

103. 5 mol, kezdetben 2 liter térfogatú nitrogénnel három szakaszból álló körfolyamatot végeztünk. Először állandó hőmérsékleten összenyomjuk az eredeti térfogatának a felé-re, majd a gáz állandó nyomáson eredeti térfogatára tágul, miközben hőmérséklete $T = 300\text{ K}$ -re emelkedik. Ezután a gáz állandó térfogat mellett lehűl a kezdeti hőmérsékletre.

- (a) Mekkora ez a kezdeti hőmérséklet? (150K)
 (b) Rajzoljuk fel a körfolyamatot a pV , a pT és a VT síkon.
 (c) Mennyivel változik az egyes részfolyamatokban a gáz belső energiája és entrópiája, mekkora munkát végzett, mennyi hőt adott le a gáz?
 (d) Mekkora a gáz nettó munkavégzése az egész ciklusra és mennyi a nettó hőfelvétel?
 (e) Mekkora lenne ennek a hőerőgépnak a hatásfoka, ha munkavégzésre használnánk ezt a körfolyamatot?

$$n = 5\text{ mol}$$

$$V_1 = 2\text{ l} = 0,002\text{ m}^3$$

$$T_1 = ?$$

$$P_1$$

$$\begin{array}{l} T=\text{all} \\ \text{izoterm} \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} V_2 = \frac{V_1}{2} = 0,001\text{ m}^3 \\ T_2 = T_1 \\ P_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} p=\text{all} \\ \text{izobár} \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} V_3 = V_1 = 0,002\text{ m}^3 \\ T_3 = 300\text{ K} \\ P_3 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} V=\text{all} \\ \text{izochor} \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} V_1 \\ T_1 \\ P_1 \end{array}$$

a.) Felhasználva a 2→3 izobár folyamatot:

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = P_3 = p \\ pV_2 = nRT_2 \\ pV_3 = nRT_3 \end{array} \right\} \rightarrow \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad (T_1 = T_2)$$

$$T_2 = \frac{V_2}{V_3} \cdot T_3 = \frac{1}{2} \cdot 300\text{ K} = \underline{\underline{150\text{ K}}}$$

b.) Kellenek még akkor a hiányzó nyomások.

$pV = nRT$ használatával

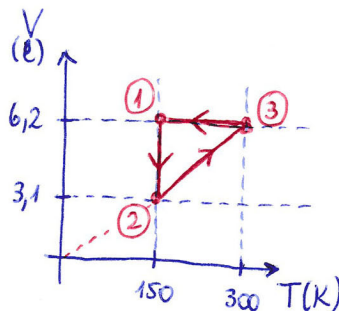
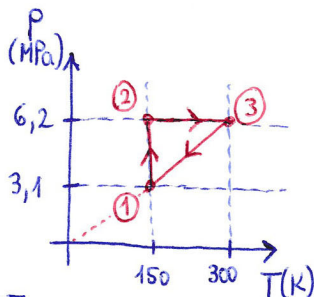
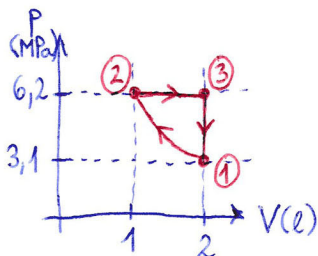
$$P_1 = \frac{nRT_1}{V_1} = \frac{5\text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 150\text{ K}}{0,002\text{ m}^3} = 3116250\text{ Pa}$$

Az izoterm folyamat:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = P_1 \frac{V_1}{V_2} = P_1 \cdot 2$$

$$P_2 = 6232500\text{ Pa}$$



origóbol
induló
egyenes

3→1
 $V=\text{all}$
 $pV = nRT$

$$p = \frac{nR}{V} \cdot T = \text{konst} \cdot T$$

origóbol
induló
egyenes

$pV = nRT$

$$V = \frac{nR}{p} \cdot T = \text{konst} \cdot T$$

c.) 1→2 izoterm $T = \text{állandó}$ $n = 5 \text{ mol}$

$$\Delta E_{b,12} = \frac{f}{2} n R \Delta T_{12} = 0$$

$$pV = nRT = \text{állandó} \rightarrow p = \frac{nRT}{V} = \frac{\text{konst}}{V}$$

$$\delta W = -pdV = -\frac{nRT_1}{V} dV$$

$$W_{12} = -\int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT_1}{V} dV = -nRT_1 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = -nRT_1 [\ln V]_{V_1}^{V_2} = -nRT_1 (\ln V_2 - \ln V_1) =$$

$$= nRT_1 (\ln V_1 - \ln V_2) = nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = 5 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 150 \text{ K} \cdot \ln 2 = 4320 \text{ J}$$

$$\text{Gáz munkája: } W_{g,12} = -W_{12} = \underline{\underline{-4320 \text{ J}}}$$

