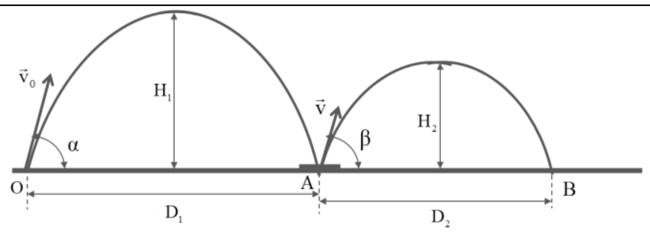
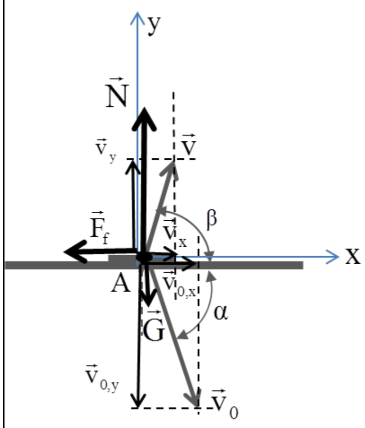
Olimpiada Națională de Fizică
Târgu Jiu 2017
Proba teoretică

X

Barem de corectare

Subiectul I

	barem	parțial	total
A	 $H=\frac{v_0^2\sin^2\alpha_0}{2g}$, $D=\frac{2v_0^2\sin\alpha_0\cos\alpha_0}{g}$ $H_1=\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$ si $D_1=\frac{2v_0^2\sin\alpha\cos\alpha}{g}$, $H_2=\frac{v^2\sin^2\beta}{2g}$ si $D_2=\frac{2v^2\sin\beta\cos\beta}{g}$	1p	4p
	 La ciocnirea din punctul A apar forțele de contact: $\vec{F_f}$ – forța de frecare pe direcția orizontală, respectiv $\vec{N}$ – normala și greutatea $\vec{G}$, pe direcția verticală $mv\cos\beta-mv_0\cos\alpha=-\mu N\Delta t$ $mv\sin\beta+mv_0\sin\alpha=(N-mg)\Delta t$ $mv\cos\beta-mv_0\cos\alpha=-\mu N\Delta t$ $mv\sin\beta+mv_0\sin\alpha=N\Delta t$ $\frac{-v\cos\beta+v_0\cos\alpha}{v\sin\beta+v_0\sin\alpha}=\mu$	2p	
	$\mu=\frac{1}{4}\frac{-\frac{D_2}{\sqrt{H_2}}+\frac{D_1}{\sqrt{H_1}}}{\sqrt{H_2}+\sqrt{H_1}}$	1p	
B	**a**. Randamentul ciclului Carnot: $\eta=\frac{L}{Q_1}=\frac{Q_1-\lvert Q_2\rvert}{Q_1}=1-\frac{T_{min}}{T_{max}}$ Eficiența mașinii frigorifice: $\varepsilon=\frac{Q_2}{\lvert L\rvert}=\frac{Q_2}{\lvert Q_1\rvert-Q_2}=\frac{1-\eta}{\eta}=\frac{T_{min}}{T_{max}-T_{min}}$ La funcționarea mașinii frigorifice între $T_{aer}=T_{max}$ și $T=T_{min}$, pentru un ciclu, eficiența va fi: $\varepsilon=\frac{T}{T_{aer}-T}$	1p	5p

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.

	b. La repetarea fiecărui ciclu, lucrul mecanic (elementar) primit este: $\left\|L_{ciclui}\right\| = Q_{ciclui} \cdot \frac{T_{aer}-T_i}{T_i} = mc \cdot \Delta T_i \cdot \frac{T_{aer}-T_i}{T_i} = mcT_{aer}\frac{\Delta T_i}{T_i} - mc \cdot \Delta T_i$ La funcționarea mașinii frigorifice între T_1 și T_2, numărul de cicluri parcurse fiind foarte mare (N): $\left\|L_{total}\right\| \approx \sum_{i=1}^{N}\left(mcT_{aer}\frac{\Delta T_i}{T_i} - mc \cdot \Delta T_i\right) = mcT_{aer}\sum_{i=1}^{N}\frac{\Delta T_i}{T_i} - mc\sum_{i=1}^{N}\Delta T_i$ unde $T(i=1)=T_1$ si $T(i=N)=T_2$. În final se obține: $\Rightarrow \left\|L_{total}\right\| = mcT_{aer}\ln\frac{T_2}{T_1} - mc\,(T_2-T_1) = mc\left(T_{aer}\ln\frac{T_2}{T_1} + T_1 - T_2\right)$	3p	
	c. Procesul poate fi împărțit în două: 1) răcirea apei de la T_{aer} la T_0 și 2) solidificarea apei la temperatura T_0, în care se extrage de la sursa rece căldura de solidificare $m\lambda$: $\left\|L\right\| = \left\|L_{racire}\right\| + \left\|L_{solidificare}\right\|$ $\left\|L_{racire}\right\|$ se găsește din rezultatul de la punctul b) ținând cont că $T_1 = T_{aer}$ și $T_2 = T_0$. Solidificarea are loc la temperatura T_0 astfel încât eficiența se poate scrie sub forma $\varepsilon = \frac{Q_s}{\left\|L_{solidificare}\right\|} = \frac{m\lambda}{\left\|L_{solidificare}\right\|} = \frac{T_0}{T_{aer}-T_0}$ de unde se obține: $\left\|L_{solidificare}\right\| = m\lambda\frac{T_{aer}-T_0}{T_0}$ În final: $\left\|L\right\| = mcT_{aer}\ln\frac{T_0}{T_{aer}} - mc\,(T_0-T_{aer}) + m\lambda\frac{T_{aer}-T_0}{T_0}$, $\left\|L\right\| = mc\left(T_{aer}\ln\frac{T_0}{T_{aer}} + T_{aer} - T_0\right) + m\lambda\frac{T_{aer}-T_0}{T_0}$	1p	
oficiu			1p
total			**10p**

