

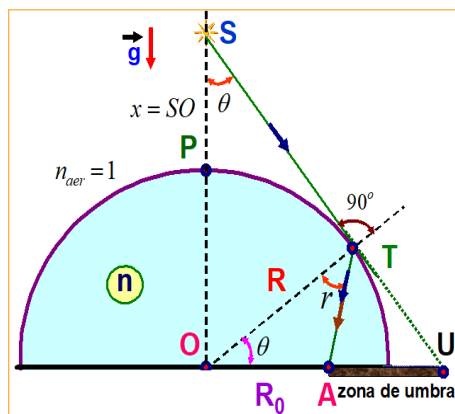


Pagina 1 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRAILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BAREM – Clasa a X-a

X

Subiectul I – OPTICĂ GEOMETRICĂ + TERMODINAMICĂ (A. + B.)	Parțial	Punctaj
Barem subiect I		10 puncte
I.A. – Iluminare maximă, pe o pată circulară de diametru minim ...		4 puncte
Rezolvare a.) Ultima rază de lumină care mai pătrunde (prin refracție) în semisferă este tangenta ST. Putem scrie $n_{\text{aer}} \cdot \sin 90^\circ = n \cdot \sin r$, adică $\sin r = \frac{1}{n}$; (1). Unghiul de refracție r în acest caz se mai numește și <i>unghi limită</i> notat λ, folosind principiul reversibilității drumului razelor de lumină. Indicele de refracție al aerului se consideră egal cu unitatea, $n_{\text{aer}} = 1$. Conform desenului $ST = \sqrt{x^2 - R^2}$ și $\sin \theta = R/x$. (2) Teorema sinusurilor în triunghiul ΔAOT ne dă $\frac{R}{\sin(\widehat{OAT})} = \frac{R_0}{\sin r} = n \cdot R_0. (3)$ Însă, unghiul $(\widehat{TAO}) = 180^\circ - (r + \theta)$ și, din relația $n \cdot R_0 \cdot \sin(r + \theta) = R$ (4), obținem imediat că funcția $R_0(x)$ are forma $R_0(x) = Rx / [R\sqrt{n^2 - 1} + \sqrt{x^2 - R^2}]. (5)$ Cum vom afla valoarea lui x_0 pentru care raza petei luminoase este minimă? Metoda algebrică elementară: Relația (5) se mai poate scrie și sub forma $(R^2 - R_0^2) \cdot x^2 - 2R_0 \cdot R^2 \cdot \sqrt{n^2 - 1} \cdot x + (n \cdot R \cdot R_0)^2 = 0$, (6). Deoarece soluțiile acestei ecuații trebuie să fie reale (x sunt distanțe) impunem condiția $\Delta = 4 \cdot \{[R_0 \cdot R^2 \sqrt{n^2 - 1}]^2 - (R^2 - R_0^2)(n \cdot R \cdot R_0)^2\} \geq 0$, din care rezultă cu necesitate inegalitatea $R_0 \geq R/n \equiv R_{\text{min}}$. Pentru $R_0 = R_{\text{min}} = R/n = 20 \text{ cm}$ soluția ecuației (6) este unică (cele două rădăcini sunt identice), de unde rezultă $x_0 \equiv nR / \sqrt{n^2 - 1}$. Numeric: $x_0 = 18\sqrt{5} \text{ cm} \equiv 40,24 \text{ cm}$. Metoda analizei matematice folosind calculul diferențial: Prin anularea derivatei $dR_0(x)/dx$, $\frac{dR_0(x)}{dx} = R^2 \cdot \frac{\sqrt{n^2 - 1} \cdot \sqrt{x^2 - R^2} - R}{[R\sqrt{n^2 - 1} + \sqrt{x^2 - R^2}]^2} = 0$,	0,50 p 0,50 p 0,50 p 0,50 p (1,50 p în total metoda)	



1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pagina 2 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRAILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BAREM – Clasa a X-a

X

găsim localizarea $x_0 \equiv nR/\sqrt{n^2-1}$. Numeric avem $x_0 = 40,24$ cm.

