

OLIMPIADA LA FIZICĂ
etapa republicană, 08/03/2025, Clasa 11

BAREM DE CORECTARE

Nr.	Răspunsuri	Punctaj corespunzător etapelor de rezolvare	Σ
1	Pentru ambele compresoare: $(P_0; V_0; T_0)$ – starea inițială a gazului (i); $(P_2; V_2; T_2)$ – starea finală a gazului (f). Pentru compresorul în două trepte avem stările intermediare: $(P_1; V; T)$ – starea intermediară inițială (i1); $(P_1; V_1; T_0)$ – starea intermediară finală (i2). Lucrul compresoarelor la comprimarea adiabatică este egal cu variația energiei interne a gazului. Pentru compresorul direct: $L_d = \nu C_{MV}(T_2 - T_0)$ (1) Pentru compresorul în două trepte: $L_i = L_{i-1} + L_{i2-f}$ (2) $L_{i-1} = \nu C_{MV}(T - T_0)$ (3) $L_{i2-f} = \nu C_{MV}(T_2 - T_0)$ (4) $\gamma = C_{MP}/C_{MV}$ (5a) $C_{MP} - C_{MV} = R$ (5b) (5a)+(5b): $C_{MV} = R/(\gamma-1)$ (6) (6)→(1): $L_d = \nu R(T_2 - T_0)/(\gamma-1)$ (7) (6)→(3): $L_{i-1} = \nu R(T - T_0)/(\gamma-1)$ (8) (6)→(4): $L_{i2-f} = \nu R(T_2 - T_0)/(\gamma-1)$ (9) $\nu R(T_2 - T_0) = P_2 V_2 - P_0 V_0 =$ $= P_0 V_0((P_2/P_0)(V_2/V_0) - 1)$ (10) $\nu R(T - T_0) = P_1 V - P_0 V_0 =$ $= P_0 V_0((P_1/P_0)(V/V_0) - 1)$ (11) (10)→(7): $L_d = P_0 V_0((P_2/P_0)(V_2/V_0) - 1)/(\gamma-1)$ (12) (11)→(8): $L_{i-1} = P_0 V_0((P_1/P_0)(V/V_0) - 1)/(\gamma-1)$ (13) Pentru procesul i2-f: $\nu R(T_2 - T_0) = P_2 V_2 -$ $- P_1 V_1 = P_1 V_1((P_2/P_1)(V_2/V_1) - 1)$ (14) Deoarece $PV/T = \text{const}$, pentru starea (i2) putem scrie: $P_1 V_1 = P_0 V_0$ (15) (15)→(14): $\nu R(T_2 - T_0) = P_0 V_0((P_2/P_1)(V_2/V_1) - 1)$ (16) (16)→(9): $L_{i2-f} = P_0 V_0((P_2/P_1)(V_2/V_1) - 1)/(\gamma-1)$ (17) Procesul adiabatic direct i-f: $P_0 V_0^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow$ $(V_2/V_0)^\gamma = P_0/P_2 \Rightarrow V_2/V_0 = (P_0/P_2)^{1/\gamma}$ (18) (18)→(12): $L_d = P_0 V_0((P_2/P_0)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1)/(\gamma-1)$ (19)	Pentru stabilirea stărilor intermediare ale gazului - $4 \times 0,1p = 0,4p$ <i>{Pentru obținerea relațiilor (10)-(18)- câte 0,15p: $18 \times 0,15p = 2,7p$}</i> P/u scrierea lucrului com. dir. - 0,15p P/u lucrul compr. interm. – $3 \times 0,15p$ P/u scrierea ec-ilor pentru γ – $3 \times 0,15p$ P/u utilizarea ec. Mendeleev-Klaiperon în (7)-(11) - $5 \times 0,15p$ P/u scrierea lucrului asupra gazului prin presiune și volum - $3 \times 0,15p$ Pentru scrierea ec. (15)-(17)- $3 \times 0,15p$ P/u utilizarea ec Poisson - $0,15p$ Pentru obținerea ec. (19) - $1p$	Σ 10p 5,7p

