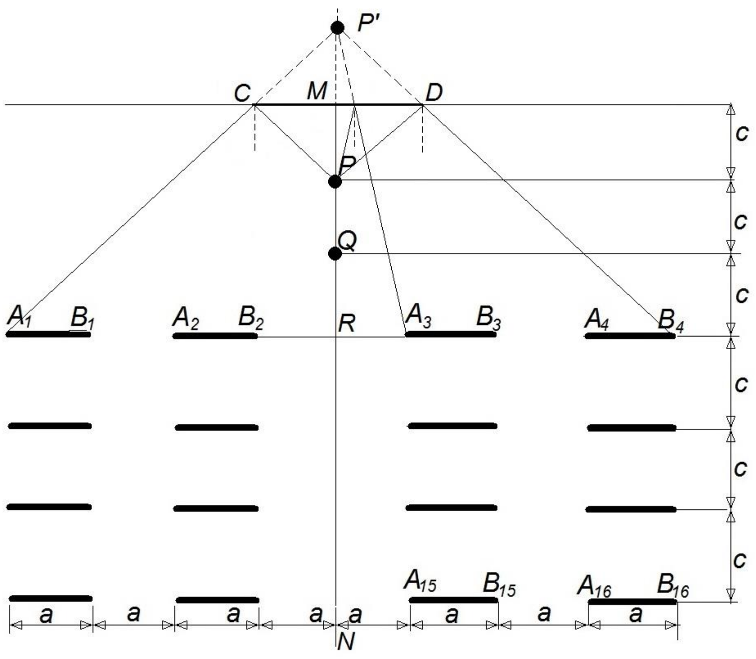
$$\begin{cases} x = a \\ y = 3c \end{cases}$$



0,50p

$|A_2C| = \sqrt{a^2 + 9 \cdot c^2}$

0,30p

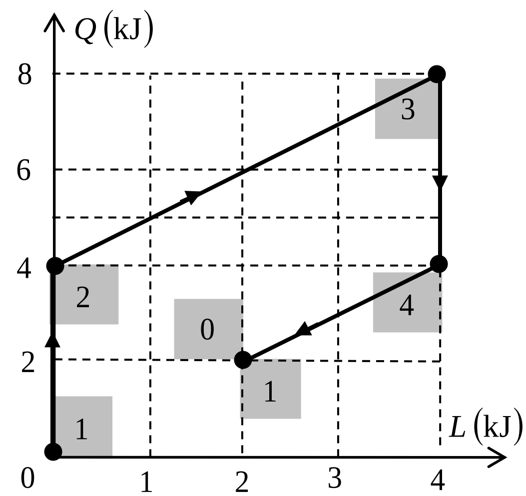
Nr. item	*Sarcina de lucru nr. 2*		Punctaj
2.a.	Pentru:		**2,50p**
	$\begin{cases} x_1 = -\infty \\ x_2 = -5 \cdot c \end{cases}$	0,20p	
	expresia primei formule fundamentale a lentilelor subţiri $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$	0,20p	
	$f = -5 \cdot c$	0,20p	
	$\begin{cases} x_1' = -d \\ x_2' = -2 \cdot c \\ f = -5 \cdot c \end{cases}$	0,20p	
	$d = \frac{10 \cdot c}{3}$	0,20p	
	realizarea unei schiţe corecte care să evidenţieze mersul razelor de lumină prin sistemul analizat în cadrul acestei sarcini de lucru *de exemplu:*  $\lvert P'A_3 \rvert = \sqrt{(4c)^2 + a^2}$ $\lvert P'B_4 \rvert = \sqrt{(4c)^2 + (4a)^2}$	0,80p	
	caz particular $c = a$ $\lvert P'A_3 \rvert = c \cdot \sqrt{17}$ $\lvert P'B_4 \rvert = 4c \cdot \sqrt{2}$	0,20p	