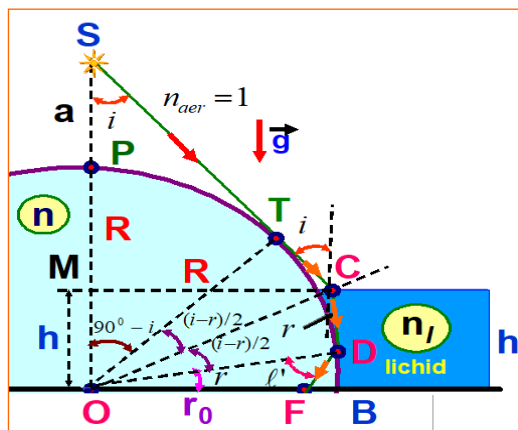
Înlocuind valoarea lui x_0 în expresia funcției $R_0(x)$, obținem

$R_{\min} = R/n = 20$ cm.

b.) Cu valoarea $R_0 = 1,25 \cdot R_{\min} = 5R/(4n)$, obținem o ecuație de gradul doi în distanța x , ale cărei soluții sunt $x_{1,2} = 5nR[4\sqrt{n^2-1} \pm 3]/[16n^2-25]$. Ambele rădăcini sunt posibile fizic. Valorile numerice sunt $x_1 \approx 30,12$ cm, respectiv $x_2 \approx 152,84$ cm.

c.) Triunghiurile $\triangle TOC$ și $\triangle COD$ dreptunghice în **T** și respectiv în **D** sunt **congruente**. Raza de lumină tangentă la emisferă, cade pe suprafața lichidului în punctul de incidență **C**, se refractă prin lichid, ajunge razant / tangent cu emisfera în punctul **D** și pătrunde în emisferă ajungând în punctul **F**, de pe inelul luminos. În $\triangle TOC$ dreptunghic în **T**, putem scrie:

$$CO = \frac{R}{\cos\left(\frac{i-r}{2}\right)}$$



În $\triangle CMO$ dreptunghic în **M**:

$$h = MO = CO \cdot \cos\left(\frac{i-r}{2} + 90^\circ - i\right) =$$

$$= \frac{R}{\cos\left(\frac{i-r}{2}\right)} \cdot \cos\left(90^\circ - \frac{i+r}{2}\right) = R \cdot \frac{\sin\frac{i+r}{2}}{\cos\frac{i-r}{2}}.$$

De aici găsim prin ridicare la pătrat:

$$\left(\frac{h}{R}\right)^2 = \frac{\sin^2\frac{i+r}{2}}{\cos^2\frac{i-r}{2}} = \frac{1-\cos(i+r)}{1+\cos(i-r)} = \frac{1+\sin i \cdot \sin r - \cos i \cdot \cos r}{1+\sin i \cdot \sin r + \cos i \cdot \cos r}.$$

0,50 p

0,50 p

(inclusiv
desen)

0,20 p

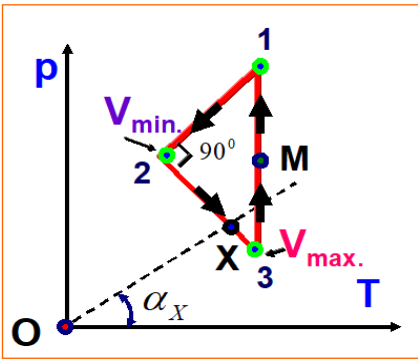
1. Fiecare dintre subiectele **I**, **II**, respectiv **III** se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pagina 3 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRĂILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ "EVRIKA!"
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BĂREM – Clasa a X-a

X

Pe de altă parte $i = 45^\circ$, iar $\sin r = \frac{\sin i}{n_\lambda} \cong 0,53$ și $\cos r \cong 0,84$. În final obținem: $h = R \cdot \sqrt{\frac{1 + \sin i \cdot \sin r - \cos i \cdot \cos r}{1 + \sin i \cdot \sin r + \cos i \cdot \cos r}}$ Numeric: $h \cong 18,89 \text{ cm}$.	0,30 p	
I.B. – Transformare termodinamică ciclică, "asistată" de o lentilă ...		5 puncte
Fie T_0 și p_0 coordonatele mijlocului ipotenuzei $M(T_0, p_0)$, adică temperatura termodinamică respectiv presiunea stării inițiale M a gazului. La început, presiunea crește în mod izoterm, transformarea ($M \rightarrow 1$) și volumul gazului scade; se ajunge astfel în vârful de sus al triunghiului (starea 1), deci pistonul s-a deplasat spre stânga. Distanța de la sursa S la lentilă ajunge astfel la valori superioare lui f și imaginile lui S prin lentila convergentă sunt reale, situate la dreapta lentilei / în spațiul imagine al lentilei. Dacă notăm cu a – distanța de la sursa S la centrul optic C, respectiv prin b – distanța de la imaginea sa la centrul optic C al lentilei, conform formulei  punctelor conjugate a lentilelor subțiri, avem: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ și de aici obținem, $b = a \cdot f / (a - f)$. Când $a > f$, obținem $b > 0$ (imagini reale ale sursei luminoase punctiforme S, situate la dreapta lentilei / în spațiul imagine al lentilei). Mulțimea, punctelor prin care trece imaginea sursei S, este dată de relația $b \in [b_1; +\infty)$. Aici numărul b_1 corespunde volumului minim (comprimării maxime a gazului din cilindru). Invers, când $a < f$, imaginile vor fi virtuale (situate la stânga lentilei sau în spațiul obiect al acesteia). Mulțimea punctelor imagine corespunde lui $b \in (-\infty; b_2]$, unde $b_2 = - b_2 < 0$ se referă la imaginea virtuală a sursei S în poziția sa cea mai apropiată de lentilă (când volumul gazului, prin destindere, devine maxim).	0,30 p 0,30 p 0,20 p 0,30 p 0,30 p	

