

# Institutt for fysikk, NTNU

TFY4165 og FY1005 Termisk fysikk, våren 2006.

## Regneøving 5.

(Veiledning: Onsdag 15. februar kl. 12.15 - 14.00.)

### Oppgave 1

En kasserolle med 1,0l vann skal varmes opp fra 20°C til 100°C ved ulike prosesser. Varmekapasiteten til vann er  $c_p = 1,0 \text{ cal/(g K)} = 4,184 \text{ kJ/kg K}$ . 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 kJ/K; -0,90 kJ/K; +0,90 kJ/K.)
- ii) Beregn entropiendringen i vannet. (Svar: 1,01 kJ/K; 0,90 kJ/K; 0,11 kJ/K.)
- iii) Beregn total entropiendring. (Svar: 1,01 kJ/K; 0,90 kJ/K; 0,11 kJ/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 J/K; 60 J/K; 0 J/K.)

c) Oppvarmingen gjøres nå i uendlig mange infinitesimale trinn: Kasserollen plasseres på varmeplater som er trinnvis varmere, f.eks 20°C, 20,1°C, 20,2°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 kJ/K; 0,90 kJ/K; 0,11 kJ/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 tilstandsligning

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

der  $a = 0,136 \text{ N m}^4/\text{mol}^2$ , mens varmekapasiteten ved konstant volum er  $C_V = 12,6 \text{ J/K}$ . (Svar: -5,4 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:  $\text{NH}_3$  (ammoniakk) drives ut av en vannløsning med varmetilførsel (ved temperaturen  $T_2$ , se nedenfor). Den avkjøles så slik at den kondenser til væske (temperatur  $T_0$ ). Denne væsken renner så ut i en krets med  $\text{H}_2$  (hydrogen). Der fordamper  $\text{NH}_3$  ved lavt partialtrykk mens  $\text{H}_2$  sørger for at totaltrykket beholdes. Denne fordampingen gir kjølevirkningen (temperatur  $T_1$ ). Deretter blir  $\text{NH}_3$  absorbert i vannet som i mellomtiden er blitt avkjølt (temperatur  $T_0$ ). Så starter en ny syklus med oppvarming. Vannet og  $\text{NH}_3$  har strømt i hver sin krets etter at de ble separert ved oppvarmingen for så å møtes igjen i absorbatoren.  $\text{H}_2$  fra  $\text{H}_2$ -kretsen blir hindret fra å komme ut i vann- og  $\text{NH}_3$ -kretsene med "vannlåser" av henholdvis vann og flytende  $\text{NH}_3$  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  $\nu$  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  $T_0$ .]