

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**Eksamen i: GEF2200**

**Eksamensdag: 10. Juni 2010**

**Tid for eksamen: 14.30-17.30**

**Oppgavesettet er på 6 sider**

**Vedlegg 1: Figur 1.**

**Vedlegg 2: Sondediagram**

**Tillatte hjelpemidler: Kalkulator**

**Karl Rottmans matematiske formelsamling**

**Angell og Lian fysiske størrelser og enheter**

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

I oppgaven trenger du:

$c_p = 1004 \text{ J/(K*kg)}$

$L_v = 2.5E+6 \text{ J/kg}$

Spesifikk varmekapasitet for luft ved konstant trykk

Spesifikk fordampningsvarme for vann

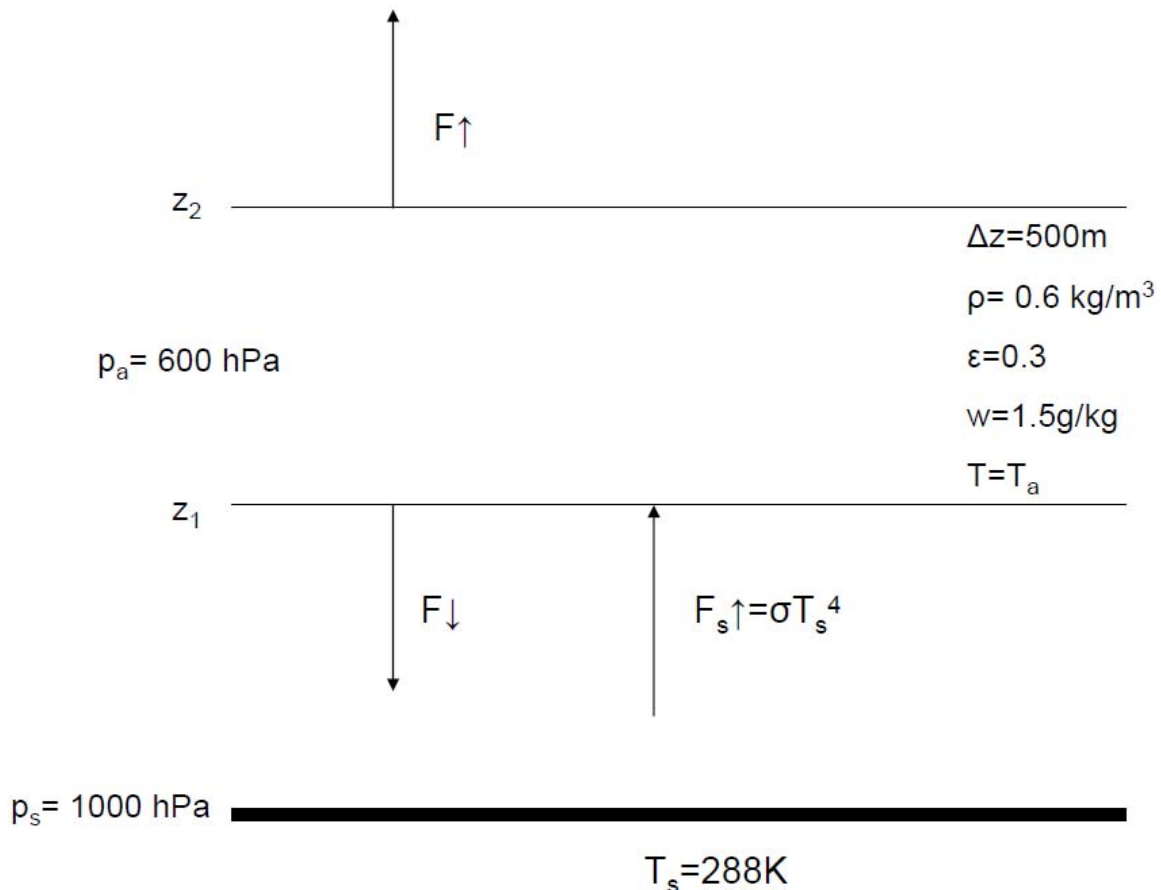
### Oppgave 1.

