

OBLIG 1 GEF2200 Vår 2014

- 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.

Innleveringsfrist er fredag 7.mars, kl 14.00.

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°C. La radiusen variere fra 0.01µm til 10µm og ha minst 10³ punkter på radiusen. Hvor stor overmetning skal til for at en dråpe på 0.1µm 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 Raoult's 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

Oppgave 4 - Aktivering av dråper

Vi vil nå se på to ulike luftpakker, A og B, som begge har verdiene beskrevet i oppgave 3. Luftpakkene inneholder 2 typer CCN, og konsentrasjonene av disse er oppgitt i Tabell 2.

| Aerosol | A | B |
|---|-----|----|
| $10^{-18}\text{kg } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 300 | 30 |
| 10^{-19}kg NaCl | 300 | 60 |

Tabell 2: Konsentrasjonen av to ulike CCN i luftpakkene A og B. Enheten er cm^{-3} .

- De to luftpakkene kommer fra ulike kilder. En av dem kommer fra en maritim luftmasse, og den andre fra en kontinental. Hvilken luftpakke tror du kommer fra hvilken kilde? Begrunn svaret.

I begge tilfellene antar vi at lufta blir løftet adiabatisk til ca 100 meter over LCL. Dette medfører at metningsblandingsforholdet avtar med 0.2 g/kg. Vi antar at overmetningen maksimalt når en verdi på 0.2 % under oppstigningen. Deretter stanser lufta å stige, og overmetningen faller til 0 %.

- Hvilke CCN blir aktivert?
- Anta at prosessen er adiabatisk. Hva blir liquid water content (LWC) til luftpakkene etter oppstigningen? Hint: Siden tettheten til luft er ca 1kg/m^3 , kan vi anta at 1g vann per m^3 er det samme som 1g vann per kg luft.
- Vi antar at alt det kondenserte vannet fordeles likt på de aktiverte dråpene. Hvilken radius får dråpene? Kommenter forskjellen mellom luftpakke A og B.
- I virkeligheten vil ikke en slik oppstigning være adiabatisk. Hvis vi tok hensyn til innblanding av omkringliggende luft (entrainment), hvordan tror du det ville påvirke svaret i oppgave d? Forklar.