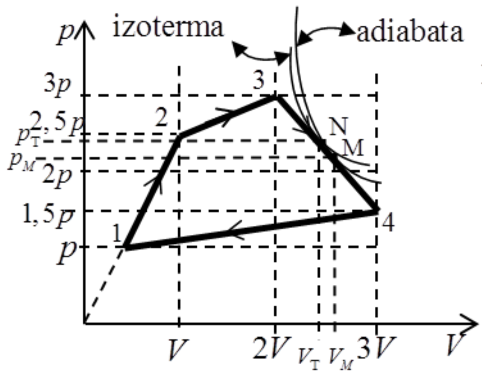
Subiectul II

	barem	**parțial**	**total**
Situația 1	**a**. Deoarece pistoanele sunt mobile rezultă că $p_1 = p_2 = \cdots = p_i = \cdots = p_n$. Deoarece pistoanele $P_2, P_3 \ldots . P_{i-1} \ldots .. P_{n-1}$ sunt termoconductoare rezultă că $T_2 = \cdots = T_i = \cdots = T_n$, atunci $V_2 = \cdots = V_i = \cdots = V_n$.	1p	**5p**
	Gazul din compartimentul i suferă aceeași transformare ca ansamblul $2 \div n$, adică o transformare descrisă prin $T_0 V_0^{\gamma-1} = T_i V_k^{\gamma-1}$ cu $k = 2 \div n$ Astfel, $V_i = \frac{\nu R T_0}{p_0}\left(\frac{T_0}{T_i}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$ și $p_k = p_0\left(\frac{T_i}{T_0}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$ cu $k = 1 \div n$.	1p	
	Din conservarea volumului rezultă că $nV_0 = (n-1)V_i + V_1$, astfel că: $V_1 = \frac{\nu R T_0}{p_0}\left[n - (n-1)\left(\frac{T_0}{T_i}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\right]$, $T_1 = T_0\left(\frac{T_i}{T_0}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}\left[n - (n-1)\left(\frac{T_0}{T_i}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\right]$, $\Delta U_1 = \nu\frac{R}{\gamma-1}(T_1 - T_0)$ și $\Delta U_i = \nu\frac{R}{\gamma-1}(T_i - T_0) = \Delta U_2 = \cdots = \Delta U_n$.	1p	
	b. $Q = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \cdots + \Delta U_n$ $Q = \Delta U_1 + (n-1)\Delta U_2$. Prin urmare, $Q = (n-1)\nu\frac{R}{\gamma-1}(T_i - T_0) + \nu\frac{R}{\gamma-1}(T_1 - T_0)$.	1p	
	c. Pentru gazul din compartimentul (1) $Q = Q_1 = \Delta U_1 + L_{1,2}$, rezultă că $L_{1,2} = (n-1)\nu\frac{R}{\gamma-1}(T_i - T_0)$	1p	
Situația 2	**a**. Deoarece pistoanele sunt mobile rezultă că $p_1 = p_2 = \cdots = p_i = \cdots = p_n$; Deoarece pistoanele $P_1, P_2 \ldots . P_{i-1}$ sunt termoconductoare rezultă că $T_1 = T_2 = \cdots = T_{i-1}$ și deoarece pistoanele $P_{i+1}, \ldots . P_n$ sunt termoconductoare rezultă că $T_{i+1} = \cdots = T_n$. Aceasta conduce la faptul că $V_1 = V_2 = \cdots = V_{i-1}$și $V_{i+1} = \cdots = V_n$.	0,5p	**4p**
	Gazul din compartimentul i suferă aceeași transformare ca ansamblul de la $i+1$ la n, adică o transformare descrisă prin $T_0 V_0^{\gamma-1} = T_i V_k^{\gamma-1}$ cu $k = i \div n$. Prin urmare parametrii gazului din compartimentul (i) sunt aceeași cu ai gazului din oricare din compartimentele $i, i+1 \ldots . n$. Astfel $V_i = \cdots = V_n = V_0\left(\frac{T_0}{T_i}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$, $p_1 = \cdots = p_i = \cdots = p_n = p_0\left(\frac{T_i}{T_0}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$ și $T_i = \cdots = T_n$.	0,5p	

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.

