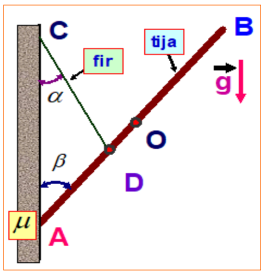
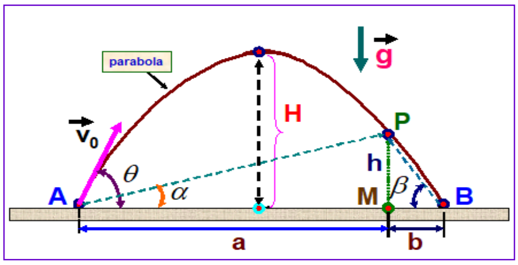
Subiectul I: Fenomene mecanice *şi* fenomene optice (10 puncte)



I.A. (3 puncte) O tijă omogenă **AB** se reazemă cu capătul inferior (**A**) de un perete vertical, ca în *figura alăturată*. Între tijă și peretele există frecare. Tija este suspendată prin intermediul unui firul ideal, inextensibil, fixat de perete în punctul **C**, punctul de prindere al tijei D, găsindu-se la distanța $AD = AB/3$ de capătul inferior **A**. Cunoscând unghiul α, făcut de fir cu peretele vertical, respectiv unghiul β, dintre tijă și același perete vertical , găsiți valorile posibile ale coeficientului de frecare dintre tijă și peretele vertical pentru ca aceasta să fie în echilibru.

I.B. (4 puncte) Din punctul **A** se lansează oblic în câmp gravitaţional uniform, o bilă punctiformă care cade în punctul **B**, care se află pe aceeaşi orizontală ca şi **A**. Un punct **P** de pe traiectoria corpului se află la înălţimea $h = \mathrm{PM}$ de sol/orizontală, iar distanţele de la punctul **M** (piciorul perpendicularei ce trece prin **P**) la punctul de lansare **A** , respectiv de la **M** la punctul **B**, unde bila loveşte solul, sunt $a = \mathrm{MA}$ şi respectiv $b = \mathrm{MB}$ *(vezi figura).*

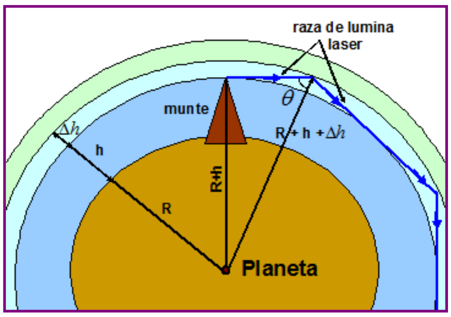


a.) Demonstraţi că între unghiul de lansare θ, al bilei şi mărimile **a**, **b** respectiv **h,** există relaţia : $\dfrac{tg\theta}{h} = \dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b}$.

b.) Determinați înălţimea **H**, la care ajunge corpul (cunoscând mărimile fizice **a**, **b** respectiv **h**).

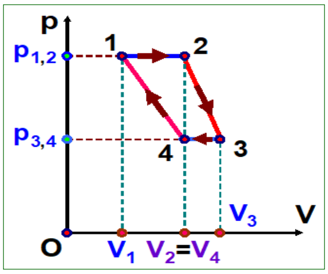
c.) Punctul **P** de pe traiectoria corpului este văzut din punctul de lansare (**A**), respectiv punctul **B**, unde bila loveşte solul, sub unghiurile $\alpha = m(P\hat{A}B)$ şi respectiv $\beta = m(P\hat{B}A)$, faţă de orizontală *(vezi figura).* Folosind, eventual, relația $\dfrac{tg\theta}{h} = \dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b}$, dedusă anterior, demonstraţi că între unghiul de lansare θ, al bilei şi unghiurile α, respectiv β există relaţia: $tg\theta = tg\alpha + tg\beta$. Se neglijează frecarea la mişcarea bilei prin aer.

