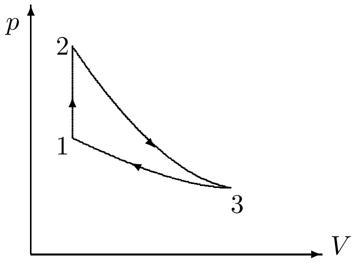
TFY4115 Fysikk (MTELSYS/MTTK/MTNANO)
Øving 11

Veiledning: Man 14. nov. 14:15-16 og ons 16. nov. 10:15-12. Gruppeinndelingen finner du på emnets nettside.
Innlevering: Torsdag 17. nov. kl. 12:30 Lever øvinger i bokser utenfor R1.

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



En reversibel kretsprosess utføres på n mol ideell gass:
isokor (V = konst.) $1 \to 2$,
adiabat ($Q = 0$) $2 \to 3$,
isoterm (T = konst.) $3 \to 1$.
Temperaturene T_1 og T_2 er gitt.
(Figuren er en skisse av prosessene, bl.a. ikke rett krumning på kurvene.)

a. 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.

b. Finn varmemengden Q_{inn} som absorberes fra omgivelsene. Uttrykk Q_{inn} med T_1 og T_2 (og en varmekapasitet).

c. Finn varmemengden Q_{ut} som avgis. Uttrykk Q_{ut} ved V_1 og V_3 (og gasskonstanten R samt temperaturen T_1).

d. 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.

e. Denne kretsprosessen er det sentrale elementet i en maskin som omgjør varme til mekanisk arbeid. Definer maskinens virkningsgrad η og bruk resultatene over til å uttrykke η 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.

a. Bruk definisjonslikningen for entropi $\mathrm{d}S = đQ_{\text{rev}}/T$ 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).

b. 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.**

c. Hva er entropiendringen ΔS for hele kretsprosessen? Hva er universets (system+omgivelsers) entropiendring? Kommentarer?

Oppgave 3. 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. Spesifikk varmekap. vann $C'_{\text{vann}} = 1,00\,\text{cal}/(\text{g}\cdot\text{K}) = 4,19\,\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

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/sluttilstand. 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 4. Flervalgsoppgaver.

a. Med grunnlag i kinetisk teori for gasser: Når absolutt temperatur dobles, vil den midlere kinetiske energien til gassmolekylene endres med en faktor

A) 4 B) 2 C) $\sqrt{2}$ D) $1/\sqrt{2}$ E) $1/2$

b. Trykket i et system med luftmolekyler ved 20 °C blir halvert i en adiabatisk prosess. Hvis adiabatkonstanten for luft er lik 1,41, finn sluttvolumet til gassen:

A) 2,66 ganger opprinnelig volum
B) 2,00 ganger opprinnelig volum
C) 1,64 ganger opprinnelig volum
D) 0,50 ganger opprinnelig volum
E) 0,38 ganger opprinnelig volum

c. Når $S(T,V) = nC_V \ln(T/T_0) + nR\ln(V/V_0) + S_0$ for n mol ideell gass, hva blir $S(T,p)$ for den samme gassen? (Her er $S_0 = S(T_0,V_0) = S(T_0,p_0)$, og $p_0V_0 = nRT_0$.)

A) $S(T,p) = nC_p \ln(T/T_0) + nR\ln(p/p_0) + S_0$
B) $S(T,p) = nC_p \ln(T/T_0) - nR\ln(p/p_0) + S_0$
C) $S(T,p) = nC_p \ln(p/p_0) + nR\ln(T/T_0) + S_0$
D) $S(T,p) = nC_V \ln(p/p_0) - nR\ln(T/T_0) + S_0$
E) $S(T,p) = nC_V \ln(T/T_0) - nR\ln(p/p_0) + S_0$

I de **følgende tre oppgaver** bringes n mol vann med temperatur T_0 og varmekapasitet C i termisk kontakt med et varmereservoar med temperatur T_1. Vannets molare varmekapasitet $C_p = C_V = C$ og er uavhengig av T.

d. Hva er endringen i vannets entropi når vannet har nådd samme temperatur som varmereservoaret?

A) $nC\,T_0/T_1$
B) $nC\,T_1/T_0$
C) $nC\ln(T_0/T_1)$
D) $nC\ln(T_1/T_0)$
E) $nC\,(T_1 - T_0)/T_0$

e. Hva er entropiendringen til varmereservoaret?

A) $nC\,(T_0 - T_1)/T_1$
B) $nC\,(T_1 - T_0)/T_0$
C) $nC\,(T_1 - T_0)/T_1$
D) $nC\ln(T_0/T_1)$
E) $nC\ln(T_1/T_0)$

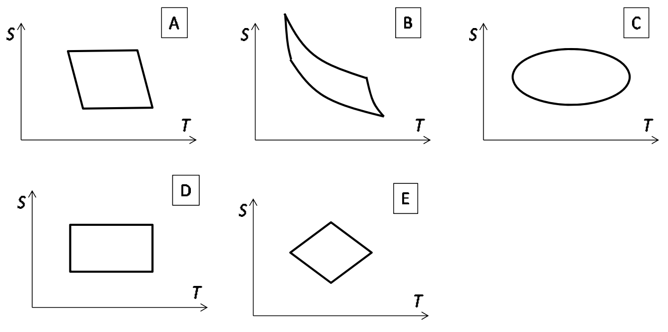
f. Hva kan du, uten videre, sikkert si om den *totale* entropiendringen (vann+reservoar) i prosessen?

A) Positiv.
B) Negativ.
C) Null.
D) Intet sikkert kan sies.
(kun fire alternativer her)

g. En ideell (reversibel) Carnotvarmepumpe leverer en varmeeffekt på 2,0 kW ved å overføre varme fra utvendig luft ved −10°C til husets varmluftforsyning ved +30°C. Hvor mye elektrisk effekt (arbeid per tidsenhet) bruker varmepumpa?

A) 0,26 kW B) 0,30 kW C) 0,56 kW D) 0,86 kW E) 1,16 kW

h. Hvordan ser en Carnotprosess ut i et (S,T)-diagram?



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: i) -0,90 kJ/K; ii) 1,01 kJ/K; iii) 0,11 kJ/K; 3b: iii) 60 J/K; 3c: ii) 1,01 kJ/K;