

TFY4115 Fysikk (MTELSYS/MTTK/MTNANO)

Øving 11

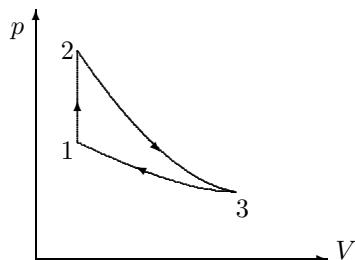
Veiledning: 7.-9. nov.

Gruppeinndelingen finner du på emnets nettside.

Innlevering: Fredag 10. nov. kl. 12:00

Lever øvinger i bokser utenfor R4 eller i epost til studass.

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 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.

- Bruk definisjonslikningen for entropi $dS = dQ_{\text{rev}}/T$ 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. 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 $C'_{\text{vann}} = 1,00 \text{ cal}/(\text{g} \cdot \text{K}) = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

- Kasserollen plasseres på ei varmeplate som holdes konstant på 100°C og det hele kommer til likevekt.
 - Beregn entropiendringen for omgivelsene (dvs. varmeplata).
 - Beregn entropiendringen i vannet.
 - Beregn total entropiendring.

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

- 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.

- Oppvarmingen gjøres nå i uendelig mange infinitesimale trinn: Kasserollen plasseres på varmeplater som er stepvis varmere, f.eks. 20°C , $20,1^\circ\text{C}$, $20,2^\circ\text{C}$ 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 $p_0 V_0 = nRT_0$.)

- 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?

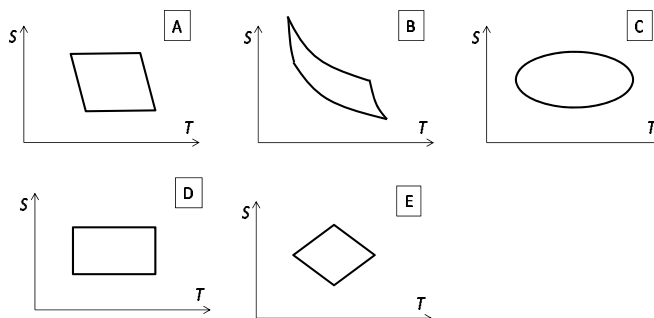
- A) Positiv.
 B) Negativ.
 C) Null.
 D) Intet sikkert kan sies.

(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 $+30^\circ\text{C}$. 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;