1. Fiecare dintre subiectele **I**, **II**, respectiv **III** se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.

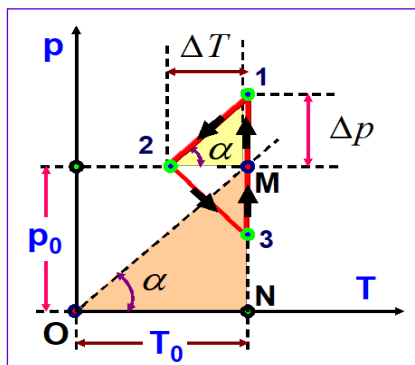


Pagina 4 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRĂILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BĂREM – Clasa a X-a

X

Trebuie să determinăm acum valorile lui $a_{\text{stânga}}$ și a_{dreapta} ale distanțelor de la S la lentilă în situațiile extreme precizate mai sus. Din ecuația termică de stare / legea Clapeyron - Mendeleev a gazelor perfecte $V = \nu RT / p$, adică $V \propto (T / p)$. În orice punct reprezentativ / stare X de pe laturile triunghiului dreptunghic isoscel 123, avem $(T / p)_X = \text{ctg} \alpha_X$ (unde unghiul α_X este unghiul dintre dreapta ce trece prin originea diagramei pOT și starea / punctul X și axa temperaturilor absolute OT, adică $X\hat{O}T$). Volumul gazului este minim acolo unde unghiul α_X este maxim, adică în starea 2 și este maxim acolo unde respectivul unghi α_X este minim, adică starea / poziția 3. Parametrii de stare ai gazului în stărilor 2 și 3 sunt: $p_2 = p_0$, $T_2 = T_0 - \Delta T$, respectiv $p_3 = p_0 - \Delta p$, $T_3 = T_0$, deoarece cele două catete sunt egale, iar ipotenuza 13 este perpendiculară pe axa OT, M fiind la jumătatea ipotenuzei. Asemănarea triunghiurilor dreptunghice $\Delta M12$ și ΔOMN, precum și informația din enunț ne permite scrierea relațiilor $\Delta T / T_0 = \Delta p / p_0 = 1 / k$. Acum, în starea 2, putem scrie $V_2 = \nu RT_2 / p_2 = \dots = V_0 (1 - 1 / k) < V_0$, unde $V_0 = \nu RT_0 / p_0$. Deplasarea spre stânga a pistonului este $\Delta L_{\text{stânga}} = (V_0 - V_2) / S = V_0 / kS = L / k$. Pentru starea 3 avem $V_3 = \nu RT_3 / p_3 = \dots = V_0 / (1 - 1 / k) > V_0$ iar deplasarea pistonului spre dreapta este $\Delta L_{\text{dreapta}} = (V_3 - V_0) / S = V_0 / S(k - 1) = L / (k - 1)$. Acum putem determina valorile lui $a_{\text{stânga}}$ și a_{dreapta}, pe care se deplasează sursa de lumină S, față de poziția inițială. Astfel $a_S = f + \Delta L_{\text{stânga}} = f + L / k$ și $a_D = f - \Delta L_{\text{dreapta}} = f - L / (k - 1)$. Acestor poziții ale sursei S le corespund următoarele poziții pentru imaginile (reale, respectiv virtuale) din lentilă: $b_1 = a_S \cdot f / (a_S - f) = f(1 + kf / L)$, $b_2 = a_D \cdot f / (a_D - f) = -f[(k - 1)f / L - 1]$. Răspunsul final este: $b \in (-\infty, b_2] \cup [b_1, +\infty) = \left(-\infty, -f \cdot \left(\frac{(k-1)f}{L} - 1\right)\right] \cup \left[f \cdot \left(1 + \frac{kf}{L}\right), +\infty\right)$.	0,50 p 0,30 p 0,20 p 0,50 p 0,40 p 0,20 p 0,30 p 0,20 p 0,30 p 0,50 p	
Oficiu: Subiectul I – (A + B)		1 punct



