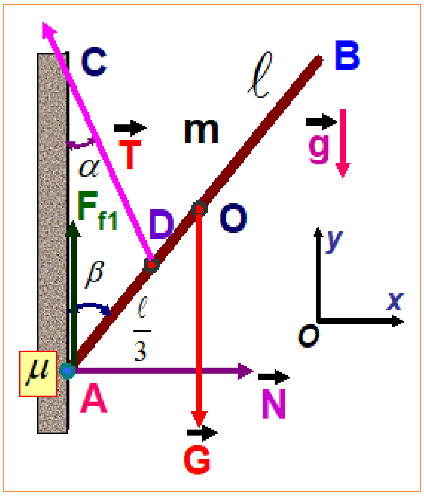
Subiect I - MECANICĂ CLASICĂ ȘI OPTICĂ GEOMETRICĂ	Parțial	Punctaj
Barem subiect I		**10 p**
Problema I. Fenomene mecanice și optice (A+ B+ C)		**10 p**
Problema I.A. Echilibru sub actiunea unor unui sistem de forte neparalele		**3 p**

Asupra tijei acționează trei forțe: greutatea $\vec{G}$, tensiunea din fir $\vec{T}$ și forța de reacțiune din partea peretelui asupra capătului inferior al tijei $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}_f$, unde $\vec{N}$ este normala din partea peretelui asupra tijei , iar $\vec{F}_f$ este forța de frecare dintre tijă și peretele vertical, $F_f \leq \mu \cdot N$. La echilibru, conform primei condiții de echilibru de rotație, numită și condiția de echilibru de translație avem că rezultanta acestor forțe este nulă: $\vec{G} + \vec{T} + \vec{R} = \vec{0}$ .... **0,25 p**

Această condiție este echivalentă cu faptul că suporturile celor trei forțe se intersectează într-un punct **P** . În funcție de valorile unghiurile α și β, sensul forței de frecare $\vec{F}_f$ poate fi vertical – în sus , respectiv $\vec{F}_f$ are sensul vertical – în jos . Vom analiza cele două cazuri separat:



1.) Forța de frecare $\vec{F}_{f1}$ are sensul în sus;

Condiția de echilibru de translație $\vec{G} + \vec{T} + \vec{R} = \vec{0}$, proiectată într-un sistem de axe ortogonale, orizontală și verticală devine: $N - T \cdot \sin\alpha = 0$ și respectiv $T \cdot \cos\alpha + F_{f1} - m \cdot g = 0$. (**1**). **0,25 p (discuții) + (desen)**

Cea de-a doua condiție de echilibru la rotație, adică corpul/solid rigid este în echilibru de rotație dacă și numai dacă momentul rezultant al forțelor aplicate solidului este nul, față de orice pol / punct: $\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \cdots \vec{M}_n = 0$, sau altfel spus: Un corp/solid rigid este în echilibru de rotație , față de orice pol, atunci când suma modulelor momentelor forțelor care rotesc corpul într-un sens (trigonometric) este egală cu suma modulelor momentelor forțelor care rotesc corpul în sens opus (orar). **0,25 p**

Putem scrie, față de punctul **A**: $mg \cdot d_1 = T \cdot d_2$ sau

$\frac{mg\ell}{2} \cdot \sin\beta = \frac{T\ell}{3}\sin(\alpha+\beta)$, (**2**), unde prin d_1 și d_2 s-a notat brațele forțelor $\vec{G}$ și $\vec{T}$ față de punctul de sprijin/reazem **A**. Din relațiile (**1**) și (**2**) obținem, **0,50 p**

coeficientul de frecare: $\mu_1 \geq \frac{F_{f1}}{N} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha \cdot \sin\beta} - \frac{1}{tg\alpha} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{2}{tg\beta} - \frac{1}{tg\alpha} \right)$ (**3**) **0,50 p**

Deoarece μ_1 satisface condiția $\mu_1 > 0$,
rezultă că în acest caz: $2 \cdot tg\alpha > tg\beta$; **(4)** ……………………………… **0,25 p**

2.) Forța de frecare $\vec{F}_{f\,2}$ are sensul vertical – în jos;

