

Øving 11

Oppgave 1

Med 4 L vann i bilradiatoren, hva vil gi den beste beskyttelse mot vinterkulde, tilsetning av (A) 500 g etylenglykol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$), eller (B) 500 g etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)? Gir noen av alternativene *tilstrekkelig* beskyttelse mot vinterkulden her i Trondheim? Oppgitt: Smeltevarme for is: $L = 80 \text{ cal/g}$ ($1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$).

Oppgave 2

I forelesninger har vi sett hvordan vi kan studere damptrykknedsettelse, kokepunktforhøyelse, og frysepunkt-nedsettelse ved å betrakte forskyvninger av likevektstlinjer når vi tilsetter et stoff til en av to koeksisterende faser på en likevektstlinje mellom to faser. Nøyaktig tilsvarende betraktninger kan gjøres for å studere fenomenet osmose. Her har vi bare en væskefase av et rent stoff, men til en del av væskefasen har vi tilsatt et stoff, mens den andre delen ikke har tilsatt stoff. Væsken er inneholdt i en beholder, og den delen som er tilsatt stoff er adskilt fra den delen som ikke har tilsatt stoff med en membran. Det blir en trykkforskjell Δp over membranen som skiller de to væskedelene, som følge av tilsetning.

Dette presser væske igjennom membranen, fra væske uten tilsetning og inn i løsemiddelet, og det er dette som kalles osmose.

Trykkforskjellen Δp finner vi fra den grunnleggende likevektslikningen, på samme vis som vi gjorde i forelesninger

$$\mu(p + \Delta p, T, x) = \mu_0(p, T).$$

$\mu(p, T, x)$ er kjemisk potensial i væsken som får tilsatt et stoff (løsemiddelet). x er molbrøken til det oppløste stoffet. $\mu_0(p, T)$ er det kjemiske potensialet til den delen av væsken som ikke får tilsatt stoff (og dermed også det kjemiske potensial til løsemiddelet før tilsetning).

a) Vis at trykkforskjellen Δp (det såkalte osmotiske trykket) over membranen er gitt ved

$$\Delta p = \frac{RT}{V_m} x = \frac{nRT}{V}.$$

der V_m er det molare volumet, V er volumet og n er antall mol i løsemiddelet.

b) Sjøvann med osmotisk trykk 23 atm ($1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) kan brukes til å produsere ferskvann ved omvendt osmose, der vannet blir presset gjennom en membran som holder igjen saltet. Bestem den teoretiske minstekostnaden pr tonn produsert ferskvann når saltinnholdet i det resterende sjøvannet blir firedoblet og kraftprisen er 0.80 kr pr kWh.

c) Anslå den tilsvarende prisen pr tonn ferskvann dersom det produseres ved vanlig destillasjon.

d) Kraftverk som kan utnytte det osmotiske trykket mellom ferskvann og saltvann ved utløpet av elver blir vurdert. Anta at det pr tidsenhet strømmer en vannmengde Q (volum pr tidsenhet) gjennom membranen som skiller ferskvann og saltvann. Denne strømmen fører til et trykktap (friksjon) $\Delta p_t = \lambda Q$ der λ er en konstant. Når strømmen er $Q = Q_0$, er trykktapet Δp_t lik det osmotiske trykket Δp_0 . Men når $Q < Q_0$,

vil trykkdifferansen $\Delta p = \Delta p_0 - \Delta p_t$ kunne utføre et netto arbeid (f.eks drive en turbin). Hvor stor blir effekten P når en ser bort fra tap for øvrig? Hva blir maksimal effekt dersom $\Delta p_0 = 23 \text{ atm}$ og $Q_0 = 125 \text{ L/s}$?

Oppgave 3

a) Røde blodlegemer har en cellevegg som tåler en trykkforskjell på bare 5 mm Hg før de går i stykker. Hvilken molbrøkforskjell Δx av oppløste stoffer over cellemembranen gir hemolyse, dvs ødeleggelse av cellemembranen?

b) Frysepunktnedsettelsen av humant blodserum er 0.535°C . Hva er den maksimale prosentvise endringen av mengden (molbrøken) oppløste stoffer (som ikke kan trenge gjennom cellemembranen) som kan tåles uten at hemolyse skjer?

Noen svar: 2a: 96 øre/tonn. 2b: 600 kr/tonn. 2c: 73 kW. 3a: $4.7 \cdot 10^{-6}$. 3b: ca 0.1%. 4: $p_s = 27 \mu\text{Pa}$.