I.C. (3 puncte) Pe o planetă extraterestră de formă sferică, indicele de refracție al atmosferei acesteia depinde de înălțimea h de la suprafața planetei după legea $n(h) = n_0 - a \cdot h$, unde n_0 este o constantă ($n_0 > 1$), iar $a > 0$ este un coeficient constant ($a << n_0/h$). Un om de știință extraterestru trimite cu ajutorul unui laser, o rază de lumină monocromatică orizontală, din vârful celui mai înalt munte de pe planeta respectivă (*vezi figura*). Omul de știință este surprins să descopere că fasciculul /raza de lumină laser înconjoară planeta și revine în punctul inițial. Cunoscând mărimile fizice n_0, a și înălțimea muntelui h, determinați raza planetei R. Se cunoaște aproximația $(1+x)^r \approx 1 + r \cdot x$, unde $x << 1$, iar r este un număr real.



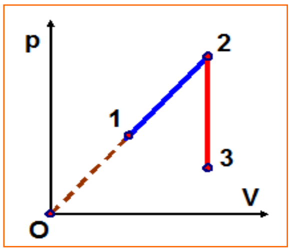
Subiectul II: Procese termodinamice generale (10 puncte)

II.A. (5 puncte) Un ciclu termodinamic destul de straniu (autor: prof. univ. dr. Florea ULIU)



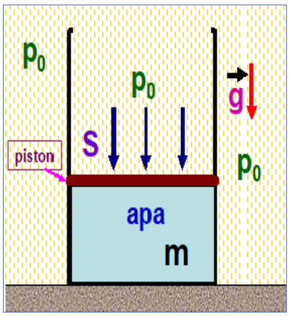
Ciclul termodinamic trapezoidal din figură, parcurs în sens orar de un gaz ideal monoatomic, este reprezentat în diagrama Clapeyron-Mendeleev $p-V$, prin două izobare, anume procesele ($1\rightarrow 2$) și ($3\rightarrow 4$), între care sunt intercalate procesele termodinamice $(2\rightarrow 3)$ și $(4\rightarrow 1)$ sub forma unor segmente de dreaptă cu pantă negativă. Se cunosc relațiile $V_2 = V_4 = 2V_1$, respectiv $V_3 = (28/11)\cdot V_1$. De asemenea, pentru presiuni, se cunosc relațiile $p_2 = p_1$ și $p_3 = p_4 = (6/11)\cdot p_1$. Determinați ***randamentul*** mașinii termice care ar funcționa după ciclul **1→ 2 → 3→ 4 → 1**?

II.B. (2 puncte) Procese termodinamice generale ale unui gaz real



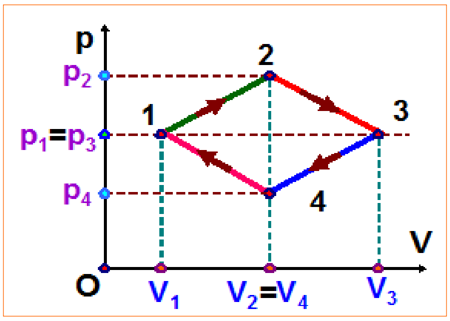
Energia internă a unui gaz neideal depinde de temperatura absolută T și de volumul său V conform relației $U = C\cdot T - A/V$, în care C și A sunt constante / numere reale pozitive, cunoscute. Un astfel de gaz se destinde în procesul liniar $1\rightarrow 2$, de forma $p=\beta\cdot V$ ($\beta>0$, este o constantă cunoscută), efectuând lucrul mecanic L. În procesul izocor $2\rightarrow 3$ gazul se răcește până la temperatura inițială ($T_3 = T_1$), cedând căldură $Q_{23} = -Q < 0$. Știind că $V_2 = \alpha\cdot V_1$ ($\alpha > 1$), determinați cantitatea de ***căldură primită*** de gaz în procesul liniar $1\rightarrow 2$. Se cunosc: L, Q, A, C, α și β.

