

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

<b>Eksamen i:</b>	<b>GEF2200</b>
<b>Eksamensdag:</b>	<b>11. juni 2014</b>
<b>Tid for eksamen:</b>	<b>9.00-12.00</b>
<b>Oppgavesettet er på 3 sider + sondediagram (skal leveres)</b>	
<b>Tillatte hjelpemidler:</b>	<b>Kalkulator</b> <b>Karl Rottmans matematiske formelsamling</b> <b>Angell og Lian fysiske størrelser og enheter</b>

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

### Oppgave 1

Oppgaven løses ved å bruke vedlagt sondediagram. Marker hvordan du kommer frem til svarene på diagrammet. Diagrammet skal leveres.

En luftpakke ved 950 hPa har temperaturen 14 °C. Blandingsforholdet (for vanndamp),  $w$ , er 8 g kg<sup>-1</sup>.

- Vis at luftpakkens blandingsforhold ved metning,  $w_s$ , er 10,6 g kg<sup>-1</sup> og at dens LCL (lifting condensation level) er 890 hPa. Finn luftpakkens potensielle temperatur ( $\theta$ ), wet-bulb potensiell temperatur ( $\theta_w$ ), og duggpunktstemperatur ( $T_d$ ).
- Luftpakken løftes til 700 hPa. Vis at ca 3,3 g kg<sup>-1</sup> vanndamp har kondensert til flytende vann. Under løftingen faller 70% (tilsvarende 2,3 g kg<sup>-1</sup>) av det flytende vannet ut av luftpakken som nedbør.
- Luftpakken føres så tilbake til samme høyde som den startet, 950 hPa. I forhold til utgangspunktet, hva er netto endring i temperatur, blandingsforhold, potensielle temperatur, wet-bulb potensiell temperatur og duggpunktstemperatur. Forklar kort endringene.

### Oppgave 2

- Hva er en varm sky? Hvilke to prosesser bestemmer veksten av skypartikler? Beskriv kort hva som karakteriserer hver av disse prosessene.
- Hva er en kald sky? Forklar hvordan ispartikler kan dannes ved homogen, heterogen og kontakt nukleasjon. Målinger viser at i mange tilfeller er det langt flere ispartikler enn iskjerner. Hvilke forklaringer er foreslått for denne så-kalte is-multiplikasjonen, og hvilken er antatt å være den viktigste?
- Hvilke tre prosesser bestemmer veksten av ispartikler i skyer? Beskriv kort hva som karakteriserer hver av disse prosessene.

### Oppgave 3

a) Turbulent kinetisk energi (TKE) er gitt som

$$\frac{TKE}{m} = \frac{1}{2} [\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}] \quad \text{der } u' = u - \bar{u}, \text{ etc.}$$

Hva er TKE et mål på? Hvis vi antar at  $u$  er den totale vinden, hvilke skalaer er typisk inneholdt i henholdsvis  $u'$  og  $\bar{u}$ ?

b) Hva menes med stasjonær, homogen og isotrop turbulens? Hvordan påvirker statistisk stabilitet fasongen på de turbulente eddiene?

c) Prognostisk ligning for TKE er gitt ved

$$\frac{\partial(\frac{TKE}{m})}{\partial t} = Ad + M + B + Tr - \varepsilon$$

Forklar leddene. Hvilke to mekanismer inngår i  $M$ ?  $B$  kan både være kilde og sluk. Gi eksempler på begge deler. Når  $B$  er et sluk, hva bestemmer om strømmingen er laminær eller turbulent?

d) Sett opp uttrykket for kinematisk varmekraft. Diskuter fortegnet til denne både for lokal statistisk stabil og ustabil sjiktning. Skisser den vertikale temperaturprofilen i det atmosfæriske grenselaget for dag og natt, og navngi de ulike lagene.

e) Energibalansen ved overflaten kan uttrykkes ved

$$F^* = F_{Hs} + F_{Es} + F_{Gs}$$

Forklar de ulike leddene. Skisser den relative størrelsen til de enkelte leddene for i) fuktig vegetasjon på dagtid, ii) fuktig vegetasjon om natten, og iii) ørken på dagtid. Sett opp uttrykket for Bowen-forholdet og angi typiske verdier for tilfellene i) og iii).

### Oppgave 4

a) Flukstettheten til atmosfærisk elektromagnetisk stråling kan uttrykkes ved

$$F = \int_{2\pi} I \cos \theta d\omega = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{2\pi} I_\lambda \cos \theta d\omega d\lambda$$

Forklar variablene og angi deres enheter. Vis at for isotrop stråling fra en plan overflate er  $F = \pi I$ .

b) Hva er et sort legeme? Et sort legemes monokromatiske intensitet,  $B_\lambda(T)$ , er gitt ved Planck-funksjonen. Skisser i samme figur  $B_\lambda(T)$  for solstråling og jord-atmosfærestråling. Bruk gjerne logaritmisk skala for  $\lambda$  og normalisert  $\lambda B_\lambda$  på y-aksen. Hvorfor omtales solstråling som kortbølget og jord-atmosfærestråling som langbølget? Ved hvilken bølgelengde går skillet mellom de to.

c) Sett opp uttrykket for Stefan-Boltzmanns lov. Hva er ekvivalent sortlegeme-temperatur?

d) For en gass svekkes den monokromatiske intensiteten som

$$dI_\lambda = -I_\lambda \rho r k_\lambda ds \quad (*)$$

Forklar variablene. Hvilke to prosesser kan potensielt svekke strålingen når den passer gjennom et gasslag? Hvilke av disse prosessene er viktige for henholdsvis kortbølget og langbølget stråling?

e) Sett opp tilsvarende uttrykk som (\*), men for partikler. Forklar variablene. Hvilke tre basisparametere brukes til å karakterisere de optiske egenskapene til aerosoler, skydråper og iskrystaller.

f) Integrer (\*) for solstråling fra toppen av atmosfæren til høyde  $z$  og finn således et uttrykk for monokromatisk intensitet  $I_\lambda$  for direkte solstråling i  $z$ . La solstrålingen på toppen av atmosfæren være gitt ved  $I_{\lambda\infty}$  og optisk dybde ved  $\tau_\lambda = \int_z^\infty k_\lambda \rho r dz$ . Hva er transmissiviteten,  $T_\lambda$ , for laget mellom toppen av atmosfæren og høyden  $z$ ? For hvilken  $\tau_\lambda$  er absorpsjonsraten  $\frac{dI_\lambda}{dz}$  størst?

g) Jord-atmosfærestrålingen som når toppen av atmosfæren kan skrives som

$$I_{v\infty} = B_v(T_s) e^{-\tau_{v*}} + \int_0^\infty B_v [T(z)] e^{-\tau_v(z)} k_v \rho r dz$$

Merk at her er zenit-vinkelen 0 grader.

Forklar de enkelte bidragene til  $I_{v\infty}$ .

h) Hvordan kan denne ligningen brukes til å estimere temperaturen i ulike høyder i atmosfæren?