



Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare

Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013

Proba teoretică



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

Problema a III-a
Pompa de bicicletă

Nr. item	Sarcina de lucru nr. 1	Punctaj
1.a.	<p>Pentru:</p> <p>expresia numărului de moli de aer, aflat inițial în camera roții de bicicletă, la presiunea atmosferică p_0 și la temperatura T_0</p> $v_{initial} = \frac{p_0 \cdot V_r}{R \cdot T_0}$ <p style="text-align: right;">0,20p</p> <p>expresia numărului de moli de aer introduși în camera roții de bicicletă, la o singură cursă a pistonului pompei de bicicletă</p> $\begin{cases} v_0 = \frac{p_0 \cdot V_p}{R \cdot T_0} \\ v_0 = \frac{p_0 \cdot V_r}{R \cdot T_0 \cdot N} \end{cases}$ <p style="text-align: right;">0,20p</p> <p>expresia numărului de moli de aer din camera roții de bicicletă, după ce Andrei efectuează k pompări $v_k = v_{initial} + k \cdot v_0$</p> <p style="text-align: right;">0,20p</p> $v_k = \frac{p_0 \cdot V_r}{R \cdot T_0} \cdot \left(1 + \frac{k}{N}\right)$ <p style="text-align: right;">0,20p</p>	0,80p
1.b.	<p>Pentru:</p> <p>expresia presiunii aerului din camera de bicicletă, după ce Andrei a efectuat k pompări</p> <p style="text-align: right;">0,20p</p> $p_k \cdot V_r = v_k \cdot R \cdot T_0$ $p_k = p_0 \cdot \frac{N + k}{N}$ <p style="text-align: right;">0,20p</p>	0,40p

1.c.	Pentru: legea transformării izoterme aplicată pentru aerul din pompa de bicicletă $p_0 \cdot \frac{V_r}{N} = p_k \cdot S \cdot (\ell - x_{k+1})$ 0,20p $x_{k+1} = \ell \cdot \frac{k}{N+k}$ 0,20p	0,40p
1.d.	Pentru: $p_0 \cdot \frac{V_r}{N} = p(x) \cdot \frac{V_r}{N \cdot \ell} \cdot (\ell - x), \text{ pentru } 0 \leq x \leq \frac{k \cdot \ell}{N+k}$ 0,20p $p(x) \cdot \left[V_r + (\ell - x) \cdot \frac{V_r}{N \cdot \ell} \right] = p_{k+1} \cdot V_r, \text{ pentru } \frac{k \cdot \ell}{N+k} < x \leq \ell$ 0,20p $p(x) = \begin{cases} \frac{p_0}{\left(1 - \frac{x}{\ell}\right)}, & 0 \leq x \leq \frac{k \cdot \ell}{N+k} \\ \frac{p_0 \cdot (N+k+1)}{(N+1) - \frac{x}{\ell}}, & \frac{k \cdot \ell}{N+k} < x \leq \ell \end{cases}$ 0,20p	0,60p
Nr. item	Sarcina de lucru nr. 2	Punctaj
2.a.	Pentru: expresia energiei interne a aerului aflat sub pistonul pompei $\begin{cases} U(x) = \nu_1 \cdot C_v \cdot T_0 \\ U(x) = \nu_1 \cdot \frac{R}{\gamma-1} \cdot T_0, \end{cases} \quad 0 \leq x \leq x_{k+1}$ 0,20p $U(x) = \frac{p_0 \cdot V_r}{(\gamma-1) \cdot N} = \text{const}, \quad \text{pentru } 0 \leq x \leq \frac{k \cdot \ell}{N+k}$ 0,20p $U(x) = \nu(x) \cdot \frac{R}{\gamma-1} \cdot T_0, \quad \text{pentru } \frac{k \cdot \ell}{N+k} < x \leq \ell$ 0,20p $\frac{p_0 \cdot (N+k+1)}{N + \left(1 - \frac{x}{\ell}\right)} \cdot \frac{V_r}{N \cdot \ell} \cdot (\ell - x) = \nu(x) \cdot R \cdot T_0 \quad \text{pentru } \frac{k \cdot \ell}{N+k} < x \leq \ell$ 0,20p expresia variației energiei interne a aerului din cilindrul pompei în cursul celei de a $(k+1)$ pompări, în funcție de distanța x $U(x) = \begin{cases} U_0 = \frac{p_0 \cdot V_r}{(\gamma-1) \cdot N}, & \text{pentru } 0 \leq x \leq \frac{k \cdot \ell}{N+k} \\ \frac{p_0 \cdot V_r}{(\gamma-1) \cdot N} \cdot (N+k+1) \cdot \frac{\left(1 - \frac{x}{\ell}\right)}{N + \left(1 - \frac{x}{\ell}\right)}, & \text{pentru } \frac{k \cdot \ell}{N+k} < x \leq \ell \end{cases}$ 0,40p	1,20p

