

Regneøving 5.

(Veiledning: Mandag 13. februar kl. 8.15 - 10.00 og kl. 11.15 - 12.00.)

Oppgave 1

En kasserolle med 1,0 l vann skal varmes opp fra 20°C til 100°C ved ulike prosesser. Varmekapasiteten til vann er $c_p = 1,0 \text{ cal}/(\text{g K}) = 4,184 \text{ kJ}/\text{kg K}$. Du kan se bort fra varmekapasiteten til kasserollen.

a) Kasserollen plasseres på en varmeplate (varmereservoar) som holdes konstant på 100°C og det hele kommer til likevekt.

- i) Beregn entropiendringen til omgivelsene (varmeplata). (Rett svar er ett av følgende: $-1,23 \text{ kJ}/\text{K}$; $-0,90 \text{ kJ}/\text{K}$; $+0,90 \text{ kJ}/\text{K}$.)
- ii) Beregn entropiendringen i vannet. (Svar: $1,01 \text{ kJ}/\text{K}$; $0,90 \text{ kJ}/\text{K}$; $0,11 \text{ kJ}/\text{K}$.)
- iii) Beregn total entropiendring. (Svar: $1,01 \text{ kJ}/\text{K}$; $0,90 \text{ kJ}/\text{K}$; $0,11 \text{ kJ}/\text{K}$.)

b) Oppvarmingen gjøres nå i to trinn: Først plasseres kasserollen på en varmeplate som holder 50°C og vannet når denne temperaturen. Deretter plasseres kasserollen på 100°C plata og likevekt oppnås der.

Beregn som under punktene i), ii) og iii) ovenfor for den totale prosessen. (Svar på iii): $110 \text{ J}/\text{K}$; $60 \text{ J}/\text{K}$; $0 \text{ J}/\text{K}$.)

c) Oppvarmingen gjøres nå i uendelig mange infinitesimale trinn: Kasserollen plasseres på varmeplater som er trinnvis varmere, f.eks 20°C , $20,1^\circ\text{C}$, $20,2^\circ\text{C}$ osv. til 100°C , med stadig finere oppdeling.

Forklar hvorfor dette er en reversibel prosess.

Beregn igjen som under punktene i), ii) og iii) ovenfor for den totale prosessen. (Svar på ii): $1,01 \text{ kJ}/\text{K}$; $0,90 \text{ kJ}/\text{K}$; $0,11 \text{ kJ}/\text{K}$.)

Oppgave 2

Et mol Ar (argon), som er edelgass, ekspanderer fritt fra volumet $V_1 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ til volumet $V_2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. (Ved denne ekspansjonen blir det altså ikke utført noe arbeid mot ytre krefter.) Beregn endringen i temperaturen til gassen på grunn av ekspansjonen når det antas at Ar følger Van der Waals tilstandslikning

$$p = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

der $a = 0,136 \text{ N m}^4/\text{mol}^2$, mens varmekapasiteten ved konstant volum er $C_V = 12,6 \text{ J}/\text{K}$. (Svar: $-5,4 \text{ K}$.)

Oppgave 3

Kjøleskap kan merkelig nok fungere uten at det tilføres arbeid via en kompressor. Oppvarming med f.eks. propan gir da den resulterende avkjølingen.

[Grovt skissert er virkemåten: NH_3 (ammoniakk) drives ut av en vannløsning med varmetilførsel (ved temperaturen T_2 , se nedenfor). Den avkjøles så slik at den kondenserer til væske (temperatur T_0). Denne væsken renner så ut i en krets med H_2 (hydrogen). Der fordampes NH_3 ved lavt partialtrykk mens H_2 sørger for at totaltrykket beholdes. Denne fordampingen gir kjølevirkningen (temperatur T_1). Deretter blir NH_3 absorbert i vannet som i mellomtiden er blitt avkjølt (temperatur T_0). Så starter en ny syklus med oppvarming. Vannet og NH_3 har strømt i hver sin krets etter at de ble separert ved oppvarmingen for så å møtes igjen i absorbatoren. H_2 fra H_2 -kretsen blir hindret fra å komme ut i vann- og NH_3 -kretsene med "vannlåser" av henholdvis vann og flytende NH_3 på samme vis som vond lukt blir hindret fra å komme ut fra kloakkanlegg.]

Anta at kjølesystemet tilføres en varmemengde Q_2 fra varmekilden ved temperaturen T_2 . Samtidig absorberer eller tilføres kjølesystemet også varmemengden Q_1 fra det indre av kjøleskapet ved temperaturen T_1 . Den tilførte varmen blir så avgitt til omgivelsene som har temperaturen T_0 . For et slikt kjøleskap er derfor $T_2 > T_0 > T_1$. Den aktuelle virkningsgraden for et slikt kjøleskap vil være forholdet $\nu = Q_1/Q_2$. Hva er den teoretisk sett maksimale verdien virkningsgraden ν kan ha? [Hint: Betrakt entropi for reversibel prosess eller la en Carnot-maskin mellom temperaturene T_2 og T_0 drive en kjølemaskin mellom temperaturene T_1 og T_0 .]