	$c \cdot \sqrt{17} > \frac{10}{3} \cdot c$ $4 \cdot c \cdot \sqrt{2} > \frac{10}{3} \cdot c$ *distanţele de vedere pentru bancurile optice din rândul întâi sunt mai mari decât distanţa d, deci sunt cuprinse în câmpul de vedere $[d, \infty)$ al lui Mihai, care poartă ochelari*	0,20p	
	precizarea referitoare la faptul că Mihai vede clar imaginile tuturor bancurilor optice din primul rând, atunci când poartă ochelarii de distanţă	0,30p	
Oficiu			**1,00p**
TOTAL Problema a II-a			**10p**

© Barem de evaluare şi de notare propus de:

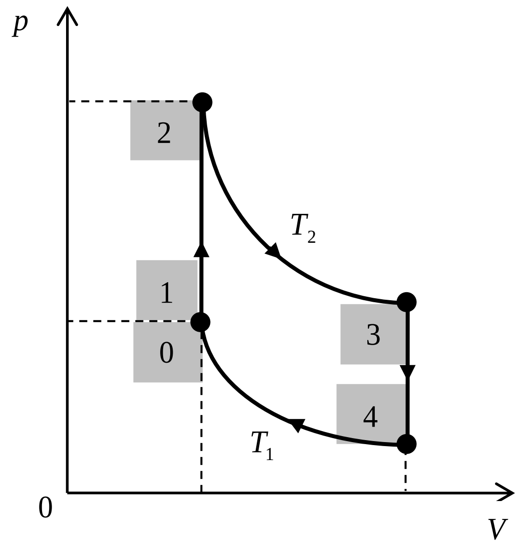
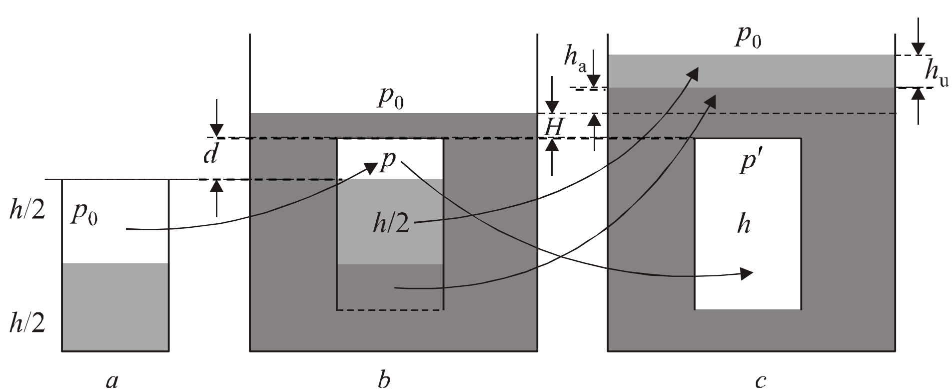
Dr. Delia DAVIDESCU – Facultatea de Fizică – Universitatea Bucureşti
Dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică — Universitatea Bucureşti

REZOLVARE ȘI BAREM PENTRU EVALUARE
Problema 3 – Termodinamică

Problema 3	**Parţial**	**Punctaj**
Barem		**10**
A. a)		**4 p**
1)	**3 p**	
În transformările $1 \to 2$ şi respectiv $3 \to 4$ gazul nu schimbă lucru mecanic cu exteriorul. Ca urmare transformările $1 \to 2$ şi respectiv $3 \to 4$ sunt transformări izocore $(V_1 = V_2; V_3 = V_4)$. Transformarea $1 \to 2$ este o încălzire izocoră, $Q_{12} = 4\,\text{kJ} > 0$ (căldură primită de gaz), evoluţia crescătoare a temperaturii gazului fiind $T_1 \to T_2$, iar evoluţia crescătoare a presiunii gazului fiind $p_1 \to p_2$. Transformarea $3 \to 4$ este o răcire izocoră, $Q_{34} = -4\,\text{kJ} < 0$ (căldură cedată de gaz), evoluţia descrescătoare a temperaturii gazului fiind $T_3 \to T_4$, iar evoluţia descrescătoare a presiunii gazului fiind $p_3 \to p_4$. Deoarece $Q_{12} = -Q_{34} = 4\,\text{kJ}$, rezultă: $Q_{12} = \nu C_v (T_2 - T_1)$; $Q_{34} = \nu C_v (T_4 - T_3) = -\nu C_v (T_3 - T_4)$; $T_2 - T_1 = T_3 - T_4$; $T_2\left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) = T_3\left(1 - \frac{T_4}{T_3}\right)$.	0,50	
Utilizând informaţiile din figura alăturată, în acord cu principiul I al termodinamicii, rezultă:  $1(p_1, V_1, T_1) \to 2(p_2, V_2, T_2)$; $L_{12} = 0$; $V = \text{constant}$; $V_2 = V_1$;	0,50	