Nr. item	Sarcina de lucru nr. 3	Punctaj
3.a.	<p>Pentru:</p> $p_{k_0-1} < n \cdot p_0 \leq p_{k_0} \quad 0,20p$ $p_{k_0} = p_0 \cdot \frac{N + k_0}{N} \quad 0,20p$ $k_0 \geq N \cdot (n - 1), \quad 0,20p$ <p>numărul k_0 de curse ale pistonului nu poate fi decât un număr natural</p> $k_0 = N \cdot (n - 1), \quad \text{dacă } N \cdot (n - 1) \text{ este un număr natural} \quad 0,60p$ <p>sau</p> $k_0 = [N \cdot (n - 1)] + 1, \quad \text{dacă } N \cdot (n - 1) \text{ nu este un număr natural}$	1,20p
3.b.	<p>Pentru:</p> <p>expresia lucrului mecanic efectuat de Andrei asupra celor ν_1 moli de aer, care evoluează izoterm de la presiunea p_0 la presiunea p_{k-1} 0,20p</p> $L_{K,I} = \nu_1 \cdot R \cdot T_0 \cdot \ln \frac{p_{k-1}}{p_0}$ $L_{K,I} = \frac{p_0 \cdot V_r}{N} \cdot \ln \frac{N + k - 1}{N} \quad 0,20p$ <p>expresia lucrului mecanic efectuat de Andrei asupra celor ν_k moli de aer, care evoluează izoterm de la presiunea p_{k-1} la presiunea p_k 0,20p</p> $L_{K,II} = \nu_k \cdot R \cdot T_0 \cdot \ln \frac{p_k}{p_{k-1}}$ $L_{K,II} = \frac{p_0 \cdot V_r \cdot (N + k)}{N} \cdot \ln \frac{N + k}{N + k - 1} \quad 0,20p$ <p>expresia lucrului mecanic total efectuat de Andrei, în cursul pompării cu numărul k 0,20p</p> $\begin{cases} L_{K,total} = L_{K,I} + L_{K,II} \\ L_{K,total} = \frac{p_0 \cdot V_r}{N} \cdot \ln \frac{N + k - 1}{N} + \frac{p_0 \cdot V_r \cdot (N + k)}{N} \cdot \ln \frac{N + k}{N + k - 1} \\ L_{K,total} = \frac{p_0 \cdot V_r}{N} \cdot \left[\ln \frac{N + k - 1}{N} + (N + k) \cdot \ln \frac{N + k}{N + k - 1} \right] \end{cases}$ <p>expresia lucrului mecanic total efectuat de Andrei, din momentul începerii pompării până când presiunea din camera de bicicletă atinge valoarea $n \cdot p_0$ 0,20p</p> $L_{total} = \frac{p_0 \cdot V_r}{N} \cdot \sum_{k=1}^{N \cdot (n-1)} \left[\ln \frac{N + k - 1}{N} + (N + k) \cdot \ln \frac{N + k}{N + k - 1} \right]$	1,20p

