

Øving 3 - Termodynamikk

Oppgave 1 1a) Entropi er grad av uorden i ett system, eller et mål på antall tilgjengelige mikrotilstander

b) 2. lov: $\Delta S \geq 0$. Enhver spontan energioverføring øker systemets entropi.

c) 3. lov: $S = 0$. For en perfekt krystall ved 0K

d) Virkningsgrad = $\frac{\text{energi inn}}{\text{energi ut}}$

$$\eta = \frac{W}{W_{rev}} \leq 1$$

$$\text{Carnot-Maskin: } \eta = - \frac{W_{rev}}{q_h}$$

e) Carnot-syklus: En syklisk prosess hvor en ideell gass gjennomgår reversible prosesser for å drive en maskin (utføre arbeid). Prosessene er isoterm ekspansjon, adiabatisk ekspansjon, isoterm kompresjon og adiabatisk kompresjon. I løpet av syklusen vil systemet gå innom de samme 4 tilstandene.

2) En irreversibel prosess: En spontan prosess, $\Delta S > 0$ systemet kan ikke gå tilbake til starttilstanden uten tilførsel av energi.

3) Ettersom gassmolekyler er i konstant bevegelse, vil de fordele seg utover allt tilgjengelig volum. Dette øker antall mikrotilstander, hvilket øker entropien.

Oppgave 2 1) Ettersom det er en irreversibel ekspansjon, er $\Delta S > 0$

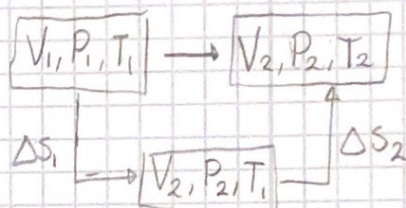
2) $T_1 = 300 \text{ K}$, $P_1 = 10 \text{ atm}$, $P_2 = 2 \text{ atm}$ $C_{v,m} = 12,47 \text{ J/K mol}$

Adiabatisk $\Rightarrow q = 0 \Rightarrow \Delta U = -W = -1197 \text{ J}$

Gjør prosessen i to steg:

1. Isoterm ekspansjon

2. Isobar-temperaturrendring



$$\Delta S_1 = nR \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = 13,38 \text{ J/K}$$

T_2 fra 3) $\rightarrow \Delta S_2 = nC_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = -8,01 \text{ J/K}$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 5,36 \text{ J/K}$$

$$\underline{\underline{\Delta U = -1197 \text{ J}, \Delta S = 5,36 \text{ J/K}}}$$

3) $\Delta U = -W = -1197 \text{ J}$

$$\Delta U = C_v \Delta T = C_v (T_2 - T_1) = -1197 \text{ J}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{-1197 \text{ J}}{C_v} + T_1 = 204 \text{ K}$$

$$\underline{\underline{T_2 = 204 \text{ K}}}$$

Oppgave 3

$$1) \Delta T = 0 \quad \Delta S = \frac{q_{rev}}{T} = nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \underline{19,14 \text{ J/K}}$$

$$2) \Delta T = 0, \Delta U = 0 \Rightarrow q_{rev} = -W = \int_{V_1}^{V_2} P_{indr} dV = P_{indr} \Delta V$$

$$\Delta S_{omg} = \frac{q_{rev}}{T} = \frac{P_{indr} \Delta V}{T} = - \frac{P_{omg} \Delta V}{T}$$

$$\underline{\Delta S = -7,25 \text{ J/K}}$$

$$3) \Delta S_{tot} = \Delta S + \Delta S_{omg} = 19,14 \text{ J/K} - 7,25 \text{ J/K}$$

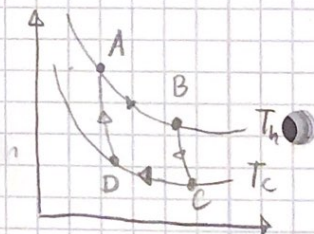
$$\underline{\Delta S_{tot} = 11,89 \text{ J/K}}$$

Oppgave 4

- 1) En Carnot maskin består av en ideell gass som gjennomgår en Carnot syklus (som beskrevet i 1.1e) ved å la temperaturen variere mellom varm og kald (T_h og T_c).
Man får ut arbeid fra en slik maskin.

$$2) \eta = - \frac{W_{rev}}{q_h}$$

4 brønner →



$$\Delta U_{tot} = 0 \leftarrow \text{tilstandsfunksjon}$$

$$\Rightarrow W_{rev} + q_h + q_c = 0 \Rightarrow q_h + q_c = -W_{rev}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{q_h + q_c}{q_h} = 1 + \frac{q_c}{q_h}$$

$$\Delta S_{tot} = \frac{q_h}{T_h} + \frac{q_c}{T_c} = 0 \Rightarrow \frac{q_h}{T_h} = -\frac{q_c}{T_c} \Rightarrow \frac{q_c}{q_h} = -\frac{T_c}{T_h}$$

$$\underline{\underline{\Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_c}{T_h}}}$$

$$3) \quad \eta = 1 - \frac{300\text{K}}{700\text{K}} = \frac{4}{7} = 0,57$$

$$\eta_{\text{Sentrif}} = \eta = 0,60 \cdot \frac{4}{7} = \underline{0,34}$$

$$\text{SI: } \rho_{\text{Wass}} = \rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{p,\text{Wass}} = C_p = 4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$W = 1000 \text{ MW}$$

$$\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = \dot{m} = \rho \cdot V = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 400 \text{ m}^3/\text{s} = 398800 \text{ kg/s}$$

$$-\eta = -\frac{W_{\text{rev}}}{q_{\text{H}}} \Rightarrow q_{\text{H}} = -2941 \text{ MW}$$

$$q_{\text{H}} + q_{\text{C}} = -W_{\text{rev}} \Rightarrow q_{\text{C}} = -(q_{\text{H}} + W_{\text{rev}}) = \underline{1941 \text{ MW}}$$

$$q_{\text{C}} = \dot{m} \cdot C_{p,m} \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{q_{\text{C}}}{\dot{m} C_{p,m}} = 1,16 \text{ K}$$

$$\underline{\underline{\Delta T = 1,16 \text{ K}}}$$