

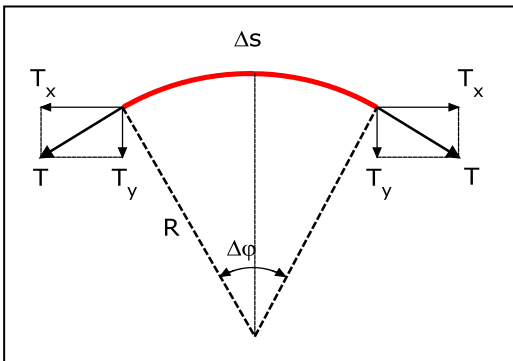


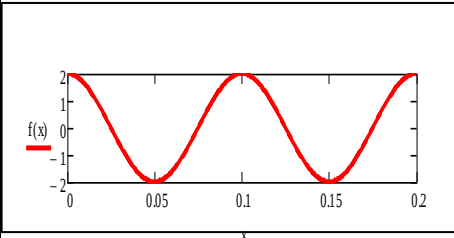
Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică

XI

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

Problema I
Unde transversale

Nr. item	Sarcina de lucru nr. 1	Punctaj
1.a.	O porțiune foarte mică de coardă poate fi considerată ca un arc de cerc de lungime Δs. Componentele T_x se anulează reciproc și asupra elementului de coardă acționează forța centripetă $F_{cp} = 2T_y$. Deci $\frac{\Delta m \cdot v^2}{R} = 2T \sin \frac{\Delta \varphi}{2} = T \Delta \varphi = T \frac{\Delta s}{R}$ $\frac{\mu \Delta s \cdot v^2}{R} = T \frac{\Delta s}{R}$ De aici $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ Pentru a nu face confuzii cu alte notații ulterioare notăm viteza perturbației cu c și tensiunea din coardă cu F. 	
1.b.	Evident, constanta $\eta = 1$.	

Nr. item	Sarcina de lucru nr. 2	Punctaj
2.a.	Considerând ecuația dată și folosind identitatea trigonometrică $\cos \alpha \cos \beta = \frac{\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)}{2}$ obținem $y(x, t) = \frac{A}{2} \cos(\omega t + kx) + \frac{A}{2} \cos(\omega t - kx)$	
2.b.	 Un grafic pentru $A = 2$ unități convenționale și $\lambda = 0,1$ m este cel din figura alăturată. Poate fi desenat și un grafic pur calitativ.	



Barem de evaluare și de notare

Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

2.c.	Cele două unde care interferă sunt două unde identice cu amplitudinea $\frac{A}{2}$ care se propagă în sensuri opuse pe coardă. Sursele celor două unde trebuie să oscileze în fază.	
2.d.	Viteza oscilațiilor unui punct de pe coardă este $v = \frac{dy}{dt} = -\omega A \cos kx \sin \omega t$ iar deformația relativă este $\varepsilon = \frac{dy}{dx} = -kA \sin kx \cos \omega t$ Energia cinetică a unui element de masă al coardei și densitatea de energie vor fi $dE_c = \frac{dm}{2} v^2 = \frac{dm}{2} \omega^2 A^2 \cos^2 kx \sin^2 \omega t = \frac{\mu dl}{2} \omega^2 A^2 \cos^2 kx \sin^2 \omega t$ $\varepsilon_c = \frac{dE_c}{dl} = \frac{\mu \omega^2 A^2}{2} \cos^2 kx \sin^2 \omega t$ Energia potențială de deformație a unui element de coardă este $dE_p = \frac{\kappa (dy)^2}{2}$, în care $\varepsilon = \frac{dy}{dl}$ și $F = \kappa dl$, κ fiind constanta elastică. Mai departe se obține $dE_p = \frac{F}{dl} \cdot \frac{1}{2} \varepsilon^2 dl^2 \text{ și } \varepsilon_p = \frac{dE_p}{dl} = \frac{F \varepsilon^2}{2} = \frac{F}{2} k^2 A^2 \sin^2 kx \cos^2 \omega t$ Pe de altă parte $\frac{k}{\omega} = \frac{\frac{2\pi}{\lambda}}{\frac{2\pi}{T}} = \frac{T}{\lambda} = \frac{1}{v}$ $\frac{k^2}{\omega^2} = \frac{1}{v^2} = \frac{\mu}{F}$ De aici $\varepsilon_p = \frac{\mu \omega^2 A^2}{2} \sin^2 kx \cos^2 \omega t$	