$Q_{12} = \nu C_v (T_2 - T_1) = 4\text{ kJ} = Q > 0;$ căldură primită de gaz; $T_2 = T_1 + \frac{Q}{\nu C_v};\ \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2};\ p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1};\ p_2 = p_1\left(1 + \frac{Q}{\nu C_v T_1}\right);$		
$2(p_2, V_2, T_2) \rightarrow 3(p_3, V_3, T_3);$ $Q_{23} = aL_{23} + b;$ $Q_{23} = L_{23} = 4\text{ kJ} > 0;\ a = 1;\ b = 0;$ $Q_{23} = L_{23} = 4\text{ kJ} > 0;$ $Q_{23} > 0;$ căldură primită de gaz; $L_{23} > 0;$ lucru mecanic cedat (efectuat) de gaz; $T = \text{constant};\ T_3 = T_2;\ p_2 V_2 = p_3 V_3;$ $Q_{23} = \nu R T_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = Q;\ V_2 = V_1;$ $\ln \frac{V_3}{V_1} = \frac{Q}{\nu R T_2} = \frac{Q}{\nu R\left(T_1 + \frac{Q}{\nu C_v}\right)};$ $p_3 = \frac{p_2 V_2}{V_3} = p_1 \frac{T_2}{T_1}\frac{V_1}{V_3} = \frac{p_1 V_1}{V_3}\left(1 + \frac{Q}{\nu C_v T_1}\right);$ $p_3 = \frac{\nu R T_1}{V_3}\left(1 + \frac{Q}{\nu C_v T_1}\right);$	0,50	
$3(p_3, V_3, T_3) \rightarrow 4(p_4, V_4, T_4);$ $L_{34} = 0;\ V = \text{constant};\ V_4 = V_3;$ $Q_{34} = \nu C_v (T_4 - T_3) = -4\text{ kJ} = -Q < 0;$ căldură cedată de gaz; $Q_{34} = -\nu C_v (T_3 - T_4) = -4\text{ kJ} = -Q < 0;$ $T_3 - T_4 = \frac{Q}{\nu C_v};\ T_3 = T_2;\ T_2 - T_4 = \frac{Q}{\nu C_v};\ T_4 = T_2 - \frac{Q}{\nu C_v};$ $T_2 = T_1 + \frac{Q}{\nu C_v};\ T_4 = T_1;$ $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_4}{T_4};\ p_4 = p_3 \frac{T_4}{T_3};\ p_4 = p_3 \frac{T_1}{T_2};\ p_4 = \frac{p_3}{1 + \frac{Q}{\nu C_v T_1}};$ $p_4 = \frac{\frac{\nu R T_1}{V_3}\left(1 + \frac{Q}{\nu C_v T_1}\right)}{1 + \frac{Q}{\nu C_v T_1}} = \frac{\nu R T_1}{V_3};$	0,50	
$4(p_4, V_4, T_4) \rightarrow 1(p_1, V_1, T_1);$		