În acest caz, obținem: $\mu_2 \geq \dfrac{F_{f\,2}}{N} = \dfrac{1}{3}\left(\dfrac{1}{tg\alpha} - \dfrac{2}{tg\beta}\right)$, de unde obținem condiția : **0,50 p**

$2 \cdot tg\alpha < tg\beta$; **(5)** ……………………………………………… **0,25 p**

Concluzie. Tija este în echilibru, pentru orice valori ale lui α și β, iar coeficientul de frecare este : $\mu \geq \dfrac{1}{3}\left|\dfrac{1}{tg\alpha} - \dfrac{2}{tg\beta}\right|$. ………………………………… **0,25 p**

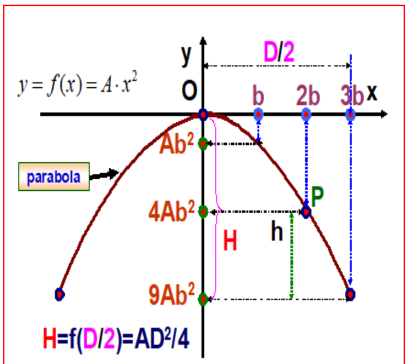
Problema I.B. Aruncare pe oblică în câmp gravitational — 4 p

Se știe din studiul mișcării pe oblică în câmp gravitațional uniform, fără frecări, că traiectoria corpului, este o ***parabolă***, care raportată la sistemul de axe ortogonale xOy (cu axa Ox orizontală și Oy verticală, în sus , iar O, coincide cu punctul de lansare) având ecuația: $y = x \cdot tg\theta - \dfrac{1}{2} \cdot \dfrac{g}{v_0^2}(1 + tg^2\theta) \cdot x^2$. **0,50 p**

Înălţimea maximă atinsă este : $H = y_m = \dfrac{v_0^2 \cdot \sin^2\theta}{2g}$, iar distanța (maximă) pe orizontală D, numită ***bătaia*** corpului (proiectilului) este: **0,25 p**

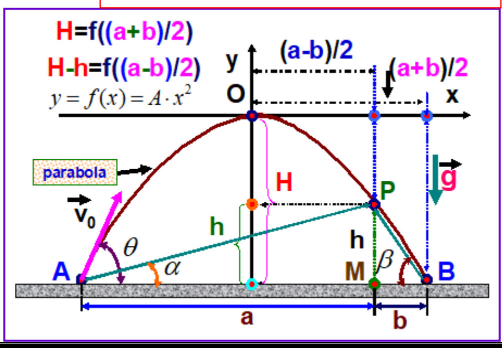
$D = 2x_m = 2\dfrac{v_0^2}{g}\sin\theta \cdot \cos\theta = \dfrac{v_0^2}{g}\sin 2\theta$. Din **0,25 p**

relaţiile de mai sus, găsim: $tg\theta = \dfrac{4H}{D}$.(*) **0,50 p**



Considerăm o parabolă de forma $y = f(x) = A \cdot x^2$, cu $A < 0$ Pentru $x_1 = b$, $y_1 = f(b) = A \cdot b^2 < 0$,pentru $x_2 = 2b$, $y_2 = f(2b) = 4A \cdot b^2 < 0$,iar pentru $x_3 = 3b$, **0,25 p**

$y_3 = f(3b) = 9A \cdot b^2 < 0$ (vezi *figura alăturată*). Noi putem translata sistemul de axe **xOy**, cu originea în vârful parabolei /traiectoriei şi vom folosi această proprietate a acesteia. Obţinem:



$$\frac{H}{(a+b)^2/4} = \frac{H-h}{(a-b)^2/4} = A = const.\,\mathbf{(1)}$$ **0,50 p**

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.