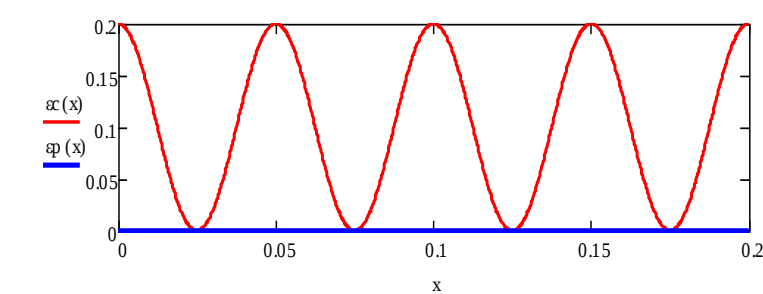
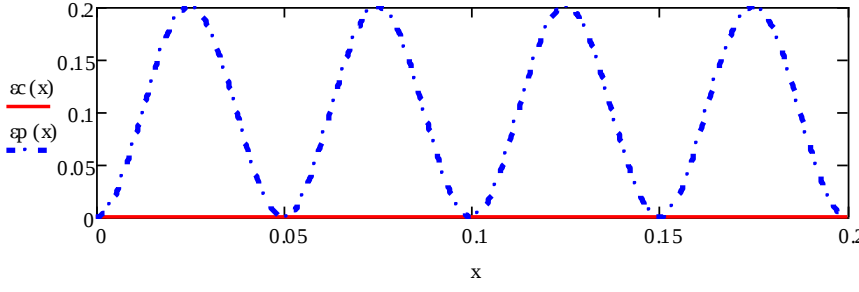


Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică

XI

Barem de evaluare și de notare

Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

2.e.	La $t = \frac{T}{4}$  La $t = \frac{T}{2}$  Graficele pot fi reprezentate calitativ.	
-------------	---	--

Nr. item	Sarcina de lucru nr. 3	Punctaj
3.a.	Conform figurii alăturate, aplicând pentru o jumătate de coardă ecuația de echilibru pentru momentele forțelor față de capătul O al corzii, rezultă $\mu \frac{L}{2} g \frac{L}{4} = Fd$ de unde $F = \frac{\mu L^2 g}{8d}$	
3.b.	Frecvența undelor sonore emise de coardă este $\nu = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{F}{mL}}$, cu $n = 1$ pentru frecvența fundamentală. În cazul 1, $L_1 = L + p_1 L = L(1 + p_1)$ În cazul 2, analog $L_2 = L(1 + p_2)$ Forțele de tensiune elastică vor fi $F_1 = \kappa(p_1 L)$, respectiv $F_2 = \kappa(p_2 L)$. În aceste condiții $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\sqrt{\frac{\kappa p_1 L}{mL(1+p_1)}}}{\sqrt{\frac{\kappa p_2 L}{mL(1+p_2)}}} = \sqrt{\frac{p_1(1+p_2)}{p_2(1+p_1)}}$ De aici rezultă $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 0,706 \approx \frac{\sqrt{2}}{2}$	
3.c.	Dacă $\nu_1 = 440\text{Hz}$, rezultă că $\nu_2 = \sqrt{2}\nu_1 = 440\sqrt{2} \approx 622,5\text{Hz}$ Calculând pe rând, rezultă Nota La# $\nu = 440 \cdot 2^{1/12} = 466,164\text{Hz}$ Nota Si $\nu = 440 \cdot 2^{2/12} = 493,883\text{Hz}$ Nota Do $\nu = 440 \cdot 2^{3/12} = 523,251\text{Hz}$ Nota Do# $\nu = 440 \cdot 2^{4/12} = 554,365\text{Hz}$ Nota Re $\nu = 440 \cdot 2^{5/12} = 587,33\text{Hz}$ Nota Re# $\nu = 440 \cdot 2^{6/12} = 440\sqrt{2} = 622,254\text{Hz}$ Deci nota emisă va fi Re diez din octava C5.	