$T_4 = T_1;\ p_4V_4 = p_1V_1;\ V_4 = V_3;$ $Q_{41} = \nu RT_1 \ln\frac{V_1}{V_4} = \nu RT_1 \ln\frac{V_1}{V_3} < 0;$ $Q_{41} = -\nu RT_1 \ln\frac{V_3}{V_1} < 0;\ \ln\frac{V_3}{V_1} = \frac{Q}{\nu R\left(T_1 + \frac{Q}{\nu C_v}\right)};$ $Q_{41} = -\nu RT_1 \frac{Q}{\nu R\left(T_1 + \frac{Q}{\nu C_v}\right)};\ Q_{41} = -T_1 \frac{Q}{\left(T_1 + \frac{Q}{\nu C_v}\right)};$ $Q_{41} = -\frac{Q}{\left(1 + \frac{Q}{\nu C_v T_1}\right)};\ Q_{41} = -\frac{Q}{2};\ Q = \nu C_v T_1;\ T_1 = \frac{Q}{\nu C_v};$ $T_2 = T_1 + \frac{Q}{\nu C_v} = 2T_1 = \frac{2Q}{\nu C_v};\ \ p_2 = 2p_1;\ \ V_2 = V_1;$ $T_3 = T_2 = 2T_1 = \frac{2Q}{\nu C_v};\ p_3 = \frac{2\nu RT_1}{V_3} = \frac{2p_1V_1}{V_3};\ \ln\frac{V_3}{V_1} = \frac{C_v}{2R};$ $T_4 = T_1.$	0,50	
Pe ultimul sector al ciclului, evoluţia izotermă a sistemului începe din starea 4, sistemul eliberează căldura $Q_{40} = -2\ \text{kJ} = -\frac{Q}{2}$, primeşte lucrul mecanic $L_{40} = -2\ \text{kJ} = -\frac{Q}{2}$ şi ajunge în starea “0”, ai cărei parametri sunt: $4(p_4, V_4, T_4) \to 0(p_0, V_0, T_1);$ $T_4 = T_1;$ $Q_{40} = \nu RT_1 \ln\frac{V_0}{V_4} = -\nu RT_1 \ln\frac{V_4}{V_0} = -\nu RT_1 \ln\frac{V_3}{V_0} = -\frac{Q}{2};$ $\ln\frac{V_3}{V_0} = \frac{Q}{2\nu RT_1};\ Q = \nu C_v T_1;\ \ln\frac{V_3}{V_0} = \frac{C_v}{2R};$ $\ln\frac{V_3}{V_1} = \frac{C_v}{2R};\ V_0 = V_1;$ $p_4V_4 = p_0V_0 = p_0V_1;$ $p_0 = \frac{p_4V_4}{V_1} = \frac{\nu RT_1}{V_3}\frac{V_4}{V_1} = \frac{p_1V_1}{V_3}\frac{V_3}{V_1} = p_1;$ $0(p_0, V_0, T_1) \equiv 1(p_1, V_1, T_1).$ $T_2 = T_{max};\ T_1 = T_{min};\ \frac{T_{max}}{T_{min}} = \frac{T_2}{T_1} = 2.$	0,50	

2)	**1 p**	
Graficul transformării ciclice, transpus în diagrama (p,V) este reprezentat în figura alăturată. 	1,00	
B. b)		**3 p**
1)	**1,50 p**	
După înlăturarea foliei de la gura paharului și după realizarea stării de echilibru, evidențiată în desenul *b* din figura alăturată, evoluția aerului din pahar fiind izotermă, rezultă: $$p_0V_0 = pV; \quad p_0\frac{h}{2} = pd;$$ $$p + \rho g\frac{h}{2} = \rho_o + \rho_0 g\left(\frac{h}{2} + d + H\right);$$ $$H = \frac{p_0}{\rho_0 g}\left(\frac{h}{2d} - 1\right) + \frac{h}{2}\left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1\right) - d.$$ 	1,50	
2)	**1,50 p**	
Evoluția sistemului, până la evacuarea celor două straturi de lichid din pahar și așezarea lor așa cum indică desenul *c* din aceeași figură, înseamnă extinderea aerului în tot paharul într-o transformare generală astfel încât avem:		

<table>
<tr><td>

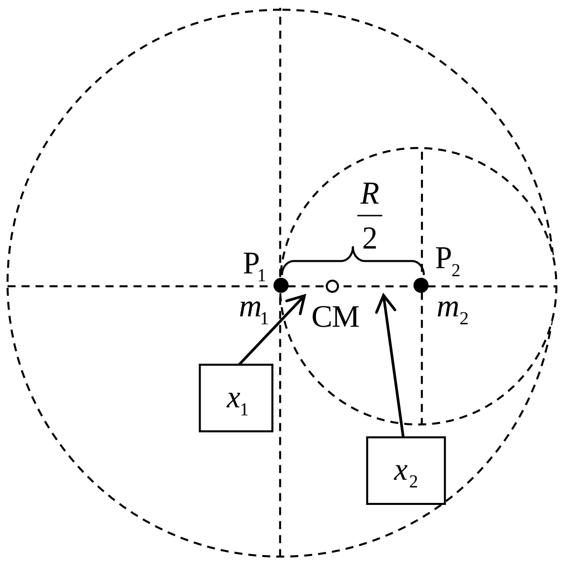
$$\frac{pV}{T}=\frac{p'V'}{T'};\quad \frac{T'}{T}=2\frac{p'}{p_0};\ p'=\rho_0 g\,(h+H+h_a)+\rho g h_u;$$

