Problema 1.

Incinta de volum V_1, conţinând aer la presiunea p_0 şi la temperatura T_0, comunică cu o incintă vidată de volum V_2, printr-un tub de volum neglijabil, dar cu o supapă de evacuare care permite trecerea aerului dintr-o incintă în alta, la o diferenţă de presiune $\Delta p = kp_0$. Cele două incinte se încălzesc până la temperatura $T = nT_0$, $n > k$.

a) La ce temperatură T´ se deschide supapa?

b) Care vor fi presiunile aerului din incinte la temperatura T´.

c) Cu cât s-a modificat energia internă a aerului din prima incintă?

Se dă: $C_V = 5R/2$.

a) Supapa se deschide când presiunea aerului din prima incintă este egală cu $p_1 = kp_0$, la temperatura $T' = kT_0$. (2p)

b) $p_1 = kp_0$; $p_2 = 0$ (2p)

c)

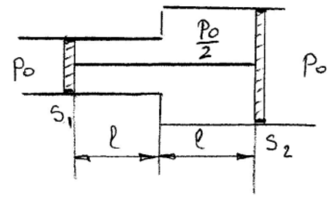
$$\left.\begin{aligned}
&p'_1 - p'_2 = \Delta p = kp_0 && (0{,}5p)\\
&\nu = \nu_1 + \nu_2 && (0{,}5p)\\
&\frac{p_0V_1}{T_0} = \frac{p'_1V_1}{T} + \frac{p'_1 - \Delta p}{T}V_2 \Rightarrow && (0{,}5p)\\
&p'_1 = \frac{p_0}{V_1 + V_2}\left(nV_1 + kV_2\right) && (0{,}5p)\\
&p'_2 = \frac{p_0V_1}{V_1 + V_2}(n - k) && (0{,}5p)
\end{aligned}\right\}(2{,}5\,puncte)$$

$$\Delta U_1 = \frac{C_V}{R}V_1\left(p_1' - p_0\right) = \frac{5}{2}\frac{p_0V_1(n-1) + p_0V_2(k-1)}{V_1 + V_2}$$

(2.5p)

Oficiu 1p

NOTĂ: Se acordă câte un punct din oficiu pentru fiecare problemă. Orice altă rezolvare corectă se punctează corespunzător.



Problema 2.

Un tub orizontal cu secţiuni transversale diferite conţine 2 pistoane etanşe, fără masă, ce se pot deplasa fără frecare şi fiind legate cu o tijă rigidă (2 l). Între pistoane se află gaz având iniţial presiunea $\frac{p_0}{2}$. Iniţial pistoanele sunt blocate iar pereţii tubului permit contactul termic cu gazul închis între pistoane.

a) Se deblochează pistoanele şi procesul este controlat astfel încât procesul suferit de gazul dintre pistoane să fie cvasistatic, mediul exterior având rol de termostat. Să se determine cu cât s-a deplasat fiecare piston dacă $\frac{S_2}{S_1}=3$.

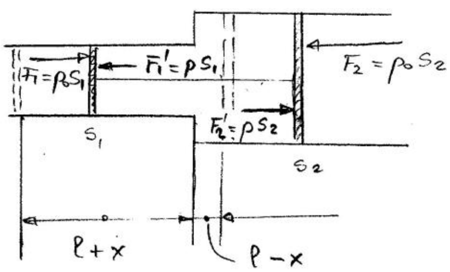
b) Din starea atinsă anterior, gazul este încălzit până când pistoanele revin în poziţia iniţială. Să se calculeze de câte ori a trebuit crescută temperatura faţă de starea iniţială $\left(\frac{S_2}{S_1}=3\right)$.

c) În continuare gazul suferă un proces izoterm prin scăderea foarte lentă a presiunii din mediul adiacent. Începând de la ce valoare a presiunii interioare pistoanele încetează să se deplaseze $(S_2=3S_1)$.

