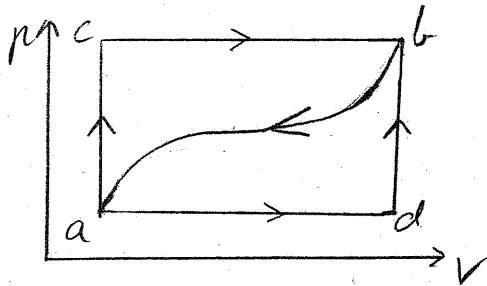


Termisk fysikk

①

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 $a \rightarrow c \rightarrow b$ er

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

slik at endringen i indre energi blir

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

a) Varmemengden systemet oppstar langs vegen $a \rightarrow b$ blir derfor

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

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

$$Q_{ba} = \Delta U_{ba} + W_{ba} = -\Delta U_{ab} + W_{ba} = (-50 - 20) \text{ J} = \underline{-70 \text{ J}} \quad \textcircled{2}$$

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

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

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

Ved prosessen db blir så den mottatte varmemengden

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

Oppgave 2.

Tilstandsligning for n mol av ideell gass

$$pV = nRT$$

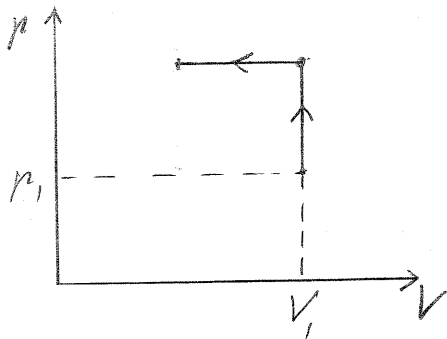
Utført arbeid

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

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

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

Opgave 3.



Tilstandsligning: $pV = nRT$

Dobling av temperaturen ($T_1 \rightarrow T_2 = 2T_1$) gir trykhet

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

Aukjøling til like tid $T = T_1$ gir volumet

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

Utført arbeid (på omgivelsene)

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

Arbeid gjort på gassen

$$-W = p_1 V_1$$

3

Opgave 4.

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

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

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

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

$$\text{eller } T p^{-\kappa} = T_0 p_0^{-\kappa} \quad \text{der } \kappa = \frac{\gamma-1}{\gamma}$$

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

For liten trykklifferens $dp = p - p_0$ kan en rekkeutvikle (hvis ønsket)

$$\begin{aligned} \Delta T = T - T_0 &= T_0 \left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\kappa} - 1 \right] = T_0 \left[\left(\frac{p_0 + dp}{p_0}\right)^{\kappa} - 1 \right] \\ &= T_0 \left[\left(1 + \frac{dp}{p_0}\right)^{\kappa} - 1 \right] = T_0 \cdot \kappa \cdot \frac{dp}{p_0} + \dots \end{aligned}$$

For luft er $\gamma = \frac{7}{2} / \frac{5}{2} = 1,4$ slik at

$\kappa = (\gamma-1)/\gamma = (1,4-1)/1,4 = 2/7$. Når luften stiger 100 m endres temperaturen følgende

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

4