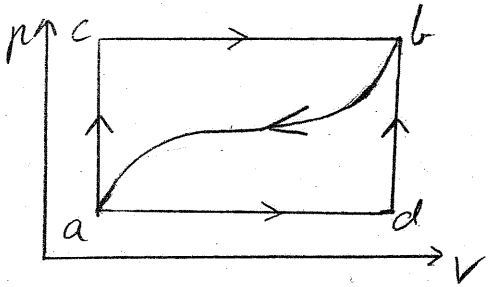
Termisk fysikk, 2006.

Løsning øving 2.

Oppgave 1.



Den indre energien U til et system er bestemt av tilstanden. Dette er ikke tilfelle med tilført varme Q og utført arbeid W, men energibevarelse (1. hovedsetning) er oppfylt. Mottatt varme langs veg acb er

$$Q_{acb} = U_b - U_a + W_{acb}$$

slik at endringen i indre energi blir

$$\Delta U_{ab} = U_b - U_a = Q_{acb} - W_{acb} = (80-30)\,J = \underline{50\,J}$$

a) Varmemengden systemet opptar langs vegen adb blir derfor

$$Q_{adb} = \Delta U_{ab} + W_{adb} = (50+10)\,J = \underline{\underline{60\,J}}$$

b) Mottatt arbeid 20 J betyr utført arbeid $W_{ba} = -20\,J$. Mottatt varme under prosessen $b \to a$ er følgelig

$$Q_{ba} = \Delta U_{ba} + W_{ba} = -\Delta U_{ab} + W_{ba} = (-50-20)\,J = \underline{\underline{-70\,J}}$$

Dette betyr at systemet avgir varmemengden 70 J under prosessen $b \to a$.

c) Ved prosessen db utføres det ikke noe arbeid da volumet er konstant, dvs. $W_{db} = 0$ og $W_{ad} = W_{adb} = 10\,J$. Mottatt varmemengde under prosessen ad blir følgelig

$$Q_{ad} = U_d - U_a + W_{ad} = (40 - 0 + 10)\,J = \underline{\underline{50\,J}}$$

Ved prosessen db blir så den mottatte varmemengden

$$Q_{db} = Q_{adb} - Q_{ad} = (60-50)\,J = \underline{\underline{10\,J}}$$

Oppgave 2.

Tilstandslikning for n mol av ideell gass

$$pV = nRT$$

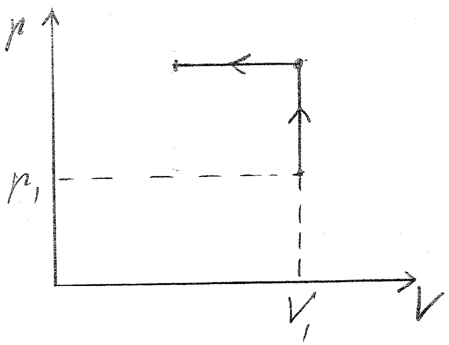
Utført arbeid

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \underline{nRT \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

$$= 2 \cdot 8{,}314\,J/K\; 300\,K \ln 2 = 3458\,J = \underline{\underline{3{,}46\,kJ}}$$

For ideell gass er indre energi U en funksjon av temperaturen alene. Siden T er uendret langs isoterm vil U være uendret, dvs. $\underline{\Delta U = 0}$. Tilført varme er følgelig $Q = \Delta U + W = W = \underline{\underline{3{,}46\,kJ}}$

Oppgave 3.



Tilstandslikning: $pV = nRT$

Dobling av temperaturen ($T_1 \to T_2 = 2T_1$) gir trykket

$$p_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = \frac{2nRT_1}{V_1} = \underline{2p_1}$$

Avkjøling tilbake til $T = T_1$ gir volumet

$$V_2 = \frac{nRT_1}{p_2} = \frac{nRT_1}{2p_1} = \underline{\frac{1}{2}V_1}$$

Utført arbeid (på omgivelsene)

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int_{V_1}^{V_2} p_2\,dV = (V_2 - V_1)p_2 = \underline{-p_1 V_1}$$

Arbeid gjort på gassen

$$-W = \underline{\underline{p_1 V_1}}$$

Oppgave 4.

Siden luften antas å utvide seg adiabatisk og reversibelt kan adiabatlikningene for ideell gass benyttes

$$TV^{\gamma-1} = \text{konst} \quad \text{og} \quad pV^{\gamma} = \text{konst}$$

Eliminering av V gir ($V = \text{konst.}\ T^{-\frac{1}{\gamma-1}}$)

$$p\,T^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \text{konst} = p_0\,T^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

eller

$$T p^{-\varkappa} = T_0 p_0^{-\varkappa} \qquad \text{der } \varkappa = \frac{\gamma-1}{\gamma}$$

$$T = T_0 \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\varkappa}$$

For liten trykkdifferense $\Delta p = p - p_0$ kan en rekkeutvikle (hvis ønsket)

$$\Delta T = T - T_0 = T_0\left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\varkappa} - 1\right] = T_0\left[\left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_0}\right)^{\varkappa} - 1\right]$$

$$= T_0\left[\left(1 + \frac{\Delta p}{p_0}\right)^{\varkappa} - 1\right] = T_0 \cdot \varkappa \cdot \frac{\Delta p}{p_0} + \dots$$

For luft er $\gamma = \frac{7/2}{5/2} = 1{,}4$ slik at $\varkappa = (\gamma - 1)/\gamma = (1{,}4 - 1)/1{,}4 = 2/7$. Når luften stiger 100 m endres temperaturen følgelig

$$\Delta T = 293\,K \cdot \frac{2}{7} \cdot \frac{-8{,}9}{760} = \underline{\underline{-0{,}98\,K}} \approx \underline{\underline{-1\,°C}}$$