

Øving 9

Oppgave 1

Van der Waals tilstandsligning

a) Van der Waals tilstandsligning for stoffmengden 1 mol,

$$(p + a/V^2)(V - b) = RT,$$

gir kritisk punkt

$$T_c = 8a/27Rb \quad , \quad p_c = a/27b^2 \quad , \quad V_c = 3b.$$

Vis at a og b – dersom vi velger å parametrisere med utgangspunkt i kritisk temperatur og trykk – kan uttrykkes som

$$a = 27R^2T_c^2/64p_c \quad , \quad b = RT_c/8p_c.$$

Vis også at dette gir verdien $8/3$ for kombinasjonen RT_c/p_cV_c .

b) Vis at dersom vi innfører dimensjonsløse ("reduerte") størrelser $p_r = p/p_c$, $T_r = T/T_c$ og $V_r = V/V_c$, kan van der Waals tilstandsligning skrives på formen

$$(p_r + 3/V_r^2)(3V_r - 1) = 8T_r.$$

[Dette kalles gjerne "loven om korresponderende tilstander" (van der Waals, 1880): Ulike stoffer som oppfyller van der Waals tilstandsligning, er i korresponderende tilstander dersom de har samme trykk, temperatur og volum, målt i enheter av kritisk trykk, temperatur og volum.]

c) Kjølemediet R134a (1,1,1,2-tetrafluoretan; benyttet i varmepumpa i laboppgaven) har kritisk temperatur, trykk og molart volum henholdsvis 374 K, 4060 kPa og 0.198 L/mol. Bruk disse eksperimentelle verdiene til å parametrisere koeffisientene a og b for R134a, som beskrevet i punkt a). Hva er den eksperimentelle verdien for RT_c/p_cV_c for R134a? [Gasskonstanten er $R = 8.314$ J/mol K.]

Oppgave 2

Med 4 L vann i bilradiatoren, hva vil gi best beskyttelse mot vinterkulde, tilsetning av (A) 500 g etylenglykol ($C_2H_6O_2$), eller (B) 500 g etanol (C_2H_5OH)? Gir noen av alternativene *tilstrekkelig* beskyttelse mot vinterkulden her i Trondheim? Oppgitt: Smeltevarme for is: $L = 80$ cal/g (1 cal = 4.184 J).

Oppgave 3

a) Sjøvann med osmotisk trykk 23 atm ($1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5$ 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 1.60 kr pr kWh.

- b) Anslå den tilsvarende prisen pr tonn ferskvann dersom det produseres ved vanlig destillasjon.
- c) Kraftverk som kan utnytte det osmotiske trykket mellom ferskvann og saltvann ved utløpet av elver blir vurdert. Anta at det pr tidsenhet strømmes en vannmengde Q (volum pr tidsenhet) gjennom membranen som skiller ferskvann og saltvann. Denne strømmen fører til et trykktap (pga 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 4

- 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?