Prelucrând, folosind proprietăți ale proporțiilor vom avea:		
$\frac{H}{(a+b)^2}=\frac{H-h}{(a-b)^2}=\frac{H-(H-h)}{(a+b)^2-(a-b)^2}=\frac{h}{4ab}$ (2)	0,25 p	
$\frac{H}{(a+b)}=\frac{h(a+b)}{4ab}$ (3), $\Leftrightarrow$ $\frac{4H}{(a+b)}=\frac{h(a+b)}{ab}\overset{(rel.*)}{=}tg\theta$	0,25 p	
Deci: $tg\theta=\frac{h(a+b)}{ab}=\frac{h}{a}+\frac{h}{b}=tg\alpha+tg\beta$ (**4**), unde s-au făcut următoarele notaţii: θ unghiul de lansare al corpului faţă de orizontală, iar un punct **P** de pe traiectoria corpului se află la înălţimea h de sol/orizontală, iar distanţele de la piciorul perpendicularei/verticalei **M** de trece prin punctul **P** de pe traiectorie, la punctul de lansare , respectiv la punctul **B**, unde corpul loveşte solul, sunt a şi respectiv b *(vezi figura);* $D=a+b$. Deci am demonstrat că între unghiul de lansare θ, al bilei/corpului şi mărimile **a**, **b** respectiv **h**, există relaţia : $\frac{tg\theta}{h}=\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$; S-au neglijat frecările. De asemenea s-a notat cu α şi respectiv β, unghiurile faţă de orizontală *(vezi figura),* sub care este văzut faţă de orizontală punctul **P** de pe traiectoria corpului, din punctul de lansare şi respectiv punctul unde corpul loveşte solul, demonstrând că între unghiul de lansare θ, al bilei şi unghiurile α, respectiv β există relaţia: $tg\theta=tg\alpha+tg\beta$. Din relaţia (2) se mai poate demonstra simplu că înălţimea maximă **H**, la care ajunge corpul (cunoscând mărimile fizice **a**, **b** respectiv **h**), se poate calcula cu relaţia: $H=h\cdot\frac{(a+b)^2}{4ab}=h\cdot\left(\frac{m_a}{m_g}\right)^2$ (**5**), unde $m_a=\frac{a+b}{2}$ şi $m_g=\sqrt{ab}$ sunt *media aritmetică* şi respectiv *media geometrică* a numerelor/mărimilor **a** şi **b**.	0,75 p 0,50 p	
Observație: Orice rezolvare corectă, ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv. 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.		
Exemplu: ***Altă variantă de rezolvare***: Din ecuația traiectoriei raportată la sistemul de axe ortogonale xOy (cu axa Ox orizontală și Oy verticală, în sus , iar originea O coincide cu punctul de lansare): $y=x\cdot tg\theta-\frac{1}{2}\cdot\frac{g}{v_0^2}(1+tg^2\theta)\cdot x^2$,	0,50 p	
punctul P având coordonatele: (a,h), avem: $h=a\cdot tg\theta-\frac{1}{2}\cdot\frac{g}{v_0^2}(1+tg^2\theta)\cdot a^2$ (**6**).	0,25 p	
Dacă egalăm $y(x)$ cu zero, $y(x)=0$, obținem soluțiile: $x_1=0$ (ceea ce este evident,		

deoarece, bila este lansată din originea sistemului de axe ortogonale xOy) şi $x_2 = \dfrac{2v_0^2 \cdot tg\theta}{g(1+tg^2\theta)} = D = a+b$, care reprezintă bătaia, sau distanța parcursă pe orizontală. Înlocuind în relația (6), obținem: $h = a\cdot tg\theta - a^2 \cdot \dfrac{tg\theta}{a+b} = \dfrac{a\cdot b}{a+b} tg\theta$. **1 p**

De aici obținem: $\dfrac{tg\theta}{h} = \dfrac{a+b}{a\cdot b} = \dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b}$ . ... **0,75 p**

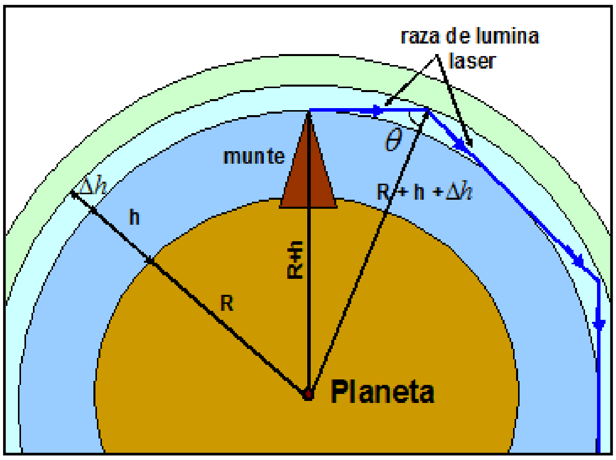
$tg\theta = \dfrac{h}{a} + \dfrac{h}{b} = tg\alpha + tg\beta$, deoarece $tg\alpha = \dfrac{h}{a}$ și $tg\beta = \dfrac{h}{b}$. .... **0,50 p**