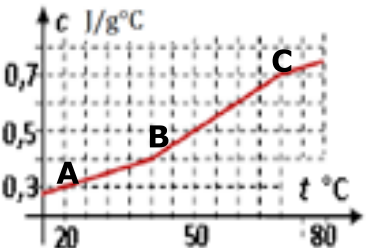
1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pagina 5 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRĂILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BAREM – Clasa a X-a

X

Subiectul II – TERMODINAMICĂ		10 puncte
II.A. Termodinamică — Coeficienți calorici		9 puncte
1. Căldura primită la încălzirea până la temperatura t este: $Q(t) = \frac{Q_0}{2t_0^2} (2tt_0 + t^2)$ iar la încălzirea până la $t + \Delta t$: $Q(t + \Delta t) = \frac{Q_0}{2t_0^2} (2(t + \Delta t)t_0 + (t + \Delta t)^2)$ $= \frac{Q_0}{2t_0^2} (2tt_0 + 2t_0\Delta t + t^2 + 2t\Delta t + (\Delta t)^2)$ La încălzirea cu Δt, pornind de la t se primește căldura $\delta Q = Q(t + \Delta t) - Q(t)$, adică $\delta Q = \frac{Q_0}{2t_0^2} \Delta t \cdot (2t_0 + 2t + \Delta t)$ Deci $c = \frac{\delta Q}{m\Delta t} = \frac{Q_0}{2mt_0^2} (2t_0 + 2t + \Delta t)$ Dacă $\Delta t \rightarrow 0$ $c(t) = \frac{Q_0}{mt_0} \left(1 + \frac{t}{t_0}\right)$ Deci $c(0^\circ\text{C}) = \frac{Q_0}{mt_0} = 800 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	0,50 p 0,50 p 1 p 1 p	
2. Deoarece căldura specifică a lichidului, $c(t)$, depinde de temperatură, căldura primită de lichid pentru a se încălzi până la temperatura de echilibru este egală cu aria figurii cuprinse între graficul $c(t)$, axa absciselor și verticalele duse prin $t_1 = 20^\circ\text{C}$ și t. Pentru încălzirea între 20°C și 40°C, căldura necesară este aria de sub AB, adică $A_{AB} = 7 \frac{\text{J}}{\text{g}}$, înmulțită cu masa lichidului, adică $Q'_1 = 3500 \text{ J}$. Căldura cedată de corp când se răcește de la 80°C la 40°C este $Q'_2 = m_2 c_2 (t_2 - 40) = 33000 \text{ J}$. Deci $Q'_2 \gg Q'_1$, ceea ce înseamnă că lichidul se va încălzi peste 40°C. Considerăm temperatura finală undeva între 40°C și 70°C. În acest caz, căldura primită de lichid va fi $m_1 (A_{AB} + A_{BC})$, adică $Q'_1 + m_1 A_{BC} = Q'_1 + m_1 \frac{[0,4 + c(t)](t - 40)}{2}$	 1 p 1 p	

- Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pagina 6 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRĂILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BĂREM – Clasa a X-a