Hőtan I. főtétele: $0 = \Delta E_{b,12} = Q_{12} + W_{12}$

$$Q_{12} = -W_{12} \text{ de a leadott hő kell}$$

$$\Delta S_{12} = \frac{Q_{12}}{T_1} = \frac{-4320 \text{ J}}{150 \text{ K}} = \underline{\underline{-28,8 \frac{\text{J}}{\text{K}}}}$$
$$Q_{le,12} = -Q_{12} = W_{12} = \underline{\underline{4320 \text{ J}}}$$

2→3 izobár $p = \text{állandó}$

$$\Delta E_{b,23} = \frac{f}{2} n R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \cdot 5 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 150 \text{ K} = \underline{\underline{15581 \text{ J}}}$$

$$(p_2 = p_3) W_{23} = -p_2 \Delta V_{23} = -6232500 \text{ Pa} \cdot 0,001 \text{ m}^3 = -6232,5 \text{ J}$$

$$W_{g,23} = -W_{23} = \underline{\underline{6232,5 \text{ J}}}$$

$$\Delta E_{b,23} = Q_{23} + W_{23} \rightarrow Q_{23} = \Delta E_{b,23} - W_{23} = 15581 \text{ J} + 6232,5 \text{ J} = 21813,5 \text{ J}$$

$$Q_{le,23} = -Q_{23} = \underline{\underline{-21813,5 \text{ J}}}$$

Mivel izobár folyamat: $C_{mp} = \left(\frac{f}{2} + 1\right) R$

$$Q_{23} = C_{mp} \cdot n \cdot \Delta T_{23} \rightarrow \text{közben } \delta Q = C_{mp} n \cdot dT$$

$$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{7}{2} R n \frac{dT}{T}$$

$$\delta Q = \left(\frac{f}{2} + 1\right) R n dT = \frac{7}{2} R n dT$$

$$\Delta S_{23} = \frac{7}{2} R n \int_{T_2}^{T_3} \frac{dT}{T} = \frac{7}{2} R n [\ln T]_{T_2}^{T_3} = \frac{7}{2} R n \ln 2 = \underline{\underline{100,8 \frac{\text{J}}{\text{K}}}}$$

3-71 izochor $V = \text{áll}$

Mivel $\Delta V_{31} = 0$, a munka nulla: $W_{31} = W_{g31} = \underline{\underline{0}}$

$\Delta E_{b31} = -\Delta E_{b12} - \Delta E_{b23} = \underline{\underline{-15581 J}}$ mert a teljes ciklusra: $\Delta E_{b0} = 0$

$\Delta E_{b0} = \Delta E_{b12} + \Delta E_{b23} + \Delta E_{b31}$
 $\quad \quad \quad \uparrow \quad \quad \quad \uparrow$
 $\quad \quad \quad 0 \quad \quad \quad 15581 J$

$\Delta E_{b31} = Q_{31} + W_{31} = Q_{31}$

$Q_{31} = \Delta E_{b31} = -15581 J \rightarrow Q_{le31} = \underline{\underline{15581 J}}$

Mivel izochor folyamat: $\delta Q = c_{mv} \cdot n \cdot dT = \frac{f}{2} R n dT = \frac{5}{2} R n dT$

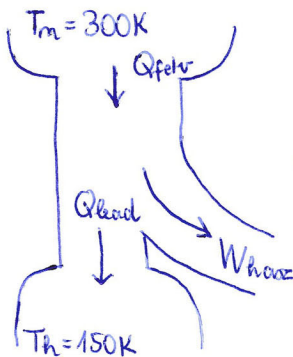
$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{5}{2} R n \frac{dT}{T}$

$\Delta S_{31} = \frac{5}{2} R n \int_{T_3}^{T_1} \frac{dT}{T} = \frac{5}{2} R n [\ln T]_{T_3}^{T_1} = \frac{5}{2} R n \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\frac{5}{2} R n \ln 2 = \underline{\underline{-72 \frac{J}{K}}}$

d.) $W_{g0} = W_{g12} + W_{g23} + W_{g31} = -4320 J + 6232,5 J + 0 = \underline{\underline{1912,5 J}}$

$Q_0 = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = -4320 J + 21813,5 J - 15581 J = \underline{\underline{1912,5 J}}$

e.) $\eta = \frac{W_{hasz}}{Q_{felv}} = \frac{W_{g0}}{Q_{23}} = \frac{1912,5 J}{21813,5 J} = 0,0877$ vagyis 8,77%



$Q_{felv} = Q_{23}$ mert csak az pozitív
 $Q_{lead} = |Q_{12} + Q_{31}|$ mert azok negatívak
 $Q_{lead} = -Q_{12} - Q_{31}$
 $W_{hasz} = Q_{felv} - Q_{lead}$
 energia megmaradás a ciklusra