

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

<b>Eksamen i:</b>	<b>GEF2200</b>
<b>Eksamensdag:</b>	<b>10. juni 2009</b>
<b>Tid for eksamen:</b>	<b>9.00 – 12.00</b>
<b>Oppgavesettet er på 3 sider</b>	
<b>Vedlegg:</b>	<b>Ingen</b>
<b>Tillatte hjelpemidler:</b>	<b>Kalkulator</b>

*Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.*

### Oppgave 1

- a) Drøft Clausius-Clapeyrons likning:

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_v}{T(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

- b) Skisser kurver for metningstrykk for vanndamp i forhold til vann og is som funksjon av temperatur.
- c) Hva menes med at en luftmasse er betinget instabil? Hvordan definerer vi kondensasjonsnivået ved heving (LCL) og nivået for fri konvekksjon (LFC)?
- d) Vil sjansen for betinget instabilitet være større eller mindre i en varm enn i en kald luftmasse?
- e) Hva menes med homogen nukleasjon av vanndråper? Forekommer dette ofte i atmosfæren?
- f) Drøft Kelvins formel:

$$r = \frac{2\sigma}{nkT \ln \frac{e}{e_s}}$$

- g) Omform Kelvins formel slik at  $e/e_s$  uttrykkes ved  $r$ . Denne sammenhengen modifiseres på grunn av en effekt som ikke beskrives i Kelvins formel. Hvilken effekt er dette, og hvordan påvirker den aktiveringen av skydråper? Tegn en figur som illustrerer dette.

- h) I en blandet sky (mixed cloud) vil ofte ispartikler vokse på bekostning av vanddråper. Hvorfor?
- i) Skypartikler vokser til nedbørpartikler ved kolleksjon (oppsamlingseffekten). Hvilke prosesser leder til kolleksjon av hhv vanddråper og ispartikler?
- j) For dråpevekst ved kollisjon i varme skyer brukes likningen

$$\frac{dr}{dt} = \frac{v_s w_l E_c}{4\rho_l}$$

Hvilken analog til denne likningen kan brukes til vekst prosessene i kalde skyer diskutert i oppgave i?

En iskrystall med radius  $r_0=80\mu\text{m}$  faller gjennom en sky med stasjonære underkjølte dråper med vanninnhold på  $0.4\text{g/m}^3$ . Fallhastigheten er gitt ved

$$v_s = \frac{\rho_i g_0 r^2}{72\gamma}$$

hvor  $\gamma = 1.7 \times 10^{-5}$  og  $g_0 = 9.81\text{ms}^{-2}$ .

Oppsamlingseffektiviteten er 0.7 og  $\rho_i = 917\text{kg/m}^3$ .

Hva blir radiusen til partikkelen etter 10 og 20 min?

Hvilken type nedbørpartikkel er dette?

## Oppgave 2

- a) Anta at ved soloppgang er vertikalfordelingen av potensiell temperatur  $\theta(z)$  fra bakken til ca. 4 km høyde gitt ved figuren nedenfor ( $\theta(z)$  øker med høyden med 3 K/km i alle høyder), og at det er vindstille. Anta videre at det begynner å blåse og at solen kommer opp. Forklar hvordan vertikalfordelingen av  $\theta$  vil endre seg utover dagen (tegn figur). Gjør rede for hvilke prosesser som fører til endringene.
- b) Ved solnedgang avtar vinden og det blir vindstille. Forklar på tilsvarende måte som i oppgave a hvordan vertikalfordelingen av  $\theta$  vil endre seg utover natten.
- c) Vi antar på vanlig måte at øyeblikksverdiene av en fysisk størrelse ved tiden  $t_i$  (for eksempel temperaturen  $T$ ) kan skrives som  $T(t_i) = \bar{T} + T'(t_i)$  der  $\bar{T}$  er gjennomsnittstemperaturen og  $T'(t_i)$  er avviket fra gjennomsnittstemperaturen ved tidspunktet  $t_i$ . Anta at vi fra målinger (for eksempel fra et fastmontert tårn) har tidsserier av øyeblikkverdier (vi antar 10000 verdier) av de fysiske størrelsen som er nødvendige for å beregne vertikale turbulente flukser av følbare og latent varme. Skriv et kort program (fortrinnsvis i matlab) som beregner den vertikale turbulente fluksen av følbare varme.

- d) Vi antar at fluksen oppover ved bakken av følbare varme er  $40 \text{ Wm}^{-2}$  og at den avtar oppover med høyden med 10% pr. 100 meter. Regn ut oppvarmingsraten (i for eksempel K/s) i 500 meters høyde. (Hint: Formelen for oppvarmingsrate er tilsvarende som for oppvarmingsraten for konvergens av stråling som vi brukte i obligatorisk oppgave 1). Bruk at luftas tetthet ( $\rho$ ) er  $1 \text{ kg/m}^3$  og at luftas spesifikke varmekapasitet ved konstant trykk ( $c_p$ ) er  $1004 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ .
- e) Fluksen av følbare varme fra bakken til atmosfæren beregnes ofte ved såkalte bulk formler. Vi antar at bakketemperatur ( $T_s$ ) er  $25^\circ\text{C}$ , lufttemperaturen ( $T$ ) er  $20^\circ\text{C}$ , og  $C_H$  (bulk transfer koeffisienten) er 0.003. Hvor stor må vindhastigheten være for at fluksen skal bli  $40 \text{ Wm}^{-2}$ ?