II.C. (3 puncte) Procese termodinamice ale apei dintr-un cilindru cu piston

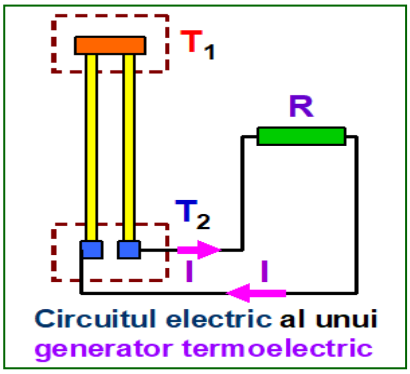


O masă de apă în stare lichidă, $m = 20\,\text{g}$, este închisă într-un cilindru izolat termic la temperatura de $t_0 = 0^0\text{C}$ imediat sub un piston cu aria $S = 410\,\text{cm}^2$, a cărui masă e neglijabilă și care se poate mișca liber fără frecare. Presiunea exterioară este permanent presiunea atmosferică normală p_0. Pe ce distanță se va ridica pistonul dacă vom transfera apei o cantitate de căldură $Q = 20\,\text{kJ}$? Se neglijează dilatarea lichidului cu temperatura. Se cunosc: $\mu_{apa} = 18\,\text{g/mol}$, $p_0 = 10^5\,\text{Pa}$, $\lambda_{vaporizare} = 2265\,\text{kJ/kg}$, $c_{apă} = 4180\,\text{J/kg}\cdot\text{K}$ și constanta universală a gazelor perfecte $R = 8{,}314\dfrac{J}{mol\cdot K}$. Se neglijează variația volumului apei în stare lichidă în timpul proceselor la care participă față de volumul închis sub piston.

Subiectul III: →(10 puncte)



III.A. (3 puncte) Un ciclu termodinamic *sub forma de* romb
Procesul ciclic din *figura alăturată*, reprezentat în diagrama pOV, sub formă de ***romb***, este parcurs în sensul **1→ 2 → 3 → 4 → 1** de un gaz perfect. Se știe că $p_1 = p_3$ și că $V_2 = V_4$. Lucrul mecanic total furnizat într-un ciclu este L. Determinați ***suma căldurilor*** în transformările liniare **1→2** și **3→4**, **(**$Q_{12} + Q_{34}$**)**.



III.B. (7 puncte) Ciclul unei instalații termoelectrice
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*** $Q_P = \pm\Pi \cdot I \cdot t$. Fenomenul este definit ***efect Peltier***. Dacă sudurile unui circuit compozit ca cel descris mai sus sunt menținute la temperaturi diferite, în circuit apare o ***tensiune electrică direct proporțională cu diferența de temperatură***. Fenomenul este denumit ***efect Seebeck***. Circuitul termoelectric al unui generator termoelectric este realizat din doi termoelectrozi (doi conductori de natură diferită sau doi semiconductori) ce sunt legați în sudurile caldă și rece prin așa numitele plăci de comutație, executate din materiale bune conducătoare de electricitate, din cupru de pildă. Adesea circuitul este întrerupt nu la mijlocul unuia dintre electrozi, ci la sudura rece (ceea ce este mai comod din punct de vedere constructiv – *vezi figura*).
Cunoscând pentru un astfel de termogenerator că termoelectrozii au rezistența electrică r și că sistemul este cuplat la un circuit exterior de rezistență electrică R, precum și temperaturile T_1 și T_2 ale sursei calde respectiv sursei reci, să se calculeze:
a.) Randamentul termic al generatorului, ținând cont de pierderile ireversibile de căldură prin efect Joule Q_J și prin conducție Q_λ precum și de contribuția efectului Peltier.
b.) Să se estimeze randamentul termoelectric în condițiile în care pierderile de căldură prin efect Joule și prin conducție sunt neglijate. Comentați rezultatul obținut.

Subiecte propuse de:

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