Din relația: $tg\theta = \dfrac{4H}{D}$, găsim : .... **0,50 p**

$tg\theta = \dfrac{4H}{D} H = \dfrac{D}{4} tg\theta = \dfrac{a+b}{4} \cdot h \cdot \dfrac{a+b}{a\cdot b} = h \cdot \dfrac{(a+b)^2}{4a\cdot b} = \left(\dfrac{m_a}{m_g}\right)^2$, unde $m_a = \dfrac{a+b}{2}$ şi $m_g = \sqrt{ab}$ sunt *media aritmetică* şi respectiv *media geometrică* a numerelor / mărimilor fizice **a** şi **b**. **0,50 p**

Problema I.C. Fenomene optice — **3 p**

Să presupunem atmosfera de pe planeta extraterestră este compusă din mai multe straturi subțiri de gaze transparente [succesiune de straturi orizontale ! plan – paralele ! cu indici de refracție constanți ($\ldots, n_{k-1}, n_k, n_{k+1}, \ldots$); la interfețele dintre aceste straturi se produce fenomenul de refracție după legea binecunoscută Snellius – Descartes: $n_k \cdot \sin\alpha_k = const.$] cu grosime Δh fiecare, așa cum se arată în figură, și că indicele de refracție este constant în fiecare strat. Cu alte cuvinte, stratul care începe la înălțimea h are un indice de refracție n(h) , iar cel care începe la înălțimea (h + Δh) are indicele de refracție n(h + Δh) [n (h + Δh) < n (h)]. Dacă înălțimea h este suficient de mare, raza laser va suferi reflexie internă totală la interfața cu stratul superior, deoarece se ajunge la *unghiul* θ *limită* (critic), iar la suprafața de separare inferioară cu indicele $n(h)$ fenomenul de reflexie (straturile atmosferei planetei, le putem considera concentrice !!). Folosind legea lui Snell – Descartes avem: **0,50 p**



1 p (discuții) + (desen)