	<p>Pentru procesul adiabatic i-1:</p> $P_0 V_0^\gamma = P_1 V_1^\gamma \Rightarrow V/V_0 = (P_0/P_1)^{1/\gamma} \quad (20)$ <p>(20)→(13):</p> $L_{i-1} = P_0 V_0 ((P_1/P_0)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1)/(\gamma-1) \quad (21)$ <p>Pentru procesul adiabatic i2-f:</p> $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow V_2/V_1 = (P_1/P_2)^{1/\gamma} \quad (22)$ <p>(22)→(17):</p> $L_{i2-f} = P_0 V_0 ((P_2/P_1)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1)/(\gamma-1) \quad (23)$ <p>(21)+(23)→(2):</p> $L_i = P_0 V_0 ((P_1/P_0)^{(\gamma-1)/\gamma} + (P_2/P_1)^{(\gamma-1)/\gamma} - 2)/(\gamma-1) \quad (24)$ <p>Cercetăm expresia (24) ca funcție de P_1:</p> $L_i = L_i(P_1).$ <p>Soluționăm ecuația: $dL_i(P_1)/dP_1 = 0 \quad (25)$</p> <p>Obținem soluția ecuației (25):</p> $P_{1m} = (P_0 P_2)^{0,5} \quad (26)$ <p>(26)→(24): $L_i(P_{1m}) = L_{im} =$</p> $= 2P_0 V_0 ((P_2/P_0)^{(\gamma-1)/2\gamma} - 1)/(\gamma-1) \quad (27)$ <p>1.4. Cota parte a lucrului L_{im} din L_d:</p> $\eta = L_{im}/L_d \quad (28)$ <p>(19)+(27)→(28):</p> $\eta = 2((P_2/P_0)^{(\gamma-1)/2\gamma} - 1)/((P_2/P_0)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1) \quad (29)$ $\eta = 2/((P_2/P_0)^{(\gamma-1)/2\gamma} + 1) \quad (29)$ <p>1.5. $\eta(\%) = 200/((P_2/P_0)^{(\gamma-1)/2\gamma} + 1) \quad (30)$</p> <p>Calcululele numerice conform (30):</p> $\eta = 200/(10^{0,125} + 1) = 85,71 \approx 86 (\%).$ <p>Calculule numerice conform (27):</p> $L_{im} = 6 \cdot 10^8 (10^{0,125} - 1) \approx 200 \text{ MJ.}$	<p>{Pentru obținerea relațiilor (20) –(23) – câte 0,15p: 4x0,15p = 0,6p):</p> <p>P/u utiliz. în (20) a ec. Poisson- 0,15p</p> <p>P/u obținerea expresiei (21) - 0,15p</p> <p>P/u utiliz. în (22) a ec. Poisson- 0,15p</p> <p>P/u obținerea expresiei (23) - 0,15p</p> <p>Pentru obținerea expresiei (24) – 1p</p> <p>Pentru scrierea ecuației (25) - 0,3p</p> <p>Pentru soluționarea corectă a ecuației (25) și obținerea soluției corecte – 1p</p> <p>Pentru obținerea relației(27) - 1p</p> <p>Pentru scrierea relației (28) - 0,2p</p> <p>Obținerea relației (29) - 0,8p</p> <p>Pentru scrierea relației (30) – 0,2p</p> <p>Pentru obținerea a rezultatelor corecte: 2x0,4p = 0,8p</p>	<p>1,3p</p> <p>1p</p> <p>1p</p> <p>1p</p> <p>1p</p> <p>Σ 10p</p> <p>7,5p</p> <p>Pentru obținerea expresiei (10) –1p</p>
<p>2</p> <p>2.1</p>	<p>Ecuatia generală a oscilațiilor armonice libere neamortizate: $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (1)$</p> <p>(1): $x_1 = A \sin(\omega t_1 + \varphi_0) \Rightarrow \sin(\omega t_1 + \varphi_0) = x_1/A \quad (2)$</p> <p>Analogic: $\sin(\omega t_2 + \varphi_0) = x_2/A \quad (3)$</p> <p>$v(t) = dx(t)/dt = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (4)$</p> <p>(4): $v_1 = A\omega \cos(\omega t_1 + \varphi_0) \Rightarrow$</p> $\cos(\omega t_1 + \varphi_0) = v_1/(A\omega) \quad (5)$ <p>Analogic: $\cos(\omega t_2 + \varphi_0) = v_2/(A\omega) \quad (6)$</p> <p>Relația trigonometrică fundamentală:</p> $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad (7)$ <p>(2)+(5)→(7): $A^2 \omega^2 - x_1^2 \omega^2 = v_1^2 \quad (8)$</p> <p>(3)+(6)→(7): $A^2 \omega^2 - x_2^2 \omega^2 = v_2^2 \quad (9)$</p> <p>(8)-(9): $\omega^2 (x_2^2 - x_1^2) = v_1^2 - v_2^2 \Rightarrow$</p> $\omega^2 = (v_1^2 - v_2^2)/(x_2^2 - x_1^2) \quad (10)$ <p>(10)→(8):</p>	<p>Pentru scrierea expresiilor (1)-(9)- câte 0,5p: 9x0,5p = 4,5p</p> <p>Pentru obținerea expresiei (10) –1p</p>	<p>Σ 10p</p> <p>7,5p</p>