- Skriv opp likningen for hydrostatisk balanse. Hvilke(n) forutsetning(er) må være oppfylt for at denne likningen skal være gyldig?
- Forklar hva vi mener med størrelsen turbulent kinetisk energi (TKE). Hvilke prosesser bidrar til dannelse og tap av TKE?
- Anta at potensiell temperatur ( $\theta(z)$ ) er som gitt på figur 1 ( $d\theta/dz = 3 \text{ K/km}$ , se vedlegg) fra bakken og oppover. Anta at det begynner å blåse en vind slik at det dannes mekanisk turbulens pga. friksjon ved bakken. Forklar hvordan det dannes et grenselag (anta at toppen av dette laget ligger i 2 km høyde). Tegn inn et nytt profil for  $\theta(z)$  etter at grenselaget er dannet. (Se bort fra evt. energiflukser som følbare og latent varme til grenselaget mens blandingen pågår).

- d. Før blandingen var spesifikk fuktighet,  $q$ (g/kg), konstant under 2 km, og det var skyfritt. Etter dannelsen av grenselaget dannes det skyer i toppen av blandingslaget. Forklar hvorfor det dannes skyer. Oppgi ut fra avlesning på sondediagrammet intervallet for mulig spesifikk fuktighet før blandingen. Du kan for enkelthets skyld bruke at spesifikk fuktighet ( $q$ ) = blandingsforholdet til vanndamp ( $w$  på sondediagrammet).
- e. Fra observasjoner av vertikalbevegelse ( $w$ ), temperatur( $T$ ) og spesifikk fuktighet ( $q$ ) har vi en tidsserie gitt i tabellen under. For  $w$  og  $q$  er det avviket fra middelet ( $w'$  og  $q'$ ) som er gitt, mens for  $T$  er det temperaturen selv som er gitt. Beregn de turbulente vertikale fluksene av følbar og latent varme (med enhet  $Wm^{-2}$ ). Bruk  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$  (tettheten til luft).

$w'$ (m/s)	-0.6	0.4	0.8	-0.3	0.3	-0.5	0.3	0.7	-0.5
$T$ (K)	288	288.4	288.6	287.5	287.3	288.6	289	288.4	288
$q'$ (g/kg)	-0.05	0.04	0.14	-0.18	0.15	-0.06	-0.5	-0.09	-0.08

## Oppgave 2



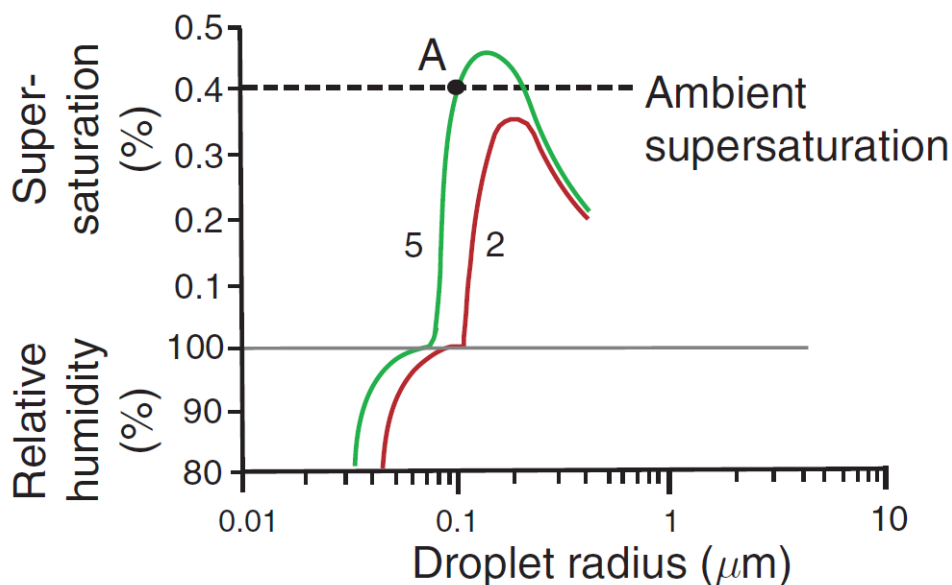
Figur 2. Skisse av atmosfærelaget og relevante strålingsflukser for bruk i oppgave 2. Temperaturen i atmosfærelaget er  $T = T_a$ .  $T_a$  er initialt 260K.

- Anta de eneste energifluksene som påvirker atmosfærelaget mellom  $z_1$  og  $z_2$  er absorpsjon av langbølget stråling fra bakken ( $F_s \uparrow$ ) og utsendelse av langbølget stråling fra laget selv. Vis at temperaturendringen i atmosfærelaget blir  $-0.46 \text{ K/h}$ .
- Dersom bakketeperaturen er konstant, hvordan vil temperaturendringen endre seg med tiden. Begrunn svaret.
- Videre i oppgaven skal vi anta at temperaturendringen i laget konstant lik  $-0.46 \text{ K/h}$  som vi fant i oppgave a, selv om den i virkeligheten vil endre seg med tiden. Med denne antagelsen, hvor lang tid går det før vi får overmetning og hva er temperaturen i atmosfærelaget da.