Barem de evaluare și de notare propus de: prof. Liviu Arici – Colegiul Național „N.Bălcescu” - Brăila



Ministerul Educației Naționale
 Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică
Barem

XI

Problema a II-a
Cordon elastic

Nr. item	Sarcina de lucru nr. 1	Punctaj
1.a.	Volumul cordonului elastic este	
	$V = \pi r^2 l = \pi (r_0 - \Delta r)^2 (l_0 + \Delta l) = \pi r_0^2 l_0 \left(1 - \frac{\Delta r}{r_0}\right)^2 \left(1 + \frac{\Delta l}{l_0}\right) = V_0 \left(1 - \frac{\Delta r}{r_0}\right)^2 \left(1 + \frac{\Delta l}{l_0}\right).$	0,50 p
	Deoarece $\frac{\Delta l}{l_0} = \varepsilon$ și $\frac{\Delta r}{r_0} = \mu \varepsilon$, atunci	0,25 p
	$\frac{\Delta V}{V_0} = (1 - 2\mu)\varepsilon.$	0,25 p
1.b.	i. La echilibru, legea lui Hooke se scrie:	
	$\frac{mg}{S} = E \frac{\Delta l_0}{l_0},$	0,25 p
	de unde	
	$mg = E \frac{\Delta l_0}{l_0} S = ES_0 \frac{\Delta l_0}{l_0} \left(1 - \frac{\Delta r_0}{r_0}\right)^2 = ES_0 \frac{\Delta l_0}{l_0} \left(1 - \mu \frac{\Delta l_0}{l_0}\right)^2 \cong ES_0 \frac{\Delta l_0}{l_0}.$	0,25 p
	După alungirea cordonului cu y față de starea de echilibru, ecuația de mișcare a sistemului este:	
	$ma = mg - F,$	0,50 p
	unde forța elastică este	
	$F = ES \frac{\Delta l_0 + y}{l_0} \cong ES_0 \left[\frac{\Delta l_0}{l_0} + \left(1 - 4\mu \frac{\Delta l_0}{l_0}\right) \frac{y}{l_0} \right].$	1,00 p
	În aceste circumstanțe, ecuația de mișcare de mai sus devine	
	$ma = -ES_0 \left(1 - 4\mu \frac{\Delta l_0}{l_0}\right) \frac{y}{l_0} = -ky,$	0,25 p



Ministerul Educației Naționale
 Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică
Barem

XI

	unde constanta elastică echivalentă a sistemului este $k = \frac{ES_0}{l_0} \left(1 - 4\mu \frac{\Delta l_0}{l_0} \right) = \frac{1}{l_0} (ES_0 - 4\mu mg),$ așa încât perioada proprie de oscilație este $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{ml_0}{ES_0 - 4\mu mg}} \cong 2\pi \sqrt{\frac{ml_0}{ES_0} \left(1 + 2\mu \frac{mg}{ES_0} \right)}.$	0,25 p 0,50 p
	ii. Soluția ecuației de mișcare a corpului este $y(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0),$ condițiile inițiale fiind $y(0) = -\Delta l_0 \text{ și } v(0) = 0.$ În acest caz $\varphi_0 = 0 \text{ și } A = -\Delta l_0 = -\frac{mg l_0}{ES_0},$ astfel încât $y(t) = -\frac{mg l_0}{ES_0} \cos \omega t.$ Cum $\frac{\Delta V}{V_0} = (1 - 2\mu)\varepsilon \rightarrow V(t) = V_0 \left[1 + (1 - 2\mu)\varepsilon \right] = V_0 \left[1 + (1 - 2\mu) \frac{\Delta l_0 + y(t)}{l_0} \right],$ atunci $V(t) = V_0 \left[1 + (1 - 2\mu) \frac{\Delta l_0}{l_0} (1 - \cos \omega t) \right].$ Prin urmare, volumul cordonului este maxim atunci când $\cos \omega t = -1$ (adică la alungire maximă): $V_{\max} = V_0 \left[1 + 2(1 - 2\mu) \frac{\Delta l_0}{l_0} \right] = V_0 \left[1 + 2(1 - 2\mu) \frac{mg}{ES_0} \right]$	0,25 p 0,25 p 0,50 p 0,25 p 0,25 p 0,25 p 0,25 p



Ministerul Educației Naționale
 Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică
Barem