d) Faceţi o reprezentare a celor trei procese în diagramele p-V, p-T, V-T (ordonata - abscisa).

a) Gazul suferă o comprimare izotermă. Conform legii Boyle-Mariotte avem:

$$\frac{p_0}{2}l\left(S_1+S_2\right)=p_0\left[(l+x)S_1+(l-x)S_2\right]\Rightarrow x=\frac{l}{2}\frac{\left(S_2+S_1\right)}{\left(S_2-S_1\right)}=\frac{l}{2}\frac{\cancel{S_1}\left(\frac{S_2}{S_1}+1\right)}{\cancel{S_1}\left(\frac{S_2}{S_1}-1\right)}$$



Pentru $\frac{S_2}{S_1}=3\Longrightarrow x=l$

(2 p)

b) În continuare gazul suferă un proces izobar

$\frac{V_i}{T_i}=\frac{V_f}{T_f}$ unde $V_i=2\,l\,S_1$; $\quad V_f=l\left(S_1+S_2\right)$

(2 p)

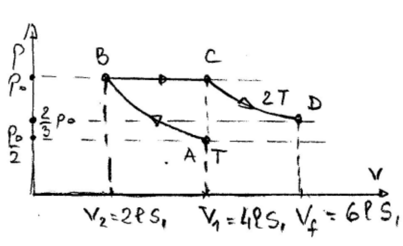
$$\frac{T_f}{T_i}=\frac{V_f}{V_i}=\frac{\cancel{l}\left(S_1+S_2\right)}{2\,\cancel{l}\,S_1}=\frac{4S_1}{2S_1}=2$$

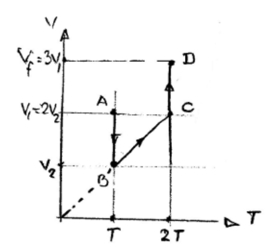
c) Pistoanele nu se mai deplasează din momentul în care pistonul 1 iese din tubul de secţiune S_1 . În momentul imediat anterior avem:

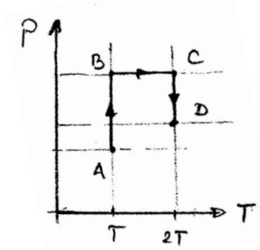
$V=2\,l\,S_2$ iar $p_{int}=p_{ext}=p$

$p_0l\left(S_1+S_2\right)=p\;2\,l\,S_2\Rightarrow p=p_0\frac{S_1+S_2}{2S_2}=p_0\frac{4S_1}{6S_1}=\frac{3}{2}p_0$ (2 p)

d) - (3 p)

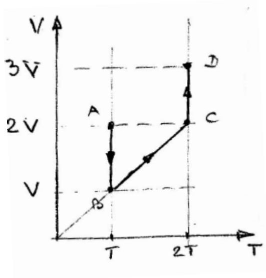






Oficiu 1p

NOTĂ: Se acordă câte un punct din oficiu pentru fiecare problemă. Orice altă rezolvare corectă se punctează corespunzător.



Problema 3.

Se consideră succesiunea celor trei transformări simple ale unui gaz ideal monoatomic, din figura alăturată.

a) Să se calculeze lucrurile mecanice în cele trei procese utilizând o diagramă în care să se evidenţieze semnificaţia geometrică a lucrului mecanic în termodinamică;

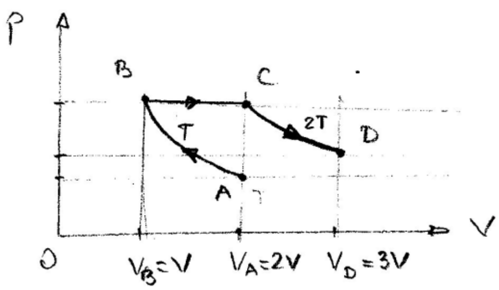
b) Să se calculeze căldurile schimbate de gaz cu mediul exterior în cele trei procese;

c) Să se calculeze variaţiile energiei interne a gazului în cele trei procese precum şi ΔU_{DA}.