$$h_u=\frac{s}{S}\frac{h}{2};\quad h_a=\frac{s}{S}\left(\frac{h}{2}-d\right);\ \frac{T'}{T}=\frac{2g}{p_0}\left[\rho_0\left(h+H+h_a\right)+\rho h_u\right].$$

</td><td>1,50</td><td></td></tr>
<tr><td>C. c)</td><td></td><td>2 p</td></tr>
<tr><td>

Notații: ρ_1 – densitatea gazului în sfera mare; ρ_2 – densitatea gazului în sfera mică.

La momentul inițial, înaintea exploziei sferei interioare, centrul de masă (CM) al aparatului, reprezentat în desenul din figura alăturată, se determină ca fiind centrul de masă al unui sistem format din două puncte materiale:



- punctul material P_1, situat în centrul sferei mari, având masa:

$$m_1=\rho_1\cdot\frac{4\pi R^3}{3},$$

ca și cum acest gaz ar umple în întregime sfera mare, unde ρ_1 este densitatea gazului din sfera mare;

- punctul material P_2, situat în centrul sferei mici, având masa:

$$m_2=\left(\rho_2-\rho_1\right)\cdot\frac{4\pi R^3}{24},$$

ca și cum un gaz cu densitatea $\left(\rho_2-\rho_1\right)$, ar umple în întregime sfera mică.

Pentru a stabili poziția CM al sistemului, înaintea exploziei, rezultă:

$$m_1x_1=m_2x_2;\ x_1+x_2=\frac{R}{2};$$

$$x_1=\frac{m_2}{m_1+m_2}\cdot\frac{R}{2};\ x_2=\frac{m_1}{m_1+m_2}\cdot\frac{R}{2};$$

</td><td>0,25

0,25

0,25</td><td></td></tr>
</table>

$$x_1=\frac{\rho_2-\rho_1}{7\rho_1+\rho_2}\cdot\frac{R}{2};\ x_2=\frac{8\rho_1}{7\rho_1+\rho_2}\cdot\frac{R}{2}.$$ Explozia din aparat nu modifică poziția centrului de masă al sistemului. Deoarece după explozie întregul aparat se deplasează pe distanța *d*, înseamnează că centrul de masă al aparatului se află la distanța *d* față de poziția inițială a centrului sferei mari.	0,25	
În aceste condiții, rezultă: $$x_1=\frac{\rho_2-\rho_1}{7\rho_1+\rho_2}\cdot\frac{R}{2}=d;$$ $$\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{R+14d}{R-2d};\ \rho_2=\frac{R+14d}{R-2d}\cdot\rho_1.$$	0,25	
După explozie, centrul de masă al aparatului este centrul de masă al sferei cu raza *R*, plină cu un gaz având densitatea: $$\rho=\frac{\rho_1\left(\frac{4\pi R^3}{3}-\frac{4\pi R^3}{24}\right)+\rho_2\frac{4\pi R^3}{24}}{\frac{4\pi R^3}{3}}=\rho_1+\frac{\rho_2-\rho_1}{8}=\frac{7\rho_1+\rho_2}{8};$$	0,25	
$$\rho=\frac{R}{R-2d}\cdot\rho_1.$$	0,25	
Rezultă: $$\frac{p_{\text{final}}}{p_{\text{initial}}}=\frac{\rho_{\text{final}}}{\rho_{\text{initial}}}=\frac{\rho}{\rho_1}=\frac{R}{R-2d}.$$	0,25	
Oficiu		**1 p**

Prof. dr. Mihail Sandu, Liceul Tehnologic de Turism, Călimăneşti