	Din conservarea volumului $nV_0 = (i-1)V_1 + (n-i+1)V_i$, de unde $V_1 = \frac{nV_0-(n-i+1)V_i}{(i-1)}$, $V_1 = V_0 \frac{n-(n-i+1)\left(\frac{T_0}{T_i}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}}{(i-1)}$.	0,5p	
	Din ecuația de stare pentru gazul din compartimentul (1) rezultă că $T_1 = \frac{p_1V_1}{\nu R}$, sau $T_1 = T_0\left(\frac{T_i}{T_0}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \frac{n-(n-i+1)\left(\frac{T_0}{T_i}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}}{(i-1)}$. Variația energiei interne $\Delta U_1 = \cdots = \Delta U_{i-1} = \nu\frac{R}{\gamma-1}(T_1 - T_0)$ $\Delta U_i = \cdots = \Delta U_n = \nu\frac{R}{\gamma-1}(T_i - T_0)$.	0,5p	
	b. $Q = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \cdots + \Delta U_n$ $Q = (i-1)\Delta U_1 + (n-i+1)\Delta U_i$ $Q = \nu\frac{R}{\gamma-1}[(i-1)T_1 + (n-i+1)T_i - nT_0]$	1p	
	c. $Q = \Delta U_1 + L_{1,2}$, prin urmare $L_{1,2} = \nu\frac{R}{\gamma-1}[(i-2)T_1 + (n-i+1)T_i - (n-1)T_0]$	1p	
oficiu			**1p**
total			**10**

Subiectul III

<table>
<tr><th></th><th>barem</th><th>parțial</th><th>total</th></tr>
<tr><td>a.</td><td>Se calculează, din grafic, aria de sub graficul procesului între fiecare două stări succesive şi axa volumului.


M - punctul de tangenta pt. adiabata
N - punctul de tangenta pt. izoterma

Ecuaţia transformării (1,2) este:
$p=aV$; $p_1=aV_1$, $p_2=aV_2$; $p=aV_1$, $\frac{5}{2}p=aV$; $V_1=\frac{2}{5}V$.
$$L_{1,2}=\frac{p_1+p_2}{2}(V_2-V_1)=\frac{p+\frac{5}{2}p}{2}\left(V-\frac{2}{5}V\right)=\frac{21}{20}pV.$$
$$L_{2,3}=\frac{p_3+p_2}{2}(V_3-V_2)=\frac{3p+\frac{5}{2}p}{2}(2V-V)=\frac{11}{4}pV.$$
$$L_{3,4}=\frac{p_3+p_4}{2}(V_4-V_3)=\frac{3p+\frac{3}{2}p}{2}(3V-2V)=\frac{9}{4}pV.$$
$$L_{4,1}=\frac{p_4+p_1}{2}(V_1-V_4)=\frac{p+\frac{3}{2}p}{2}(V-3V)=-\frac{13}{4}pV.$$
$$L_{total}=L_{1,2}+L_{2,3}+L_{3,4}+L_{4,1}=\left(\frac{21}{20}+\frac{11}{4}+\frac{9}{4}-\frac{13}{4}\right)pV=\frac{14}{5}pV$$</td><td>1p

1p</td><td rowspan="2">9p</td></tr>
<tr><td>b.</td><td>Pentru determinarea randamentului trebuie să estimăm căldura schimbată de gaz cu sursele de căldură şi mai ales Q_{abs} şi Q_{cedat} .
$$Q_{1,2}=L_{1,2}+\Delta U_{1,2}\ ,\ Q_{1,2}=L_{1,2}+\frac{3}{2}\left(\frac{5}{2}pV-\frac{2}{5}pV\right);\ Q_{1,2}=\frac{21}{5}pV.$$
$$Q_{2,3}=L_{2,3}+\Delta U_{2,3}\ ,\ Q_{2,3}=L_{2,3}+\frac{3}{2}\left(6pV-\frac{5}{2}pV\right);\ Q_{2,3}=8pV.$$</td><td>1p</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, 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.

