

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR TEORETISK FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

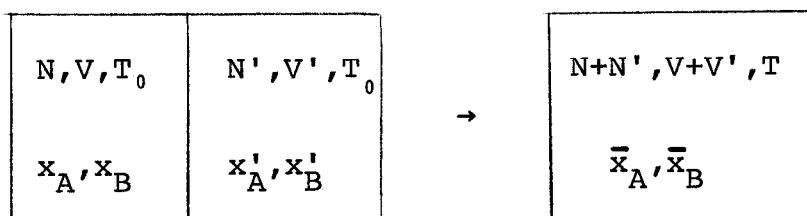
K.Olaussen, tlf. 3652

EKSAMEN I FAG 71517
TERMODYNAMIKK OG IRREVERSIBLE PROSESSER

Lørdag 8.juni 1985
kl.0900-1400

Tillatte hjelpe middler: Regnestav og lommekalkulator.
Egne notater og utleverte stensiler.

Oppgave 1 (50%)



Gitt to ideelle blandinger av komponentene A og B (se fig.). N og N' står for de totale partikkeltallene (A+B), og molbrøkene er h.h.vis (x_A, x_B) og (x'_A, x'_B) . Det sammensatte systemet antas å ha en konstant varmekapasitet, C.

- De to del-systemene blandes videre (uten volum-endring) til ett system i likevekt. Finn økningen i blandingsentropien, ΔS_{mix} .
 - Hva er det maksimale arbeidet, L_{max}^1 , som systemet kan utføre under denne blandingsprosessen, når det er i termisk likevekt med et reservoir av temperatur T_0 ?
 - Hva er det maksimale arbeidet, L_{max}^2 , som systemet kan utføre under denne blandingsprosessen, når det er termisk isolert fra omgivelsene og begynnelsestemperaturen er T_0 ?
- (I besvarelsen av pkt.b) og c) trenger du ikke å sette inn det eksplisitte uttrykket for ΔS_{mix}).

- d) Forklar hvordan man uten regning kunne ha innsett at L_{\max}^2 må være større/mindre enn L_{\max}^1 .

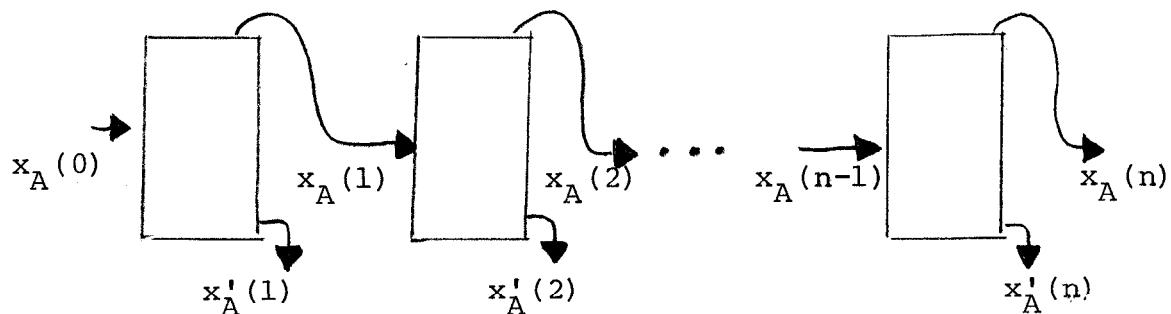
I det følgende skal du finne det minste arbeidet som kreves for å produsere ett mol uran anriket til 90% U(235) (dvs. $N=1$ mol og $x_A = 0.9$) fra en naturlig forekomst bestående av ca. 0.7% U(235) (dvs. $\bar{x}_A = 0.007$) og ca. 99.3% U(238). Vi antar at ideell blanding tilnærmlsen kan brukes og at prosessen skjer ved konstant temperatur, $T_0 = 300$ K, og uten volumendring.

- e) Finn et uttrykk for entropi-forandringen, ΔS_{mix} , under denne prosessen (som funksjon av x_A' og de oppgitte størrelsene).
- f) Analyser dette uttrykket og vis at $|\Delta S_{\text{mix}}|$ blir minst når $x_A' \rightarrow \bar{x}_A$.
- g) Hva blir det minste arbeidet som kreves pr.mol anriket uran?
Oppgitt: Gasskonstanten $R = 8.3$ J/mol·K.

Oppgave 2 (30%)

- a) Hva er likevektsbetingelsene for temperatur og kjemisk potensial for et system som befinner seg i et ytre felt?

For anriking av uran pumpes UF_6 gjennom følgende kammer-system,



der potensialforskjellen mellom topp og bunn i hvert kammer er 5000 J/kg (dette kan realiseres i en sentrifuge). Vi lar A betegne $\text{U}(235)\text{F}_6$ og B betegne $\text{U}(238)\text{F}_6$. Prosessen antas å være stasjonær.

- b) Finn i hvert kammer forholdet

$$\frac{[x_A(k)/x_B(k)]}{[x_A'(k)/x_B'(k)]}$$

c) Finn for hvert trinn den maksimale anrikningen, $x_A(k+1)/x_A(k)$.

Hvor mange trinn er nødvendig for anrikning til 90% U(235) ?

Oppgitt: Protonets masse $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg

Boltzmanns konstant $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K

Temperaturen T_0 antas å være 300K.

Oppgave 3 (20%)

I forbindelse med termoelektriske effekter kan man måle den termoelektriske kraften

$$\varepsilon = \left(\frac{\Delta \phi}{\Delta T} \right)_{I=0}$$

og (i prinsipp) den tilsvarende koeffisienten

$$\varepsilon' = \left(\frac{\Delta \phi}{\Delta T} \right)_{J=0}$$

Her er I og J h.h.vis elektrisk strøm og varmestrøm.

Hvilke betingelser må produktet $\varepsilon\varepsilon'$ oppfylle?