n (h) · sin θ = n (h + Δh)· sin 90⁰ = n (h + Δh) **(1)** ………… Pe de altă parte, din figură, și luând în considerare faptul că Δh << R + h, putem vedea că : $$\sin\theta = \frac{R+h}{R+h+\Delta h} = \frac{1}{1+\frac{\Delta h}{R+h}} \approx 1 - \frac{\Delta h}{R+h}$$ **(2)** ………… Substituind relația (**2**) în (**1**), obținem relația: $$\frac{n(h+\Delta h)-n(h)}{\Delta h} = -\frac{n(h)}{R+h}$$ (**3**) …………… Relația (3) devine : $$\frac{n(h+\Delta h)-n(h)}{\Delta h} = \frac{[n_0 - a\cdot(n+\Delta h)]-[n_0 - a\cdot h]}{\Delta h} = -a = -\frac{n(h)}{R+h} = -\frac{n_0 - a\cdot h}{R+h}$$ (**4**) În final obținem: $R = \frac{n_0}{a} - 2h$. (**5**) …………………………………	**0,50 p** **0,25 p** **0,25 p** **0,50 p**	
Subiect II - TERMODINAMICĂ ***(A+ B+ C)***		**10 p**
Problema II.A. Un ciclu termodinamic destul de straniu **(autor: prof. univ. dr. Florea S. ULIU)**		**5 p**
Dreapta **2** → **3** cu ecuația $p = -A\cdot V + B$, are panta $A = (p_2 - p_3)/(V_3 - V_2)$ și ordonata la origine $B = (p_2V_3 - p_3V_2)/(V_3 - V_2)$. Cu relațiile din enunț obținem imediat $A = (5/6)\cdot(p_1/V_1)$, respectiv $B = (8/3)p_1$. Pentru gazele monoatomice indicele adiabatic $\gamma = C_p/C_V$ are valoarea $\gamma = 5/3$. Determinăm acum locul în care, această dreaptă, este tangentă la o adiabată. El are coordonatele $V_{ad} = \gamma B/[(\gamma+1)A] = 2V_1$, respectiv $p_{ad} = B/(\gamma+1) = p_1 = p_2$. ………………… Constatăm că respectivul loc este reprezentat de punctul **2**. Altfel spus, pe porțiunea **2**→ **3** se ***cedează căldură***. Analizăm acum dreapta **4** → **1**, cu ecuația $p = -C\cdot V + D$ analoagă cele analizate mai sus. Găsim ușor că $D = (p_1V_4 - p_4V_1)/(V_4 - V_1) = (16/11)p_1$, respectiv $C = (p_1 - p_4)/(V_4 - V_1) = (5/11)\cdot(p_1/V_1)$. Acum $V_{ad} = \gamma D/[(\gamma+1)C] = 2V_1 = V_4$ și $p_{ad} = D/(\gamma+1) = (6/11)p_1 = p_3 = p_4$. ……………………………………… Dreapta **1**→ **4** este tangentă la o adiabată în punctul **4**. Pe porțiunea **4** →**1** gazul ***cedează căldură***. ……………………………………………………… Într-un ciclu complet gazul primește căldură doar pe ramura **1**→**2** . Avem $Q_{(+)} = \nu C_p(T_2 - T_1) = (5/2)p_1V_1$. ***Căldura cedată*** de gaz pe ramura izobară **3**→ **4** are modulul $\lvert Q_{34}\rvert = \nu C_p(T_3 - T_4) = (90/121)(p_1V_1)$ ……………………… Conform *principiului* **I** *al termodinamicii* putem scrie: $Q_{14} = \Delta U_{14} + (arie\,trapez) = \nu C_V(T_4 - T_1) + (1/2)(p_1 + p_4)(V_4 - V_1) = ... = (10/11)p_1V_1$, respectiv $Q_{23} = \Delta U_{23} + (arie\,trapez) = \nu C_V(T_3 - T_2) + (1/2)(p_3 + p_2)(V_3 - V_2) =$	**0,50 p** + **0,50 p** **0,50 p** **0,50 p** **0,25 p** **0,25 p** **0,75 p** **0,75 p**	

