

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: GEF2200

Eksamensdag: 9. Juni 2010

Tid for eksamen: 14.30-17.30

Oppgavesettet er på 3 sider

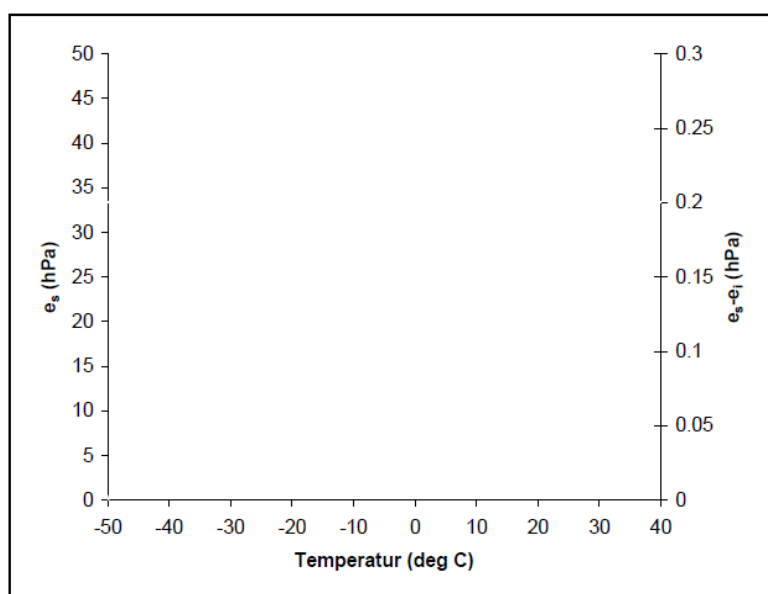
Vedlegg: Kopi av figuren i oppgave 1b.

Tillatte hjelpemidler: Kalkulator og Karl Rottmans matematiske formelsamling

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

Oppgave 1

- Forklar hva vi mener med spesifikk fuktighet q og relativ fuktighet RH.
- I figuren under mangler kurver for hvordan metningstrykket til vanddamp endres med temperaturen (venstre y-akse), og hvordan differansen mellom metningstrykket over vann og over is endres med temperaturen (høyre y-akse).
Skisser i diagrammet hvordan disse to kurvene ser ut.



- c. Vis at sammenhengen mellom spesifikk fuktighet q (g/kg) og partialtrykket av vanndamp e kan uttrykkes ved

$$e = q \cdot 10^{-3} \cdot p \cdot \frac{M_d}{M_v}$$

der p er lufttrykket og M_d og M_v er molekylmassene til hhv. tørr luft og vann.

Hint: Ta utgangspunkt i tilstandslikningene for luft og for vanndamp.

- d. Forklar hvilken rolle kondensasjonskjerner spiller for dannelsen av skydråper.
- e. Målinger av vanninnholdet i en sky viser ofte lavere verdier enn man skulle forvente ut fra et sondediagram (såkalt adiabatisk vanninnhold). Hvorfor er det slik?
- f. Dråpevekst i varme skyer foregår ved kondensasjon eller kollisjon/koalesens (collection). Likningene som beskriver vekstraten for de to prosessene er hhv:

$$r \frac{dr}{dt} = G_l \cdot S \quad \text{Kondensasjon}$$

og

$$\frac{dr_l}{dt} = \frac{v_l \cdot w_l \cdot E}{4\rho_l} \quad \text{Kollisjon/koalesens}$$

Forklar, gjerne ut fra likningene, hvordan vekstraten er avhengig av radien til dråpen for de to prosessene.

Ut fra dette: Hvilken prosess er mest effektiv i ulike stadier av dannelsen av regndråper?

- g. I kalde skyer ($T < 0^\circ\text{C}$) dannes nedbør på en annen måte enn i varme skyer. Forklar hvordan dette foregår.

Oppgave 2.

- a. Vertikalfluksen av følbare varme (Q_H) i grenselaget i atmosfæren foregår for en stor del ved turbulente virvler. Hvilke to hovedmekanismer er opphav til dannelsen av slike virvler? Hvilke(n) energiforme(r) går den turbulente kinetiske energien etter hvert over til?
- b. Den turbulente vertikalfuksen av følbare varme (positiv oppover) uttrykkes ved:

$$Q_H = \rho \cdot c_p \cdot \overline{w'\theta'}$$

Forklar hva leddet $\overline{w'\theta'}$ beskriver.

Gi en fysisk begrunnelse for at det er god grunn til å forvente at dette leddet er større enn null på dagtid.

c. Dersom vi i et horisontalt lag i grenselaget har at:

$$-\frac{dQ_H}{dz} > 0$$

hva kan du si om temperaturendringen ($\frac{dT}{dz}$) i dette laget?

d. Anta at vi befinner oss over hav. Energifluksene av hhv. følbar (Q_H) og latent varme (Q_E) fra havoverflaten til atmosfæren er gitt ved

$$Q_H = \rho \cdot c_p \cdot C_H \cdot |V| \cdot (T_s - T_a)$$

og

$$Q_E = \rho \cdot L_v \cdot C_E \cdot |V| \cdot (q(T_s) - q_a)$$

Bruk verdiene for tetthet, vind, trykk, luft- og havtemperatur, samt konstantene gitt i tabellen under og regn ut fluksene av følbar og latent varme.

Partialtrykket til vanndamp (i hPa) ved metning ved temperaturen T finner du ved hjelp av Clausius-Clapeyrons likning på formen (hint: bruk deretter opplysningene i oppgave 1c)

$$\ln \left[\frac{e_s(\text{hPa})}{6.11} \right] = 5.42 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T} \right)$$

Tabell 1. Verdier for konstanter og observerte verdier av T_s , T_a , q_a , p og V . Legg merke til at vi antar at $C_E = C_H$

Tetthet luft (ρ) (kg/m ³)	c_p (J/(K·kg))	L_v (J/kg)	C_E, C_H	M_d (g/mol)	M_v (g/mol)
1.2	1004	$2.5 \cdot 10^6$	$1.2 \cdot 10^{-3}$	29	18
p (hPa)	T_s (K)	T_a (K)	q_a (g/kg)	V (m/s)	
1000	297	295	16.67	6	

e. Anta at netto strålingsfluks til overflaten er 150 Wm^{-2} (typisk verdi på dagtid på 20°N). Dersom overflatetemperaturen T_s øker med **en** grad ($\Delta T_s = 1.0\text{K}$) mens lufttemperaturen T_a ikke endres, hvor kraftig må det blåse for at det skal være lokal energibalanse mellom stråling, følbar- og latent varme ved overflaten?

Vedlegg. Kopi av figuren i oppgave 1b.

