UNIVERSITETET I TRONDHEIM
INSTITUTT FOR TEORETISK FYSIKK
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE

EKSAMEN

FAG 715 17 TEORETISK FYSIKK ID - TERMODYNAMIKK

Tirsdag den 27.mai 1980

kl.0900-1400

Tillatte hjelpemiddel: Regnestav, lommekalkulator. Rottmann: Mathematische Formelsammlung.

Ved sensuren vil det bli lagt samme vekt på hver av de 7 deloppgavene 1a, 2a, 2b, osv.

Oppgave 1

a) Utled Maxwells relasjon

$$(\partial S/\partial V)_T = (\partial P/\partial T)_V \ .$$

Oppgave 2

a) Utled Gibbs-Duhem relasjonen

$$\sum_i N_i d\mu_i = 0 \quad \text{når} \quad dT=dP=0$$

for de kjemiske potensialer μ_i til komponentene i en blanding.

Vis at i ideal blanding er

$$\mu_i = \mu_i^0 + kT\ln x_i$$

der x_i er molbrøken av komponent i .

b) Vis ved rekkeutvikling i potenser av små x for det oppløste stoffet i en oppløsning at det ideale blandings-uttrykket for μ_i er en god tilnærming for løsningsmidlet.

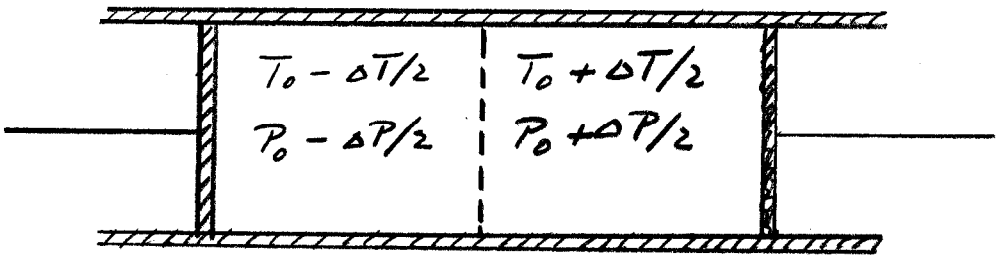
Oppgave 3

a) Bruk resultatet av oppgave 2b) til å utlede en formel for det osmotiske trykk av vannløsninger. Hva blir trykket i atmosfærer av en oppløsning med 18 g sukker per liter vann mot rent vann ved $T=300$ K ? Molvekt for sukker (glukose) er 180, $R=8{,}31$ J/(g-mol K) og 1 Atmosfæres trykk tilsvarer $1{,}01\times10^5$ N/m^2 .

b) Bruk ideal blanding tilnærmelsen til å utlede massevirknings-loven for en kjemisk likevekt $A+B \rightleftarrows AB$.
Anta at A,B og AB kan beskrives som ideale gasser. Hvordan vil likevektskonstanten da forandres med trykket når T holdes konstant ?

Oppgave 4

Et énkomponentsystem har to deler atskilt med et membran, og vi kan påtrykke små temperatur- og trykkforskjeller ΔT og ΔP .



Entropiproduksjonen for et slikt system kan skrives som

$$\sigma = -(J_u - \tilde{\mu}J)T_0^{-2}\Delta T - JT_0^{-1}\Delta\tilde{\mu}$$

der $\tilde{\mu}$ er det kjemiske potensial pr.masseenhet, J_u er energistrøm og J er partikkelstrøm gjennom membranet.
Membranet kan tenkes å virke forskjellig på partikler med forskjellig energi, for eksempel er det tenkelig at de raskeste partiklene går lettest gjennom membranet. Det vil gi en kopling av J_u og J til både ΔT og ΔP .

a) Sett opp lineære likninger mellom generaliserte strømmer og krefter for systemet. En målbar størrelse for systemet er for eksempel trykkforskjellen på grunn av en påtrykt temperaturforskjell ved null (i alle fall liten) partikkeltransport

$$\alpha = (\Delta P/\Delta T)_{J=0}$$

Fra membranegenskapene (statistisk mekanikk, kollisjonstverrsnitt, etc.) er det kanskje lettest å gjøre et overslag over overført energi per overført masseenhet ved konstant temperatur

$$\beta = (J_u/J)_{\Delta T=0}$$

Bruk Onsagerteorien til å uttrykke α ved β og termodynamiske likevektstørrelser for stoffet.

b) Dersom membranet <u>ikke er selektivt</u>, har partiklene som går igjennom samme middelenthalpi $\tilde{h}_0=\tilde{u}_0+P_0\tilde{v}_0$ som resten av stoffet i likevekt ved T_0,P_0 . Vis at $\alpha=0$ i dette

tilfellet og kommenter resultatet.

Anta så at membranet er selektivt og slipper raske partikler lettest igjennom. Middelenthalpien til disse partiklene vil være $\tilde{h}_0 + \Delta\tilde{h}$ der $\Delta\tilde{h}$ er positiv. Hva blir α nå ? Kommenter resultatet.