3.c.	<p>Pentru:</p> $Q = \Delta U + L$ <p>expresia energiei interne inițiale a aerului din sistemul pompă – cameră de bicicletă</p> $U_{initial} = (v_{initial} + v_1) \cdot \frac{R \cdot T_0}{\gamma - 1}$ $U_{initial} = \frac{p_0 \cdot V_r \cdot (N + 1)}{(\gamma - 1) \cdot N}$ <p>expresia energiei interne a aerului în starea finală</p> $U_{final} = v_{k_0} \cdot \frac{R \cdot T_0}{\gamma - 1}$ $U_{final} = \frac{n \cdot p_0 \cdot V_r}{(\gamma - 1)}$ <p>expresia variației energiei interne a aerului din sistemul pompă – cameră de bicicletă</p> $\Delta U = U_{final} - U_{initial} = \frac{p_0 \cdot V_r}{(\gamma - 1)} \cdot \left[n - \frac{N + 1}{N} \right]$ <p>expresia lucrului mecanic primit de aerul din sistemul pompă – cameră de bicicletă</p> $L = -\frac{p_0 \cdot V_r}{N} \cdot \sum_{k=1}^{N \cdot (n-1)} \left[\ln \frac{N + k - 1}{N} + (N + k) \cdot \ln \frac{N + k}{N + k - 1} \right]$ <p>expresia cantității de căldură schimbată de aerul din sistemul pompă – cameră de bicicletă, cu aerul atmosferic din mediul exterior, din momentul începerii pompării până când presiunea aerului din camera roții de bicicletă atinge valoarea $n \cdot p_0$</p> $Q = \frac{p_0 \cdot V_r}{(\gamma - 1)} \cdot \left[n - \frac{N + 1}{N} \right] - \frac{p_0 \cdot V_r}{N} \cdot \sum_{k=1}^{N \cdot (n-1)} \left[\ln \frac{N + k - 1}{N} + (N + k) \cdot \ln \frac{N + k}{N + k - 1} \right]$	<p>1,60p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p>
Nr. item	Sarcina de lucru nr. 4	Punctaj
4.a.	<p>Pentru:</p> <p>numărul de moli de gaz din camera roții după $k = 10$ pompări</p> $v_{10} = 0,43 \text{ moli}$	<p>0,20p</p> <p>0,20p</p>
4.b.	<p>Pentru:</p> <p>valoarea numerică a presiunii din camera roții de bicicletă după zece pompări</p> $p_{10} = 1,52 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$	<p>0,20p</p> <p>0,20p</p>
4.c.	<p>Pentru:</p> <p>numărul de pompări pentru care presiunea din camera roții atinge valoarea $n \cdot p_0$</p> $\begin{cases} k_0 = [20 \cdot (2,51 - 1)] + 1 \\ k_0 = 31 \end{cases}$	<p>0,20p</p> <p>0,20p</p>

4.d.	Pentru: valoarea lucrului mecanic efectuat de Andrei în cursul celei de zecea pompări $\left\{ \begin{aligned} L_{10, total} &= \frac{\left(1,01 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}\right) \cdot (7,00 \cdot 10^{-3} m^3)}{20} \cdot \left[\ln \frac{29}{20} + 30 \cdot \ln \frac{30}{29} \right] \\ L_{10, total} &\cong 49,1 J \end{aligned} \right.$	0,20p	0,20p
4.e.	Pentru: expresia variației de energie internă a aerului din sistemul pompa – cameră, în cursul celei de-a zecea pompări $\left\{ \begin{aligned} \Delta U_{10} &= \nu_0 \cdot C_v \cdot T_0 \\ \Delta U_{10} &= \frac{p_0 \cdot V_r}{N} \cdot \frac{1}{\gamma - 1} \end{aligned} \right.$ $\Delta U_{10} = 88,4 J$ expresia cantității de căldură schimbate de aerul din sistemul pompă – cameră de bicicletă, cu mediul exterior, în cursul celei de a zecea pompări $Q_{10} = \Delta U_{10} + L_{10}$ $\left\{ \begin{aligned} Q_{10} &= 88,4 J - 49,1 J \\ Q_{10} &= 39,3 J \end{aligned} \right.$	0,20p 0,20p 0,20p 0,20p	0,80p
Oficiu			1,00p
TOTAL Problema a III-a			10p

© Barem de evaluare și de notare propus de:

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București