<p>2.2.</p> <p>2.3.</p> <p>3.</p> <p>3.1.</p>	$A = \frac{(v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2)^{0,5}}{(v_1^2 - v_2^2)^{0,5}} \quad (11)$ $(10): \omega = \frac{(v_1^2 - v_2^2)^{0,5}}{(x_2^2 - x_1^2)^{0,5}} \quad (12)$ <p>Calcululele numerice conform (11): $A = 2 \text{ m}$.</p> <p>(12): $\omega = 10 \text{ rad/s}$</p> <p>(1): $x(0) = 0 \Rightarrow \sin \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \text{ (rad)}$ (13)</p> <p>(13) \rightarrow (1): $x(t) = A \sin \omega t$ (14)</p> <p>Utilizăm în (14) valorile numerice obținute pentru A și ω, obținem:</p> $x(t) = 2 \sin 10t, \text{ m.} \quad (15)$ <p>$\varepsilon = 1,5 \text{ V}; r = ?; m = ? n = ?$</p> <p>Sursa 1: $\varepsilon_s = m\varepsilon; r_s = mr$</p> <p>Sursa 2: $\varepsilon_p = \varepsilon; r_p = \frac{r}{m}$.</p> <p>Randament egal: $\eta_s = \eta_p \Rightarrow$</p> $\frac{R_1}{mr + R_1} = \frac{R_2}{\frac{r}{n} + R_2} = \frac{nR_2}{r + nR_2} \Rightarrow$ $R_1(r + nR_2) = nR_2(mr + R_1) \Rightarrow$ $R_1 = mn R_2 \Rightarrow$ $\frac{R_1}{R_2} = mn. \quad (1)$ <p>Puterile degajate pe R_1 și R_2:</p> $P_1 = I_s^2 R_1 = \eta_s^2 \frac{m^2 \varepsilon^2}{R_1};$ $P_2 = I_p^2 R_2 = \frac{\eta_p \varepsilon^2}{R_2}.$ <p>Deoarece $\eta_s = \eta_p$:</p> $s = \frac{P_1}{P_2} = \frac{m^2}{R_1} R_2 \Rightarrow$ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{m^2}{s} \quad (2)$ <p>(1) \rightarrow (2): $mn = \frac{m^2}{s} \Rightarrow n = \frac{m}{s} \quad (3)$</p> <p>Puterea maximă se degajă la randament maxim, când valoarea rezistenței exterioare coincide cu valoarea rezistenței interioare a sursei. Obținem:</p> $P_{2m} = \frac{\varepsilon^2}{4\frac{r}{n}} \Rightarrow r = \frac{n\varepsilon^2}{4P_{2m}} \quad (4)$	<p>Pentru obținerea expr. corecte - 1p</p> <p>Pentru obținerea expr. corecte - 1p</p> <p>Pentru obținerea rezultatelor corecte: $2 \times 0,5p = 1p$</p> <p>Pentru obținerea rez. corect - 0,5p</p> <p>P/u obținerea formulei (14) - 0,5p</p> <p>P/u obținerea formulei (15) - 0,5p</p> <p>Pentru stabilirea caracteristicilor surselor de alimentare - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea ecuației (1) – 1p</p> <p>Pentru obținerea ecuației (2) – 1p</p> <p>Pentru obținerea relației (3) - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea ecuației (4) - 0,5p</p>	<p>1p.</p> <p>1,5p</p> <p>$\Sigma 10p$</p> <p>8p</p>
---	--	---	---