XI

1.c.	Deoarece alungirea cordonului este maximă atunci când acesta trece prin poziția verticală, componenta radială a vitezei corpului este nulă. Prin urmare, viteza v a corpului este orizontală atunci când cordonul este vertical. Rezultanta forțelor care acționează asupra corpului pe direcția cordonului, atunci când acesta este vertical, este de tip centripet $m \frac{v^2}{l_0 + y} = ky - mg.$ Alegând, de exemplu, nivelul de referință pentru energia potențială gravitațională – nivelul dat de poziția inițială orizontală a cordonului, conservarea energiei sistemului se scrie: $0 = m \frac{v^2}{2} + k \frac{y^2}{2} - mg(l_0 + y).$ Eliminând viteza între cele două relații de mai sus se obține: $y = \frac{l_0}{4} \left[3 \frac{mg}{kl_0} - 1 + \sqrt{1 + 9 \frac{mg}{kl_0} \left(2 + \frac{mg}{kl_0} \right)} \right] = \frac{l_0}{4} \left[3 \frac{\Delta l_0}{l_0} - 1 + \sqrt{1 + 9 \frac{\Delta l_0}{l_0} \left(2 + \frac{\Delta l_0}{l_0} \right)} \right].$ Deoarece $\frac{\Delta l_0}{l_0} \ll 1$, atunci $y \cong \frac{l_0}{4} \left[3 \frac{\Delta l_0}{l_0} - 1 + \left(1 + 18 \frac{\Delta l_0}{l_0} \right)^{1/2} \right] \cong \frac{l_0}{4} \left[3 \frac{\Delta l_0}{l_0} - 1 + \left(1 + 9 \frac{\Delta l_0}{l_0} \right) \right],$ sau $\boxed{\frac{y}{\Delta l_0} = 3}.$	0,75 p 0,75 p 0,25 p 0,25 p
Nr. item	Sarcina de lucru nr. 2	Punctaj
2.a.	În acord cu enunțul $F = \alpha \frac{y}{l_0 + y}.$ La alungiri foarte mici trebuie regăsită legea lui Hooke:	0,25 p 0,25 p



Ministerul Educației Naționale
 Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică
Barem

XI

	$F = \alpha \frac{y}{l_0} \left(1 + \frac{y}{l_0} \right)^{-1} \cong \alpha \frac{y}{l_0} \equiv ES_0 \frac{y}{l_0},$	
de unde,	$\alpha = ES_0,$	0,25 p
iar expresia forței devine	$F = ES_0 \frac{y}{l_0 + y}.$	0,25 p
Oficiu		1,00p
TOTAL Problema a II-a		10p

Barem de evaluare și de notare propus de:

Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU – Facultatea de Fizică – Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași



Ministerul Educației Naționale
Inspectoratul Școlar Județean Satu Mare
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică

XI

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.	Pentru: expresia numărului de moli de aer, aflat inițial în camera roții de bicicletă, la presiunea atmosferică p_0 și la temperatura T_0 $\nu_{initial} = \frac{p_0 \cdot V_r}{R \cdot T_0}$ 0,20p expresia numărului de moli de aer introduși în camera roții de bicicletă, la o singură cursă a pistonului pompei de bicicletă $\left\{ \begin{array}{l} \nu_0 = \frac{p_0 \cdot V_p}{R \cdot T_0} \\ \nu_0 = \frac{p_0 \cdot V_r}{R \cdot T_0 \cdot N} \end{array} \right.$ 0,20p expresia numărului de moli de aer din camera roții de bicicletă, după ce Andrei efectuează k pompări $\nu_k = \nu_{initial} + k \cdot \nu_0$ 0,20p $\nu_k = \frac{p_0 \cdot V_r}{R \cdot T_0} \cdot \left(1 + \frac{k}{N} \right)$ 0,20p	0,80p
1.b.	Pentru: expresia presiunii aerului din camera de bicicletă, după ce Andrei a efectuat k pompări $p_k \cdot V_r = \nu_k \cdot R \cdot T_0$ 0,20p $p_k = p_0 \cdot \frac{N + k}{N}$ 0,20p	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 $U(x) = \begin{cases} U_0 = \frac{p_0 \cdot V_r}{(\gamma-1) \cdot N}, & \text{pentru } 0 \leq x \leq \frac{k \cdot \ell}{N+k} \\ \frac{p_0 \cdot V_r}{(\gamma-1) \cdot N} \cdot (N+k+1) \frac{\left(1 - \frac{x}{\ell}\right)}{N + \left(1 - \frac{x}{\ell}\right)}, & \text{pentru } \frac{k \cdot \ell}{N+k} < x \leq \ell \end{cases}$ 0,40p	1,20p

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

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

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