

OBLIG 1 GEF2200

- Termodynamikk og dråpevekst i skyer

Innledning

I denne oppgaven er det lagt opp til bruk av Matlab. Det skal leveres en samlet, skriftlig besvarelse, som i tillegg til svar på spørsmål, også skal inneholde plott (der det er naturlig) og det modifiserte matlab-programmet kelvinkohler.m.

Oppgave 1 – Kelvins formel og homogen dråpevekst

- a) Forklar kort Kelvins formel for homogen dråpedannelse.
- b) Hvorfor har vi ikke homogen dråpedannelse i naturen?

Kelvins formel (6.5 W & H)

$$r = \frac{2\sigma}{nkT * \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)}$$

- c) Vis at Kelvins formel kan skrives på formen $\frac{e}{e_s} = 1 + \frac{a}{r}$, der $a = \frac{2\sigma}{nkT}$
- d) Åpne programmet «kelvinkohler.m» og bruk/utvid dette til å lage et plott av Kelvins formel (Se figur 6.2 i W&H).

Her kan du bruke at :

$N = 3 * 10^{25}$, antall vannmolekyler per liter vann.

$\sigma = 0.072 * 10^{-3} J/m^2$, overflatespenning

k er Boltzmanns konstant.

For å lage dette bør du ha en dråperadius, r , på x-aksen, og metning på y-aksen. Kelvins formel må da skrives om slik at $S = f(r)$. Ha temperaturen på $0^\circ C$. La radiusen variere fra $0.01 \mu m$ til $10 \mu m$ og ha minst 10^3 punkter på radiusen. Hvor stor overmetning skal til for at en dråpe på $0.1 \mu m$ skal bli aktivert?

Matlab tips

r=linspace(fra,til,step): Definerer en vektor.

a.*r: Kan man bruke for å gange en konstant med en vektor.

semilogx(x,y): For å få logaritmisk x-akse på plottet.

Oppgave 2 –Heterogen dråpevekst

Fordi homogen vekst ikke skjer utenfor laboratoriet er det mer interessant å se på heterogen vekst av dråper. Under er en tabell som viser noen egenskaper for to relativt vanlige CCN, NaCl (et salt) og (NH₄)₂SO₄ ammoniumsulfat.

i_{NaCl}	ioner per molekyl NaCl	2	
i_{amm}	ioner per molekyl (NH ₄) ₂ SO ₄	3	
M_w	Molekylvekt vann	18.01	g/mol
		5	
M_{NaCl}	Molekylvekt NaCl	58.44	g/mol
M_{amm}	Molekylvekt (NH ₄) ₂ SO ₄	132.1	g/mol
		3952	
ρ'_{NaCl}	Tetthet NaCl	650	Kg/m ³
ρ'_{amm}	Tetthet (NH ₄) ₂ SO ₄	750	Kg/m ³

Tabell 1: Egenskaper for NaCl og (NH₄)₂SO₄ som er viktige for deres evne til å danne dråper; i er antall ioner som dannes når stoffet løses opp i vann. Tetthetene har vi antatt at stoffene får når de løses opp i vann.

- a) For klar Raoults lov

$$\frac{e'}{e} = f$$

- b) Vis at formelen for Köhlerkurvene kan skrives som: $RH = 1 + \frac{a}{r} - \frac{b}{r^3}$.
Hvilken effekt representerer de to leddene?

Vi skal nå bruke denne formelen til å se på vekst av heterogene dråper. Vi bruker formel (6.7 i W&H) for f , og siden m er veldig liten, kan vi gjøre tilnærmingen;

$$f = \left(1 + \frac{imM_w}{M_s \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \rho' - m \right)} \right)^{-1} \cong \left(1 + \frac{imM_w}{M_s \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \rho' \right)} \right)^{-1}$$

og b blir da gitt som;

$$b = \frac{imM_w}{M_s \left(\frac{4}{3} \pi \rho' \right)}$$

- c) Utvid matlabprogrammet til å inneholde 6 forskjellige CCN'er av NaCl og (NH₄)₂SO₄. Plott disse Köhlerkurvene sammen med plottet av Kelvins formel fra oppgavean før (se W&H, fig 6.3). De CCN'ene vi ønsker er:

NaCl, masser i Kg	$m1 = 10^{-19}$	$m2 = 10^{-18}$	$m3 = 10^{-17}$
(NH ₄) ₂ SO ₄ , masser i Kg	$m4 = 10^{-19}$	$m5 = 10^{-18}$	$m6 = 10^{-20}$

Matlab tips:

hold on: Holder plottet slik at neste plott kommer oppå.

('Color', 'fargekode'): Angir fargen på et plott, tilgjengelige verdier er blandt andre: 'k'=sort, 'c'=cyan, 'm'=maroon, 'r'=red, 'b'=blue, og 'g'=green.

Oppgave 3 – Sondediagram

Vi skal fremover i denne obligen følge en luftpakke som har verdiene:

$$p = 900 \text{ hPa}, T = 8^\circ \text{ C}, T_d = 2^\circ \text{ C}.$$

Forklar følgende begreper og finn luftpakkens verdier ved hjelp av et sondediagram (kan lastes ned fra kurssiden):

Potensiell temperatur θ

Potensiell wetbulbtemperatur θ_w

Blandingsforhold w og metningsblandingsforhold w_s

Ekvivalent potensiell temperatur θ_e

Lifting condensation level LCL