$= \ldots = -(60/121)\,p_1V_1$ ……………………………………… În total $\lvert Q_{(-)}\rvert = \lvert Q_{23}\rvert + \lvert Q_{34}\rvert + Q_{14} = [60/121 + 90/121 + 10/11]p_1V_1 = (260/121)\,p_1V_1$. În final randamentul este: $\eta = 1 - \lvert Q_{(-)}\rvert / Q_{(+)} = 17/121 \approx 0{,}14$ (adică 14%). …….	**0,50 p** **0,50 p**	
Problema II.B. Procese termodinamice generale ale unui gaz real		**2 p**
Evident, în procesul **2→ 3** (izocor): $-Q = \nu C_V(T_3 - T_2) = \Delta U_{23} = C(T_3 - T_2)$, cu $T_3 = T_1$. Rezultă că $C = \nu \cdot C_V$. Pe de altă parte, ***lucrul mecanic*** L este ***aria unui trapez***. În procesul **1→ 2** avem: $L = (1/2)(p_2 + p_1)(V_2 - V_1) = (\beta/2)(V_2^2 - V_1^2) = (\beta/2)(\alpha^2 - 1)V_1^2$. Ca urmare a *principiului* **I** *al termodinamicii*: $Q_{12} = L + \Delta U_{12} = \ldots = L + C(T_2 - T_1) + A(\alpha - 1)/\alpha V_1$. Aici putem scrie că $V_1 = \sqrt{2L/\beta(\alpha^2 - 1)}$ și în final : $Q_{12} = L + Q + A \cdot \left(1 - \dfrac{1}{\alpha}\right) \cdot \sqrt{\dfrac{\beta(\alpha^2 - 1)}{2L}}$ …………	**0,50 p** **0,50 p** **0,50 p** **0,50 p**	
Problema II.C. Transformări de stare de agregare		**3 p**
O parte din căldura transferată va încălzi apa de la 0^0C la 100^0C folosind căldura $Q_1 < Q$, $Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T$. ……………………………………… O parte din apa lichidă, Δm, se vaporizează absorbind căldura $Q_2 = \Delta m \cdot \lambda$;…. În starea finală, cu pistonul ridicat, vaporii de apă se găsesc la presiunea atmosferică normală : $p_0 \cdot \Delta V = \dfrac{\Delta m}{\mu} R \cdot T \Rightarrow \Delta m = p_0 \cdot \Delta V \cdot \dfrac{\mu}{R \cdot T}$. ……………… Pentru ridicarea pistonului se efectuează lucrul mecanic : $L = p_0 \cdot \Delta V$ ………… $Q_{total} = Q_1 + Q_2 + L = m \cdot c \cdot \Delta T + \Delta m \cdot \lambda + p_0 \cdot \Delta V$ $Q_{total} = m \cdot c \cdot \Delta T + p_0 \cdot \Delta V \cdot \dfrac{\mu}{R \cdot T} \cdot \lambda + p_0 \cdot \Delta V$ $Q_{total} = m \cdot c \cdot \Delta T + p_0 \cdot S \cdot \Delta h \cdot \dfrac{\mu}{R \cdot T} \cdot \lambda + p_0 \cdot \Delta V$ …………………………… $\Delta h = \dfrac{Q_{total} - m \cdot c_{apă} \cdot \Delta T}{p_0 \cdot S\left(\dfrac{\mu}{R \cdot T} \cdot \lambda_{vaporizare} + 1\right)}$ ……………………………………… $\Delta h = 20\,\text{cm}$. ………………………………………………………	**0,50 p** **0,50 p** **0,50 p** **0,50 p** **0,25 p** **0,25 p** **0,50 p**	
Subiect III -TERMODINAMICĂ + TERMOELECTRICITATE		**10 p**
Problema a III-a. Termodinamică + Termoelectricitate		
Problema III.A. Un ciclu termodinamic sub forma de romb		**3 p**
Conform *primului principiu al termodinamicii:* $Q_{12} = \Delta U_{12} + L_{12}$, în care $L_{12} > 0$ (arie de trapez). În mod analog, $\lvert Q_{34}\rvert = \Delta U_{43} + L_{43}$, cu $L_{43} > 0$ (aria unui alt trapez, ceva mai mic).	**0,25 p** **0,25 p**	

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.

