

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Professor J.S.Høye
Tlf. 93654

EKSAMEN I FAG 74306 (74305) TERMISK FYSIKK
Mandag 28.august 1995
kl.0900–1500

Tillatte hjelpemidler: Rottmann: Mathematische Formelsammlung
Barnett and Cronin: Mathematical Formulae
Godkjent kalkulator.

Oppgave 1

- a) Bruk Boltzmanns prinsipp til å vise at blandingsentropien er

$$\Delta S_{\text{mix}} = - \sum_{i=1}^c n_i R \ln(n_i/n) \quad (n = \sum_{i=1}^c n_i)$$

når ideelle gasser blandes ved konstant volum V og konstant temperatur T .
Her er n_i antall mol av komponent i ($i=1,2,3,..,c$ der c er antall komponenter).

- b) Definer ideell blanding (dvs. hvordan endres entropi, indre energi og volum ved ideell blanding?)

Utled så det generelle uttrykket for det kjemiske potensialet til komponent i en slik blanding. [Hint: Etabler først uttrykket for Gibbs fri energi].

- c) 5g Ar (Argon) gass med atomvekt 40, er blandet med 7g N_2 gass med atomvekt 14.

Hva blir blandingsentropien ΔS_{mix} ?

For å skille disse gassene kreves det et minste arbeid. Hva er dette minste arbeidet W når trykk og temperatur før og etter adskillelse er de samme og er henholdsvis 1 atm. og 20°C ?

Oppgitt: $N! \rightarrow \sqrt{2\pi N} N^N e^{-N}$ ($N \rightarrow \infty$, Stirlings formel)

$R = 8,314 \text{ J/K mol.}$

Oppgave 2

- a) Et mol gass følger Van der Waals tilstandslikning

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT,$$

og den har indre energi

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

med spesifikk varme ved konstant volum $C_v = \frac{5}{2} R$. Parametrene a og b anses gitt.

Bestem temperaturen $T = T_c$ på det kritiske punkt for Van der Waals gassen.

(Dvs. bestem den temperaturen der fase likevekt mellom gass og væske opphører.)

- b) Van der Waals gassen ekspanderer fritt fra et volum V_0 til et volum V_s uten at det tilføres varme. (Ved denne ekspansjonen blir det heller ikke utført noe arbeid). Med starttemperatur T_0 blir da temperaturendringen $\Delta T = T_s - T_0$ der T_s er sluttemperaturen. Bestem ΔT når $V_0 = 5b$ og $V_s = \infty$.

Alternativt presses Van der Waals gassen gjennom en porøs plugg (Joule-Thomson effekten). Start- og sluttvolum V_0 og V_s og starttemperatur T_0 er som ovenfor.

Temperaturendringen ΔT_{JT} blir nå halvparten så stor som ovenfor, dvs.

$\Delta T_{JT} = \frac{1}{2} \Delta T$. Beregn starttemperaturen T_0 når dette er tilfelle.

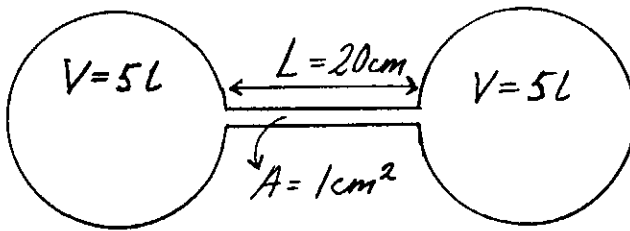
Oppgave 3

- a) Diffusjonskonstanten D for gasser avhenger av midlere fri veglengde λ og av midlere partikkelhastighet $\langle v \rangle$. Hva er sammenhengen (bortsett fra konstant faktor)?

For N_2 er diffusjonskonstanten $D = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ved 0°C og atmosfæretrykk.

Hva er D for N_2 ved 20°C og samme trykk dersom en antar at N_2 kan betraktes som harde kuler med fast størrelse. [Hint: Angi først hvordan λ og $\langle v \rangle$ avhenger av tetthet og temperatur.]

b)



To beholdere som hver har volum $V=5\text{ l}$ er fylt med luft ved romtemperatur og atmosfæretrykk. Beholderne er forbundet med et sylindrisk rør av lengde $L=20\text{ cm}$ og indre tverrsnitt $A=1\text{ cm}^2$ som vist på

figuren. En liten mengde Cl_2 gass som tilsettes den ene beholderen, vil fordele seg på de 2 beholderne ved diffusjon gjennom forbindelsesrøret. Anta at diffusjonskonstanten for Cl_2 i luft ved de gitte forholdene er $D = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Dersom tetthetsforskjellen av Cl_2 mellom de 2 beholderne er Δn_0 ved tiden $t=0$, vil den ved et senere tidspunkt t være

$$\Delta n(t) = \Delta n_0 e^{-t/\tau}.$$

Bestem decay-tiden τ ut fra de gitte data.

[Hint: Anta stasjonære forhold (selv om $\Delta n(t)$ varierer med tiden) og etabler først sammenhengen mellom diffusjonsstrømmen J av Cl_2 partikler og tetthetsgradienten av disse i forbindelsesrøret. Se bort fra endeffekter i røret slik at tetthetsgradienten blir konstant. Etabler så differensiallikningen for $\Delta n = \Delta n(t)$ som har løsning som angitt ovenfor].