Se dau: $C_V = \frac{3}{2}R$; $\ln 2 = 0,693$; $\ln 1,5 = 0,405$; $T = 300K$; $\upsilon = 1$ mol; $R = 8,31\cdot 10^3 J/Kmol\cdot K$.

d) Pentru problema 2 punctul a) să se verifice dacă lucrul mecanic efectuat de gazul ideal are modulul egal cu lucrul mecanic efectuat de forţele exercitate de presiunea p_0 din mediul exterior. Să se dea o explicaţie asupra rezultatului obţinut ştiind că procesul a fost presupus cvasistatic şi reversibil.

e) Problema 3 reprezintă o continuare a problemei 2, fiind vorba de exact aceleaşi trei transformări.



a) $L_{AB} = \upsilon RT \ln\frac{V_B}{V_A} = \upsilon RT \ln\frac{1}{2} = -\upsilon RT \ln 2$

$L_{AB} = -1\cdot 8,31\cdot 300\cdot 0,693 = -1727,64J$

(1p)

$L_{BC} = p\left(V_C - V_B\right) = pV = \upsilon RT$

$L_{BC} = 1\cdot 8,31\cdot 300 = 2493J$

(1 p)

$$L_{CD} = 2\nu RT\ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right) = 2\nu RT\ln\left(\frac{3V}{2V}\right) = 2\nu RT\ln(1,5)$$

$L_{CD} = 2\cdot 2493\cdot 0,405 = 2019,32J$ (1 p)

b) $Q_{AB} = L_{AB} = -1727,64J$

(0.5 p)

$Q_{BC} = \upsilon C_p \Delta T_{BC} = \upsilon C_p(2T - T) = \upsilon C_p T = \upsilon(C_V + R)T = \frac{5}{2}\upsilon RT$

$Q_{BC} = \frac{5}{2}\cdot 1493 = 6232.5J$

(1 p)

$Q_{CD} = L_{CD} = 1009,66J$

(0,5 p)

c) $\Delta U_{AB} = 0$

(0,5 p)

$\Delta U_{BC} = Q_{BC} - L_{BC} = \upsilon C_V \Delta T_{BC} = \frac{3}{2}\upsilon RT$

$\Delta U_{BC} = 1,5\cdot 2493 = 3739,5J$

(0,5 p)

$\Delta U_{CD} = 0$

(0,5 p)

$\Delta U_{DA} = \upsilon C_V \Delta T_{DA} = \upsilon C_V\left(T - 2T\right) = -\upsilon C_V T = -\frac{3}{2}\upsilon RT$

$\Delta U_{DA} = -3739,5J$

(0,5 p)

d) $L_{int} = -\upsilon RT\ln 2 = -\frac{p_0 l}{2}(S_2 + S_1)\ln 2$

$L_{ext} = F_2 l - F_1 l = (F_2 - F_1)l = p_0(S_2 - S_1)l$

$$\frac{|L_{int}|}{L_{ext}} = \frac{\frac{1}{2}\cancel{p_0}\cancel{l}(S_2 + S_1)\ln 2}{\cancel{p_0}\cancel{l}(S_2 - S_1)} = \frac{\frac{1}{2}(3S_1 + S_1)\ln 2}{3S_1 - S_1} = \frac{\frac{1}{2}4\cancel{S_1}\cdot\ln 2}{2\cancel{S_1}} = \ln 2 \neq 1$$

Cele două lucruri mecanice nu sunt egale pentru că în calcularea lucrului mecanic exterior (L_{ext}) nu s-a luat în calcul lucrul mecanic al forţei suplimentare care intervine în proces pentru a asigura evoluţia cvasistatică a lui.

Oficiu 1p

NOTĂ: Se acordă câte un punct din oficiu pentru fiecare problemă. Orice altă rezolvare corectă se punctează corespunzător.