

Øving 11

Veiledning: Mandag 12. nov. kl 17:15-19.

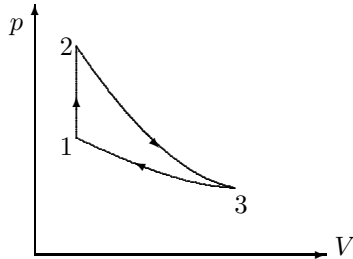
Innlevering: Onsdag 14. nov. kl. 12:00

DATA DU KAN FÅ BRUK FOR I ØVINGEN:

Spesifikk varmekap. vann $C'_{\text{vann}} = 1,00 \text{ cal}/(\text{g} \cdot \text{K}) = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Spesifikk smeltevarme is ved 0°C $L_{\text{is}} = 334 \text{ kJ}/\text{kg}$

Oppgave 1. En idealisert kretsprosess, med *sin* virkningsgrad.



En reversibel kretsprosess utføres på n mol ideell gass:

isokor ($V = \text{konst.}$) $1 \rightarrow 2$,

adiabat ($Q = 0$) $2 \rightarrow 3$,

isoterm ($T = \text{konst.}$) $3 \rightarrow 1$.

Temperaturene T_1 og T_2 er gitt.

(Figuren er en skisse av prosessene, bl.a. ikke rett krumning på kurvene.)

- I hvilke delprosesser absorberer gassen varme, og hvor avgir den varme? I hvilke delprosesser gjør gassen arbeid og hvor påføres arbeid? Tegn inn piler for Q og W i prosessdiagrammet.
- Finn varmemengden Q_{inn} som absorberes fra omgivelsene. Uttrykk Q_{inn} med T_1 og T_2 (og en varmekapasitet).
- Finn varmemengden Q_{ut} som avgis. Uttrykk Q_{ut} ved V_1 og V_3 (og gasskonstanten R samt temperaturen T_1).
- Bruk en adiabatlikning for ideell gass til å uttrykke V_3/V_1 ved T_2/T_1 og dermed Q_{ut} ved T_2/T_1 .
- Denne kretsprosessen er det sentrale elementet i en maskin som omgjør varme til mekanisk arbeid. Definer maskinens virkningsgrad ε og bruk resultatene over til å uttrykke ε på enkleste måte med T_1 og T_2 .

Oppgave 2. Entropiberegning i kretsprosess.

Vi tar for oss samme reversible kretsprosessen som i oppgave 1. Du kan utnytte beregninger i den oppgaven.

- Bruk definisjonslikningen for entropi $dS = \delta Q_{\text{rev}}/T$ til å beregne entropiendringen i alle delprosessene. Uttrykk svarene med temperaturene T_1 og T_2 (og konstanter som f.eks. n , R , C_V).
- Sett opp uttrykket for entropien $S(T, V)$ i ideell gass og beregn herfra entropiendringen for hver delprosess. Forsikre deg om at du får samme svar som i **a**.
- Hva er entropiendringen ΔS for hele kretsprosessen? Hva er universets (system+omgivelsers) entropiendring? Kommentarer?

Oppgave 3. Varmekraftverk.

Det søkes konsesjon for et stort varmekraftverk som skal bruke ei elv som lavtemperaturreervoar. Den estimerte virkningsgraden er $\varepsilon = 0,40$. Av økologiske grunner krever konsesjonsgiveren at varmemengden som dumpes i elva ikke overstiger 1,5 GW (1500 MW).

- Med denne begrensningen av den "termiske forurensning", hva er den maksimale elektriske effekten som kraftverket kan levere og hvor stor tilført varmemengde per tidsenhet må da til?
- Hva er minimal vannføring i elva (i tonn/s) dersom temperaturstigningen i elva ikke skal overstige 5,0 K?

Oppgave 4. Entropiendringer ved oppvarming.

En kasserolle med 1,00 l (1,00 kg) vann skal varmes opp fra 20 °C til 100 °C ved ulike prosesser. Du kan i denne oppgaven se bort fra varmekapasiteten i kasserollen.

a. Kasserollen plasseres på ei varmeplate som holdes konstant på 100 °C og det hele kommer til likevekt.

i) Beregn entropiendringen for omgivelsene (dvs. varmeplata).

ii) Beregn entropiendringen i vannet.

iii) Beregn total entropiendring.

(Tips for ii): Finn en reversibel prosess med samme start/slutttilstand. Et forslag til prosess i pkt. c. under).

b. Oppvarmingen gjøres nå i to trinn: Først plasseres kasserollen på ei varmeplate som holder 50 °C og likevekt oppnås ved 50 °C. Deretter plasseres kasserollen på 100 °C-plata og likevekt oppnås her.

Beregn som over i), ii) og iii) for den totale prosessen.

c. Oppvarmingen gjøres nå i uendelig mange infinitesimale trinn: Kasserollen plasseres på varmeplater som er stepvis varmere, f.eks. 20 °C, 20,1 °C, 20,2 °C osv. til 100 °C, med stadig finere oppdeling.

Dette er en reversibel prosess, begrunn dette.

Beregn som over i), ii) og iii) for den totale prosessen.

Oppgave 5. Carnot ismaskin.

En maskin for produksjon av isterninger arbeider som en Carnotmaskin. Den fjerner varme fra vann ved 0 °C, og dumper varmen ved romtemperatur på 22 °C. Anta at 40,0 kg vann ved 0,0 °C omdannes til is ved samme temperatur.

a. Tegn inn prosessen i et pV -diagram.

b. Hvor mye varme må maskinen trekke ut av vann/is-blandingen?

c. Hvor mye energi må tilføres ismaskinen? Gi svaret i kWh for å få et estimat på energiutgiften i kr og øre.

d. Hvor mye varme tilføres rommet som ismaskinen står i?

Utvalgte fasitsvar:

1d: $-nC_V T_1 \ln \frac{T_2}{T_1}$; 1e: $1 - \frac{T_1}{T_2 - T_1} \ln \frac{T_2}{T_1}$.

2a: $nC_V \ln T_2/T_1$, 0 og $-nC_V \ln T_2/T_1$; 3a: 2,5 GW; 3b: 72 tonn/s.

4a: i) -0,90 kJ/K; ii) 1,01 kJ/K; iii) 0,11 kJ/K; 4b: iii) 60 J/K; 4c: ii) 1,01 kJ/K;

5c: 1,08 MJ, 5d: 14,5 MJ.