Pe transformarea (3,4) , o transformare liniară cu pantă negativă, gazul pe prima parte a destinderii primeşte căldură, iar de la o stare intermediară cedează căldură. Determinarea parametrilor acestei stări se face determinând maximul funcţiei de căldură şi este punctul în care adiabata corespunzătoare destinderii acestei cantităţi de gaz este tangentă la dreapta transformării, adică starea M din figură.

Vom nota parametrii stării de la care se schimbă sensul căldură schimbate cu exteriorul: V_x, p_x.

Determinarea parametrilor funcţiei liniare ce descrie transformarea (3,4) se face din faptul că cele două stări aparţin acestei transformări:

$$p=mV+n\ ,\ p_3=mV_3+n\ ,\ p_4=mV_4+n\ ;\ n=6p, m=-\frac{3p}{2V}\ ;\ p_x - \frac{3p}{2V}V_x+6p$$

Atunci:

$$Q_{3,x}=L_{3,x}+\Delta U_{3,x}\ ,\ Q_{3,x}=L_{3,x}+\frac{3}{2}\left(p_xV_x-p_3V_3\right).$$

$$Q_{3,x}=\frac{p_3+p_x}{2}\left(V_x-V_3\right)+\frac{3}{2}\left(p_xV_x-p_3V_3\right)$$

$$Q_{3,x}=2p_xV_x-2p_3V_3+\frac{1}{2}p_3V_x-\frac{1}{2}p_xV_3=$$

$$=2\left(mV_x+n\right)V_x-2p_3V_3+\frac{1}{2}p_3V_x-\frac{1}{2}\left(mV_x+n\right)$$

$$Q_{3,x}=2\left(-\frac{3p}{2V}V_x+6p\right)V_x-6pV+\frac{3}{2}pV_x-\frac{1}{2}\left(-\frac{3p}{2V}V_x+6p\right)$$

$$Q_{3,x}=-\frac{3p}{V}V_x^2+15pV_x-18pV$$

Maximul de absorţie de căldură este pentru:

$$V_x=V_M=-\frac{b}{2a}=-\frac{15p}{-\frac{6p}{V}}=\frac{5}{2}V\ ,\ p_x=p_M=\frac{9}{4}p,$$

$$Q_{3,M}=\frac{3}{4}pV$$

2p

	Pe porţiunea $(M,4)$ gazul cedează căldură sursei reci : $Q_{M,4}=L_{M,4}+\Delta U_{M,4}$, $Q_{M,4}=L_{M,4}+\frac{3}{2}(p_3V_4-p_MV_M)$. $Q_{3,M}=\frac{p_4+p_M}{2}(V_4-V_M)+\frac{3}{2}(p_3V_4-p_MV_M)$. $Q_{3,M}=-\frac{3}{4}pV$ $Q_{abs}=Q_{1,2}+Q_{2,3}+Q_{3,M}=\frac{21}{5}pV+8pV+\frac{3}{4}pV=\frac{259}{20}pV$	1p	
	$Q_{cedat}=Q_{M,4}+Q_{4,1}=-\left(\frac{3}{4}pV+\frac{47}{5}pV\right)=-\frac{203}{20}pV$, $\lvert Q_{cedat}\rvert=\frac{203}{20}pV$. $\eta=1-\frac{\lvert Q_{cedat}\rvert}{Q_{abs}}=1-\frac{\frac{203}{20}}{\frac{259}{20}}=1-\frac{203}{259}=\frac{56}{259}=0,216$, $\eta=21,6\%$	1p	
c.	Pe transformarea (3,4) se atinge temperatura maximă, adică starea N din desen. Parametrii stării N vor fi: (V_T,p_T) $p_TV_T=\nu RT_{max}$, starea N se află pe dreapta 3-4 deci: $p_T=mV_T+n=-\frac{3p}{2V}V_T+6p$ $\left(-\frac{3p}{2V}V_T+6p\right)V_T=\nu RT_{max}$, $-\frac{3p}{2V}V_T^2+6pV_T-\nu RT_{max}=f(V_T)$. Funcţia are un maxim când: $\Delta=0$ $\Delta=b^2\text{-}4ac$, $36p^2-4\left(-\frac{3p}{2V}\right)(-\nu RT_{max})=0$, $T_{max}=\frac{6pV}{\nu R}=T_3$ Randamentul Carnot: $\eta=1-\frac{T_{min}}{T_{max}}$, $\eta=1-\frac{T_1}{T_{max}}=\frac{14}{15}=0,933$	2p	
oficiu			**1p**
Total			**10p**

Subiecte propuse de:

Conf. univ. dr. ***Paul BARVINSCHI***, *Universitatea de Vest din Timișoara*

Prof. ***Ioan POP***, Colegiul Naţional *Mihai Eminescu*, Satu Mare

Prof. ***Constantin GAVRILĂ***, Colegiul Naţional *Sf. Sava*, 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, 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.