Dacă centrul rombului are coordonatele (V_0, p_0) iar semi-diagonalele lui sunt ΔV, respectiv Δp, putem scrie $\nu \cdot R \cdot T_2 = p_2 \cdot V_2 = (p_0 + \Delta p) \cdot V_0 = p_0 \cdot V_0 + V_0 \cdot \Delta p$,… respectiv: $\nu \cdot R \cdot T_1 = p_1 \cdot V_1 = p_0 \cdot (V_0 - \Delta V) = p_0 \cdot V_0 - p_0 \cdot \Delta V$ ……………… Diferența ne dă $\nu \cdot R \cdot (T_2 - T_1) = V_0 \cdot \Delta p + p_0 \cdot \Delta V$. …………………………… În mod analog obținem relația $\nu \cdot R \cdot (T_3 - T_4) = V_0 \cdot \Delta p + p_0 \cdot \Delta V$ ……………… Rezultă astfel $T_2 - T_1 = T_3 - T_4$, adică $\Delta U_{12} = \Delta U_{43}$, adică $Q_{12} - L_{12} = \|Q_{34}\| - L_{43}$. Exprimăm lucrurile mecanice ca arii, formate din aria unui dreptunghi (de bază) plus sau minus un sfert din aria interioară ($L/4$). Astfel $L_{12} = p_0 \cdot \Delta V + L/4$, respectiv $L_{43} = p_0 \cdot \Delta V - L/4$. ………………………………………………… Finalmente rezultă relația: $Q_{12} = \|Q_{34}\| + L_{12} - L_{43} = \|Q_{34}\| + L/2$, deci $Q_{12} + Q_{34} = \dfrac{L}{2}$ ……………………………………………………………	0,25 p 0,25 p 0,25 p 0,25 p 0,50 p 0,25 p 0,25 p 0,50 p	
III.B. Ciclul unei instalatii termoelectrice		**7 p**
a.) Tensiunea electromotoare care ia naștere în circuit datorită efectului Seebeck poate fi scrisă sub forma: $\Delta E = \alpha \cdot \Delta T$; $E_1 - E_2 = \alpha \cdot (T_1 - T_2)$ …………………… Dacă printr-un circuit format din doi conductori de natură diferită,sudați,trece un curent electric, una din suduri se încălzește pe când cealaltă se răcește. Cantitatea de căldură absorbită sau degajată la suduri este în modul aceeași și este proporțională cu intensitatea curentului electric $Q_P = \pm \Pi \cdot I \cdot t$. Evident trecerea curentului electric produce căldură Joule pe tot circuitul. Astfel, în timpul funcționării generatorului termoelectric, sursa caldă furnizează căldură Peltier Q_1^P și căldură transmisă prin conducție Q_λ .În același timp, putem considera că sursa caldă recuperează jumătate din căldura degajată prin efect Joule în termoelectrozi. Cantitatea totală de căldură Q_1 furnizată de sursa caldă are valoarea: $Q_1 = Q_1^P + Q_\lambda - \dfrac{1}{2} Q_J$. …………………………………………… Sursa rece primește căldura Peltier Q_2^P , căldura Q_λ transmisă de sursa caldă prin conducție prin termoelectrozi și cealaltă jumătate din căldura degajată prin efect Joule în termoelectrozi. Se poate scrie deci: $Q_2 = Q_2^P + Q_\lambda + \dfrac{1}{2} Q_J$. ………. Lucrul mecanic util produs de generatorul termoelectric și transmis aparatului receptor exterior este egal, conform principiului I al termodinamicii, cu: $L_{ciclu} = Q_1 - Q_2$. ……………………………………………………… Înlocuind în ultima relație valorile căldurilor la cele două surse,se obține: $L_{ciclu} = Q_1^P - Q_2^P - Q_J$. …………………………………………… Substituind această relație în căldurile Peltier: $\begin{cases} Q_1^P = \alpha \cdot T_1 \cdot I \cdot t \\ Q_2^P = \alpha \cdot T_2 \cdot I \cdot t \end{cases}$ ………………	0,50 p 0,50 p 0,50 p 0,50 p 0,50 p 0,25 p + 0,25p	

se obține: $L_{ciclu} = \alpha(T_1 - T_2)\cdot I\cdot t - Q_J$. ………………………………………… Valoarea lucrului mecanic L_{ciclu} transmis receptorului exterior în unitatea de timp poate fi exprimată si în forma: $L_{ciclu} = R\cdot I^2\cdot t$, în care R este rezistența electrică a receptorului exterior, care primește energia electrică produsă de generatorul termoelectric. În virtutea definiției generale: $\eta_t = \frac{L_{ciclu}}{Q_1}$ și ținând seamă de expresia ***randamentul termic*** al ciclului unui generator termoelectric, putem scrie: $\eta_t = \frac{R\cdot I^2\cdot t}{Q_1^P + Q_\lambda - \frac{1}{2}Q_J}$. ………………………………………	0,50 p 0,50 p 0,50 p 0,75 p	
b.) Dacă $Q_\lambda = 0$ și $Q_J = 0$, rezultă că : $L_{ciclu} = \alpha(T_1 - T_2)\cdot I\cdot t$ și $Q_1 = \alpha\cdot T_1\cdot I\cdot t$ Înlocuind în $\eta_t = \frac{L_{ciclu}}{Q_1}$ obținem: $\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, …………………………………… adică expresia ***randamentului unui ciclu Carnot***.	1 p 0,75 p	

Barem propus de:

prof. **TOMA** Ion**,** Colegiul Național ”*Mihai Viteazul* ”, București;
prof. **ANTONIE** Dumitru**,** Colegiul Tehnic nr.2, Târgu – Jiu.
prof. **ANGHEL** Marian Viorel**,** Liceul Teoretic ”*Petre Pandrea*”, Balș.