- d. Likningen under beskriver en viktig sammenheng i skyfysikken, forklar hva likningen beskriver.

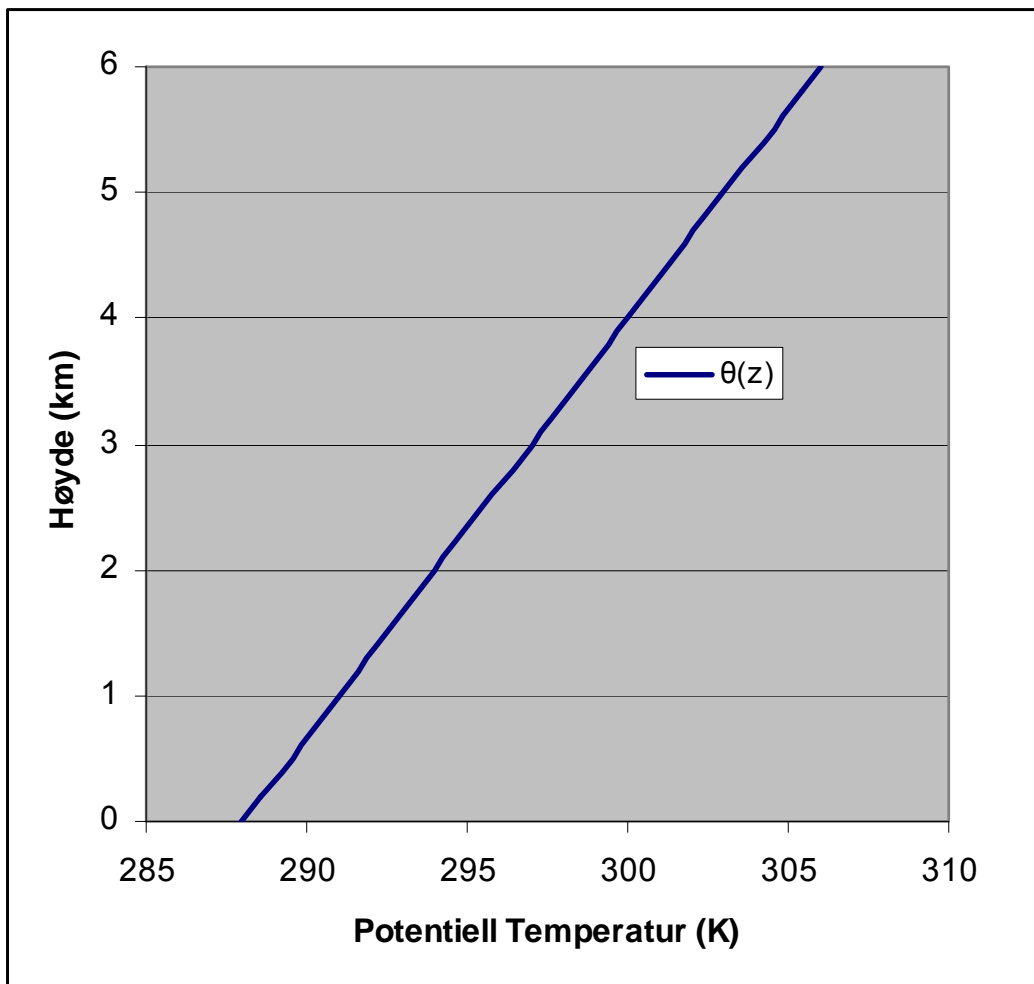
$$\frac{e'}{e_s} = \left[ \exp \frac{2\sigma'}{n'kTr} \right] \left[ 1 + \frac{imM_w}{M_s \left( \frac{4}{3} \pi r^3 \rho' - m \right)} \right]$$

- e. Vi antar at vi i luften i laget definert i figur 2 har fuktige aerosoler som hver inneholder  $1.0E-19\text{kg}$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Konsentrasjonen av disse partiklene er  $10^6$  pr. liter luft. Forklar ut fra figur 3 hvor stor overmetningen må være for at disse aerosolene skal aktiveres til skydråper. Hvor stor vil radiusen til dråpene være 10 timer etter aktiveringen?
- f. For at det skal dannes nedbør effektivt er det vanligvis nødvendig at det først dannes ispartikler. Forklar hvordan denne mekanismen virker.



