

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: GEF2200 Atmosfærefysikk

Eksamensdag: Tirsdag 13. juni 2006

Tid for eksamen: 09:00 – 12:00

Oppgavesettet er på 4 sider

Vedlegg: Ingen

Tillatte hjelpemidler: Kalkulator

Kontrollér at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

Oppgave 1

- a. Definér potensiell temperatur (θ). Utled ligningen for potensiell temperatur.

Hvorfor er θ en viktig størrelse i atmosfærisk termodynamikk?

- b. Definér kondensasjonsnivået for heving (lifting condensation level, *LCL*).

En luftpakke har trykk $p = 900\text{hPa}$ og temperatur $T = 20^\circ\text{C}$. Hva er trykket i *LCL* hvis temperaturen der er 13°C ?

($R = 287\text{JK}^{-1}\text{kg}^{-1}$, $c_p = 1004\text{JK}^{-1}\text{kg}^{-1}$)

- c. Metningstrykket for vanndamp ved temperatur T (Kelvin) er gitt ved

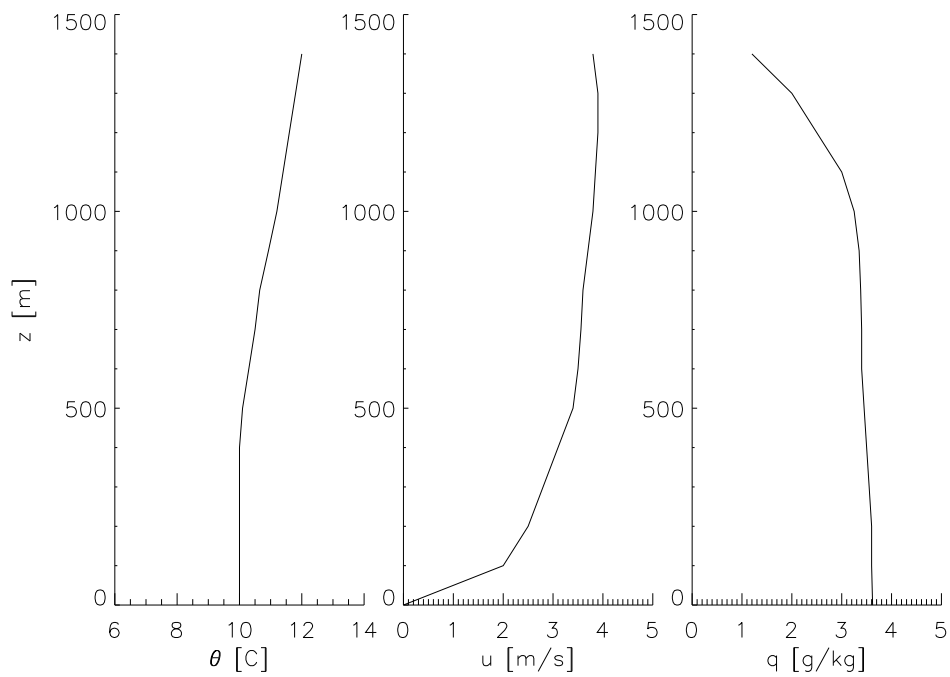
$$e_s(T) = 6.112\text{hPa} \cdot \exp\left[\frac{L}{R_v}\left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (1)$$

Blandingsforholdet for vanndamp kan uttrykkes ved partialtrykk som

$$w \simeq \varepsilon \frac{e}{p} \quad (2)$$

Hva er relativ fuktighet for luftpakken i oppgave b. før heving?

($L = 2.5 \cdot 10^6\text{Jkg}^{-1}$, $R_v = 461\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$.)



Figur 1: Vertikalprofiler for θ , q og u for en gitt vær-situasjon.

- d. Figur 1 viser vertikalprofiler for potensiell temperatur (θ), spesifikk fuktighet (q) og horisontalvind (u) for en vær-situasjon.

For atmosfæren mellom 0 og 400m, hvordan er den turbulente vertikaltransporten i gjennomsnitt for hver av de tre størrelsene?

Hvordan er den statiske stabiliteten?

Oppgave 2

- a. Hvilke mekanismer har vi for vekst av ispartikler i kalde skyer?
- b. For dråpevekst ved kollisjon i varme skyer kan vi benytte ligningen

$$\frac{dr}{dt} = \frac{v_s w_l E_c}{4\rho_l} \quad (3)$$

For hvilke av mekanismene for vekst av ispartikler i a. kan en analogi til denne brukes? Hvorfor?

- c. En sfærisk iskrystall med radius $r_0 = 100\mu\text{m}$ faller gjennom en sky med skyvanninnhold $0.5\text{g}/\text{m}^3$ av underkjølte dråper som ikke faller. Fallhastigheten til dråpen er

$$v_s = \frac{r^2 \rho g_0}{72\eta} \quad (4)$$

der $\eta = 1.7 \cdot 10^{-5}$ og $g_0 = 9.81\text{ms}^{-1}$, og den samler dråper med en effektivitet på 0.6.

Hva er radius til partikkelen etter 15 minutter? Anta tetthet som for is ($\rho_i = 917\text{kg}/\text{m}^3$).

Hva slags partikkel er dette?

- d. Metningstrykket for vanddamp over en dråpe relativt til en plan vannflate er gitt ved

$$\frac{e'}{e_s} = 1 + \frac{a}{r} - \frac{b}{r^3} \quad (5)$$

der $a = \frac{2\sigma}{nkT}$ og $b = \frac{3imM_w}{4M_s\pi\rho}$.

Forklar leddene i ligning (5) og deres betydning for dråpevekst. Hvilket ledd er viktigst for å få aktivert en dråpe?

Oppgave 3

- a. Hvis vi ser bort fra spredning, vil en parallell solstråle svekkes i atmosfæren i henhold til ligningen

$$-\frac{dE_\lambda}{E_\lambda} = -k_\lambda \varrho \sec(\phi) dz \quad (6)$$

Skissér og beskriv betydningen av denne ligningen. Definér de ulike parametrene i ligningen.

- b. Gitt en isotherm atmosfære med tetthetsprofil

$$\varrho(z) = \varrho(0) \exp\left(\frac{-z}{H}\right) \quad (7)$$

der $H = \text{konst.}$

Vis at den optiske dybden (σ) i laget over høydenivået z er gitt ved

$$\sigma_\lambda = H k_\lambda \varrho(0) \sec(\phi) \exp\left(\frac{-z}{H}\right) \quad (8)$$

- c. Anta at solstrålingen kommer rett ovenfra (zenith vinkel $\phi = 0$ grader), og anta at de følgende parametre er konstante:

$$\begin{aligned} \varrho(0) &= 1 \text{kgm}^{-3} \\ H &= 10 \text{km} \\ k_\lambda &= 1 \text{kgm}^{-2} \end{aligned}$$

Beregn optisk dybde for atmosfæren definert i b. og c. over 40, 30, 20 og 10 km høyde.

I resten av oppgavesettet skal vi bruke atmosfæren definert i oppgave b. og c.

- d. Beregn transmissiviteten τ over høydenivåene 40, 30, 20 og 10 km.
e. Beregn absorbtiviteten a_λ til atmosfæren over høydene 40, 30, 20 og 10 km.
f. Mellom hvilke to av høydenivåene 40, 30, 20 og 10 km endres absorbtiviteten mest? Hvordan relateres denne maksimumsendringen til den optiske dybden?