3.2.	<p>Sursele livrează aceeași putere pe rez. R:</p> $\left(\frac{m\varepsilon}{mr+R}\right)^2 R = \left(\frac{\varepsilon}{\frac{r}{n}+R}\right)^2 R \Rightarrow$ $r = \frac{n(m-1)}{m(n-1)} R \quad (5)$ <p>(4) → (5):</p> $\frac{n\varepsilon^2}{4P_{2m}} = \frac{n(m-1)}{m(n-1)} R \Rightarrow$ $n - 1 = \frac{m-1}{m} \cdot \frac{4RP_{2m}}{\varepsilon^2} \quad (6)$ <p>(3) → (6): $\frac{m}{s} - 1 = \frac{m-1}{m} \cdot \frac{4P_{2m}R}{\varepsilon^2} \Rightarrow$</p> $m^2 - \frac{(\varepsilon^2 + 4P_{2m}R)s}{\varepsilon^2} m + \frac{4P_{2m}RS}{\varepsilon^2} = 0 \quad (7)$ <p>Utilizăm în (7) valorile mărimilor ε, P_{2m}, s și R, obținem ecuația pătrată față de m:</p> $m^2 - \frac{14}{3}m + \frac{8}{3} = 0 \quad (7a)$ <p>Soluțiile obținute:</p> <p>$m_1 = 1$ - nu se potrivește (trebuie $m \geq 2$)</p> <p>$m_2 = m = 4.$</p> <p>(3): $n = \frac{m}{s} = 2.$</p> <p>(5): $r = \frac{2(4-1)}{4(2-1)} \cdot \frac{2}{3} \Omega = 1 \Omega$</p> <p>Din (1) și (2) obținem: $\frac{R_1}{R_2} = 8 \quad (8)$</p> <p>Sursa 1 are randament maxim când alimentează rezistența:</p> $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = nr = 2 \Omega \quad (9)$ <p>(8) → (9):</p> <p>$R_2 = 2,25 \Omega$</p> <p>(8): $R_1 = 8R_2 = 8 \cdot 2,25 \Omega = 18 \Omega$</p>	<p>Pentru obținerea ecuației (5) - 1p</p> <p>Pentru obținerea ecuației (6) - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea ecuației (7) - 0,5p</p> <p>Pentru calcule corecte și obținerea ecuației (7a) - 0,5 p</p> <p>Pentru soluționarea corectă a ecuației (7a) - 1p</p> <p>Pentru obținerea rez. corect - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea rez. corect - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea relației (8) - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea relației (9) - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea rez. corect - 0,5p</p> <p>Pentru obținerea rez. corect - 0,5p</p>	<p>2p</p> <p>Total:</p> <p>30p</p>
-------------	---	---	---

--	--	--	--