

Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høye

Tlf. 93654

Sensurfrist: 31. august

Kontinuasjonseksamen i fag TFY4165 Termisk fysikk

Fredag 10. august 2007

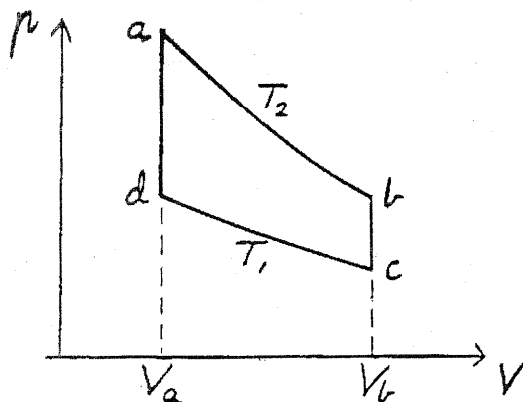
Kl. 15.00 - 19.00

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator

Rottmann: Matematisk Formelsamling

Oppgave 1

a)



Et mol gass følger Van der Waals tilstandslikning

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

der a og b er konstanter, p er trykket, T er temperaturen og R er gasskonstanten. Gassen har varmekapasitet ved konstant volum $C_V = \frac{5}{2}R$. Den indre energi er da gitt ved

$$U = C_V T - \frac{a}{V}$$

med spesifikk varme ved konstant volum $C_V = \frac{5}{2}R$. Denne Van der Waals gassen brukes som arbeidssubstans i en reversibel arbeidssyklus som angitt på figuren. Arbeidssyklusen er en såkalt Stirling-prosess, som består av 2 isotermer ab og cd med temperaturer henholdsvis T_2 og T_1 , og den har 2 isokorer da og bc med volum henholdsvis V_a og V_b . Beregn utført arbeid W_{ab} langs isoterme fra a til b , og bestem deretter uttrykket for tilført varme Q_{ab} langs den samme isoterme.

b) Hva er forskjellen i entropi $\Delta S_{ab} (= S_b - S_a)$ mellom punktene a og b, og hva er den tilsvarende entropiforskjellen $\Delta S_{da} (= S_a - S_d)$ mellom punktene d og a?

c) Under prosessen fra b til c blir det avgitt en varmemengde som her ideelt sett kan adsorberes i sin helhet ved prosessen fra d til a. Dette øker virkningsgraden ved at Q_{ab} blir eneste netto tilført varmemengde. Hva blir virkningsgraden

$$\eta = \frac{W}{Q_{ab}}$$

til denne Stirling-prosessen når W er netto utført arbeid pr. syklus?

Oppgave 2

a) Hva er likevektsbetingelsene på temperatur, trykk og kjemiske potensial for et system i termisk likevekt?

Ved samtidig likevekt eller koeksistens mellom væskefase og dampfase for et rent stoff gjelder Clausius-Clapeyrons likning

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_g - V_v)}$$

der L er fordampingsvarmen, V_g er volum i dampfase, V_v er volum i væskefase, p er trykket og T er temperaturen. Utleed denne likningen. [Hint: Benytt at Gibbs fri energi eller det kjemiske potensialet er uendret ved faseovergangen, og betrakt endring av trykk og temperatur i begge fasene.]

b) Ved å anta at fordampingsvarmen L er konstant vil en få en brukbar tilnærming til damptrykkkurven. For å få en mer nøyaktig damptrykkurve kan en anta at L varierer noe med temperaturen. Anta derfor at damptrykket er gitt ved

$$p = K \frac{1}{T^\alpha} \exp\left(-\frac{L_1 + \alpha RT_1}{RT}\right)$$

der L_1 , α , T_1 og K er konstanter. Hvilken fordampingsvarme pr. mol L gir dette når det kan antas at væskevolumet V_v kan negliseres i forhold til dampvolumet V_g og at dampen kan betraktes som en ideell gass? [Hint: Det kan forenkles litt å betrakte $\ln p$.]

c) Damptrykket for vann ved 0°C ($=273\text{ K}$) er 4.58 mm Hg og ved $T_1 = 100^\circ\text{C}$ er det 760 mm Hg . Fordampingsvarmen ved $T_1 = 100^\circ\text{C}$ er $L_1 = 40,7\text{ kJ/mol}$. Videre er gasskonstanten $R = 8,314\text{ J/(K mol)}$. Bestem ut fra dette størrelsen α i uttrykket for damptrykket gitt ovenfor. [Hint: Betrakt $\ln p$.]

Oppgitt: $dG = -S dT + V dp$, ($G = N\mu$).

Oppgave 3

a) Ei termosflaske har volum 0,5 l. Anta for enkelhets skyld at den er kuleformet. Denne termosflasken (beholderen) er isolert med 2 lag plater med vakuum mellom slik at varme ledes kun ved stråling. (Tykkelsen til platene regnes her som neglisjerbar, og den indre plata danner overflata til kulevolumet 0,5 l.) Anta at platene stråler som en svart stråler. (Dvs. dette er ei dårlig termosflaske.) Termosen er fylt med vann som har varmekapasitet $c_p = 1 \text{ cal/gK} = 4,185 \text{ J/gK}$. Temperaturen avviker lite fra den til omgivelsene som er romtemperatur ca 20°C . Dersom dette avviket er ΔT_0 ved tiden $t = 0$, vil det ved senere tidspunkt være

$$\Delta T(t) = \Delta T_0 e^{-t/\tau}.$$

Bestem decay-tida τ . [Hint: Etabler differensiallikningen for $\Delta T(t)$ som har den angitte løsningen.]

b) De 2 platene med vakuum mellom erstattes nå med et lag kork med varmelednings-evne $\kappa = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Hva må tykkelsen d på et slikt lag med kork være for å gi samme isolasjonsevne som vakuumet mellom de 2 platene? (Regn som om korklaget danner ei plan flate.)

Oppgitt: $j = \sigma T^4$, $\mathbf{j} = -\kappa \nabla T$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.