X

Ecuția dreptei BC este $c(t) = 0,01t$ (se află folosind coordonatele punctelor B și C). Scriind acum ecuația calorimetrică, rezultă $Q'_1 + m_1 \frac{[0,4 + c(t)](t - 40)}{2} = m_2 c_2 (t_2 - t_1)$ Înlocuind valorile numerice și $c(t)$ se ajunge la ecuația $t^2 + 330t - 26600 = 0$ care are soluția pozitivă $t = 67,002^\circ\text{C}$. Deci $t \approx 67^\circ\text{C}$. 3. Mărind presiunea asupra pistonului, gazul din camera din stânga se comprimă și întreg sistemul izolat termic se încălzește. $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -L$. Dar $L < 0$ pentru că V scade, deci $\Delta U > 0$, deci $\Delta T > 0 \Rightarrow T$ crește. Fiindcă procesul este lent și peretele este conductor termic, temperatura va fi egală în ambele camere, în orice moment. Gazul din partea dreaptă se încălzește, numai pe baza căldurii pe care o primește de la gazul din stânga. Asupra gazului din dreapta nu se efectuează lucru mecanic. Fiind gaz monoatomic, această căldură primită este $Q_2 = \nu_2 C_V \Delta T = \frac{3}{2} \nu_2 R \Delta T = \frac{3}{2} \frac{m_2}{\mu} R \Delta T$ Aceasta este și căldura cedată de gazul din stânga $Q_1 = -Q_2 = -\frac{3}{2} \frac{m_2}{\mu} R \Delta T$ Din acest motiv, căldura molară a gazului din stânga este negativă și este egală cu $C = \frac{Q_1}{\nu_1 \Delta T} = -\frac{\frac{3}{2} \frac{m_2}{\mu} R \Delta T}{\frac{m_1}{\mu} \Delta T} = -\frac{3}{2} \frac{m_2}{m_1} R$ C este negativ deoarece în acest proces, gazul din stânga cedează căldură ($Q < 0$), dar se încălzește ($\Delta T > 0$)	1,50 p 0,50 p 0,50 p 0,50 p 0,50 p 0,50 p	
Oficiu: Subiectul II –		1 punct
Subiectul III – (A + B)		10 puncte
III.A. – Determinări experimentale pentru transformări simple ale gazului ideal		6 puncte
a.) $p_0 \cdot V_0 = \frac{m}{\mu} R \cdot T \Rightarrow m = \frac{p_0 \cdot V_0 \cdot \mu}{R \cdot T} =$ $= \frac{13.600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 769,22 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 29 \text{ g/mol}}{8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 297,15 \text{ K}} \approx 12,04 \text{ mg}$	0,50 p	
b.) Comprimarea poate fi considerată o transformare adiabatică:		

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pagina 7 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRĂILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BĂREM – Clasa a X-a

X

$$p_0 \cdot L_{\text{initial}}^{\gamma} = p_1 \cdot L_{\text{comprimare}}^{\gamma}, \quad \gamma = \frac{7}{5} = 1,4.$$

1 p

$L_{\text{destindere}}$ (cm)	L_{initial} (cm)	$L_{\text{comprimare}}$ (cm)	p_1 (mm col. Hg)
4,50	4,80	1,26	5003,4
3,35	3,75	1,00	4894,3
2,46	2,73	0,81	3813,7

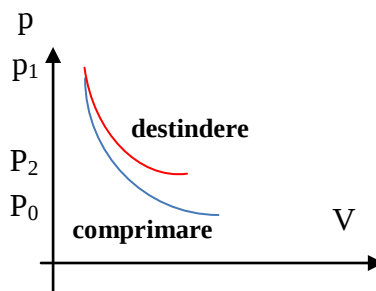
1 p

$$\text{c.) } p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma} = p_0 \frac{V_0^{\gamma}}{V_2^k} V_1^{k-\gamma} = p_0 \frac{L_{\text{initial}}^{\gamma}}{V_{\text{destindere}}^k} V_{\text{comprimare}}^{k-\gamma}$$

$$F_f = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma} = (p_2 - p_0) S = (p_2 - p_0) \cdot \frac{V_0}{L_{\text{initial}}}$$

0,80 p

$$p_2 > p_0$$



0,70 p

d.) – Având în vedere că forța de frecare aceeași pentru toate determinările rezultă că presiunea p_2 ar trebui să fie aceeași pentru toate determinările.

– Considerând valorile pentru două seturi de determinări (1) respectiv (2) rezultă:

$$\frac{L_{\text{initial}}^{\gamma}(1)}{L_{\text{destindere}}^k(1)} L_{\text{comprimare}}^{k-\gamma}(1) = \frac{L_{\text{initial}}^{\gamma}(2)}{L_{\text{destindere}}^k(2)} L_{\text{comprimare}}^{k-\gamma}(2)$$

$$\left(\frac{L_{\text{comprimare}}(1) L_{\text{destindere}}(2)}{L_{\text{destindere}}(1) L_{\text{comprimare}}(2)} \right)^k = \left(\frac{L_{\text{initial}}(2) L_{\text{comprimare}}(1)}{L_{\text{initial}}(1) L_{\text{comprimare}}(2)} \right)^{\gamma}$$

$$A = \frac{L_{\text{comprimare}}(1) L_{\text{destindere}}(2)}{L_{\text{destindere}}(1) L_{\text{comprimare}}(2)}; \quad B = \frac{L_{\text{initial}}(2) L_{\text{comprimare}}(1)}{L_{\text{initial}}(1) L_{\text{comprimare}}(2)} \text{ rezultă } k = \gamma \frac{\ln B}{\ln A}.$$

