

Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høye

Tlf. 93654

Sensurfrist: 21. desember

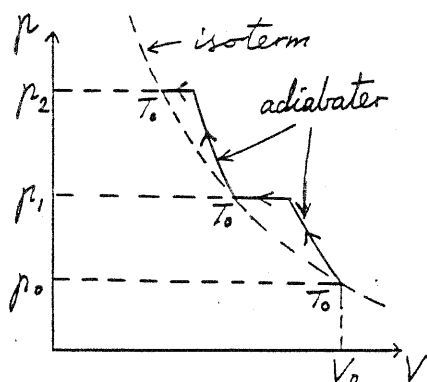
Eksamen i fag FY1005 Termisk fysikk

Torsdag 30. november 2006

Kl. 09.00 - 13.00

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator

Rottmann: Matematisk Formelsamling

Oppgave 1

En ideell gass med volum V_0 og temperatur T_0 skal komprimeres fra trykket p_0 til trykket p_2 . Dette gjøres i 4 trinn. Som angitt på figuren blir gassen i første trinn komprimert adiabatisk (og reversibelt) til trykket p_1 . Den blir så avkjølt ved konstant trykk til temperaturen igjen er T_0 . Deretter blir gassen komprimert adiabatisk videre fra trykket p_1 til trykket p_2 . Til slutt blir den igjen avkjølt ved konstant trykk til temperaturen T_0 . Beregn det totale (reversible) arbeidet W (> 0) som må tilføres ved denne kompresjonen når adiabatkonstanten γ anses kjent. (Dette arbeidet inkluderer da også arbeid som det ytre trykket tilfører.)

Bestem størrelsen på trykket p_1 i andre trinn som gjør dette arbeidet minst mulig.

Oppgitt: $pV = nRT$, $pV^\gamma = p_0V_0^\gamma$.

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

Oppgave 3

a) Diffusjonskonstanten D for diffusjon av partikler i gasser avhenger av midlere fri veilengde λ og av midlere partikkelhastighet $\langle v \rangle$. Hva er sammenhengen bortsett fra en konstant faktor (dvs. faktor uavhengig av λ og $\langle v \rangle$)?

Hva er videre sammenhengen mellom fri veilengde λ og tettheten n til gassen, og hva er tilsvarende sammenhengen mellom midlere hastighet $\langle v \rangle$ og temperaturen T på en konstant nær? (Det er tilstrekkelig å skrive ned sammenhengene eller uttrykkene under punkt a).)

b) En vannmengde med masse $m = 0,15$ g ligger på bunnen av et åpent reagensrør med lengde $L = 15$ cm og tverrsnitt $A = 1,8$ cm². Røret befinner seg videre i en glassklokke med tørremiddel slik at all vanndamp som kommer ut i klokken, blir umiddelbart absorbert. Temperaturen er $T = 20^\circ\text{C}$ ($=293$ K) slik at vanndamptrykket i bunnen av røret er $p = 20$ mm Hg ($1\text{ atm}=760\text{ mm Hg}=1,013\cdot 10^5\text{ Pa}$). Etter hvert som vannet fordamper vil det diffundere ut av reagensrøret. Det antas at luften i reagensrøret ligger helt i ro slik at all transport av vanndamp foregår ved diffusjon. Anta videre at diffusjonskonstanten for vanndamp er $D = 3 \cdot 10^{-5}$ m²/s. Molekylvekten for vann er 18. Hvor lang tid tar det før alt vannet er fordampet under disse forutsetningene. [Hint: Bestem først uttrykket for antall vannmolekyl (eller vannpartikler). Anta stasjonære forhold og etabler sammenhengen mellom diffusjonsstrømmen av vanndamp-molekyl og tetthetsgradienten av disse i røret.]

$$\text{Oppgitt: } pV = NkT, \quad R = kN_A = 8,314\text{ J/K mol}, \quad \mathbf{j} = -D\nabla n.$$