Figur 3. Köhler-kurver for fuktige aerosoler som inneholder hhv.  $1.0E-19\text{kg}$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (rød kurve merket 2) og  $1.0E-19\text{kg}$   $\text{NaCl}$  (grønn kurve merket 5).

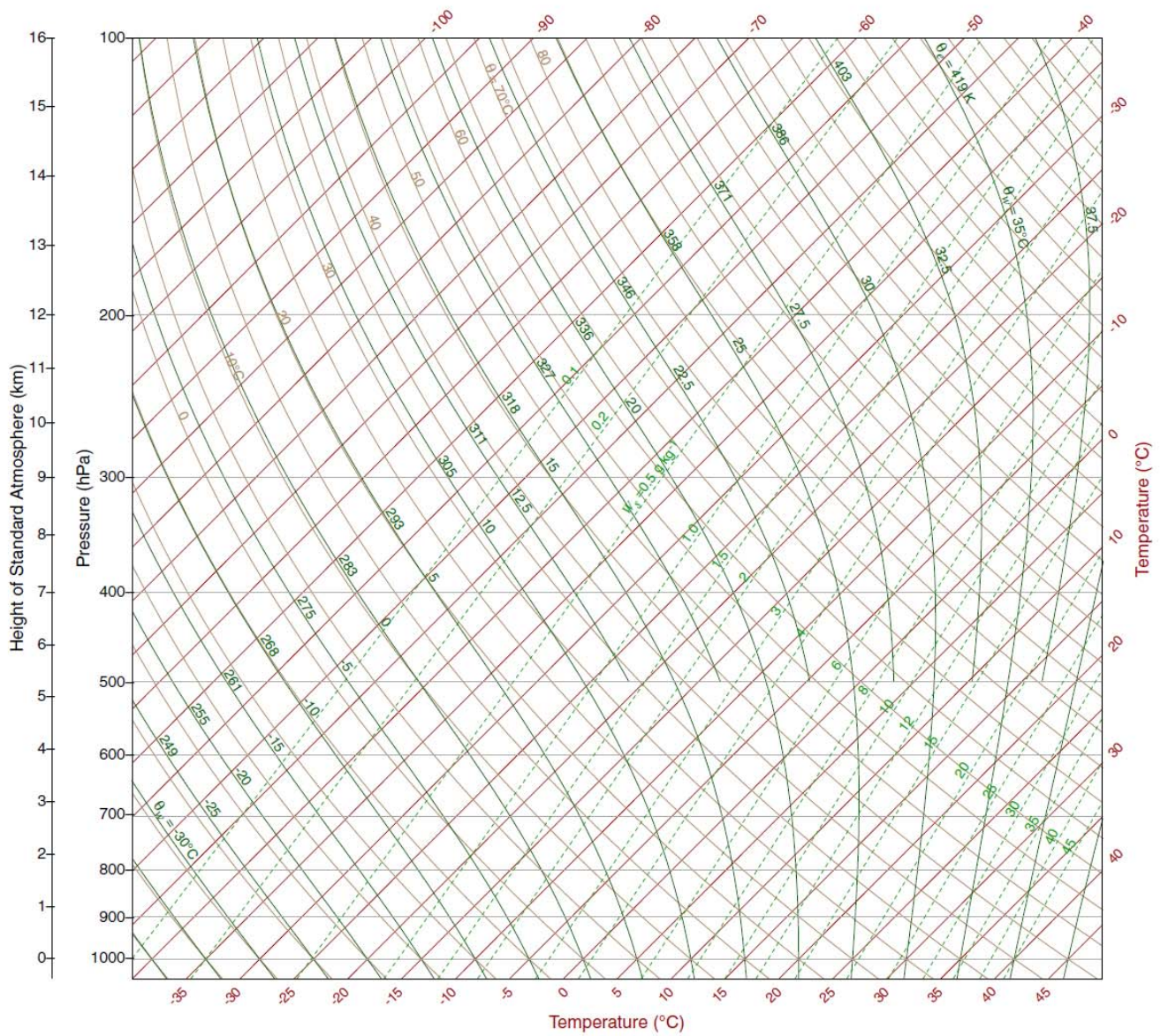
Vedlegg 1. Figur 1



Figur 1. Skisse over initialprofilet av  $\theta(z)$  for grenselagsblanding

## Vedlegg 2. Sondediagram

### Skew $T - \ln p$ Chart



Courtesy of Jennifer Adams, COLA