1 p

1 p

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pagina 8 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRĂILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BAREM – Clasa a X-a

X

III.B. Randamentul unui ciclu cu trei procese termodinamice		3 puncte
Rezolvare: Prima transformare $1 \rightarrow 2$ este transformare <i>izotermă</i>: $pV^k = \text{const.}$, $k = 1$, $\Rightarrow p \cdot V = \text{const.}$, iar procesul $3 \rightarrow 1$ este proces <i>adiabatic</i>. Indicele / exponentul politropic este dat de relația: $k = \frac{C - C_p}{C - C_v}$. În cazul transformării $3 \rightarrow 1$ avem: $k = \frac{C_3 - C_p}{C_3 - C_v} = 1,4 = \frac{7}{5}; \quad 2 \cdot C_3 = 7 \cdot C_v - 5 \cdot C_p; \quad C_v = \frac{5}{2}R; \quad C_p = \frac{7}{2}R; \quad \Rightarrow C_3 = 0.$ Pentru <i>transformarea politropică</i> $2 \rightarrow 3$ avem: $k_2 = \frac{C_2 - C_p}{C_2 - C_v} \Rightarrow C_2 = \frac{(k_2 - \gamma)C_v}{k_2 - 1}, \quad (1)$ cu $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ - exponentul adiabatic al gazului. Randamentul ciclului este dat de relația: $\eta = 1 - \frac{ Q_{23} }{Q_{12}} = 1 + \frac{\nu \cdot C_2(T_3 - T_2)}{\nu \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}}. \quad (2)$ Relațiile între temperaturi și volume pentru cele trei transformări politrope sunt: $T_1 = T_2;$ $T_2 \cdot V_2^{k_2-1} = T_3 \cdot V_3^{k_2-1};$ $T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_3 \cdot V_3^{\gamma-1}, \quad \text{cu } \gamma = \frac{C_p}{C_v}, \quad C_v = \frac{R}{\gamma-1}$ Avem: : $\frac{T_3}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{k_2-1}; \quad \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\frac{1}{k_2-1}} = \frac{V_2}{V_3}; \quad \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{V_1}{V_3};$ $\left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\frac{1}{k_2-1}} = \frac{V_2}{V_3}; \quad \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{V_1}{V_3}; \quad \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\frac{1}{k_2-1} - \frac{1}{\gamma-1}}$ $\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\frac{\gamma-k_2}{(k_2-1)(\gamma-1)}} = n; \quad T_3 = n^{\frac{(k_2-1)(\gamma-1)}{\gamma-k_2}} \cdot T_1; \quad (3)$		0,50 p 0,50 p 0,50 p

1. Fiecare dintre subiectele **I**, **II**, respectiv **III** se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pagina 9 din 9

Ministerul Educației
Inspectoratul Școlar Județean – BRĂILA
CONCURSUL NAȚIONAL DE FIZICĂ “EVRIKA!”
Ediția a XXX-a – Brăila
17 – 19 Martie 2023
BAREM – Clasa a X-a

X

Folosind (1) și (3) în formula randamentului ciclului (2), obținem: $\eta = 1 + \frac{\frac{(k_2 - \gamma)}{k_2 - 1} C_V \left(n^{\frac{(k_2 - 1)(\gamma - 1)}{\gamma - k_2}} - 1 \right)}{R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}} = 1 + \frac{(k_2 - \gamma)}{k_2 - 1} \cdot \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{\left(n^{\frac{(k_2 - 1)(\gamma - 1)}{\gamma - k_2}} - 1 \right)}{\ln n} \cong 29,09\% .$	0,50 p	
Oficiu : Subiectul III – (A + B)	0,50 p	1 punct

Barem propus de:

prof. **Victor STOICA**, Inspectoratul Școlar al Municipiului București;
prof. **Liviu ARICI**, Colegiul Național "Nicolae Bălcescu" din Brăila;
prof. **Dumitru ANTONIE**, Colegiul Tehnic nr. 2 din Târgu – Jiu.

1. Fiecare dintre subiectele **I, II**, respectiv **III** se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, c respectiv d.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0. Punctajul final reprezintă suma acestora.