

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: GEF 4310 / GEF 9310 Skyfysikk

Eksamensdag: 28.mars 2012

Tid for eksamen: 15:00-18:00

Oppgavesettet er på 4 sider

Vedlegg: Ingen

Tillatte hjelpemidler: Ingen

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

Hver av de første 3 oppgavene har 5 svarmuligheter. Kryss av på det svaret du mener er riktig. Det er kun ett riktig svar pr. oppgave. I oppgaver 4-8 ber vi om svar med forklaringer. Hver av oppgavene 1-3 teller 10%, mens hver av oppgavene 4-8 teller 14% av karakteren.

Oppgave 1

Vertikalhastigheten (U) av en oppstigende luftpakke med oppdrift (B) kan enklest bestemmes ved å benytte elementær luftpakketeori. Denne teorien representerer på mange måter en overforenkling i forhold til virkeligheten. Bl.a. tar den elementære teorien ikke hensyn til såkalte kompenserende nedgående bevegelser ("compensating downward motions"). Disse er viktige, spesielt fordi:

- a) Den nedsynkende lufta vil oppvarmes tørradiabatisk, og dette vil redusere temperaturdifferansen mellom luftpakken (T) og omgivelsene (T').
- b) Den nedsynkende lufta (T_p) er kaldere enn skylufta (T), og vil derfor redusere dens oppdrift.
- c) Den nedsynkende lufta vil oppvarmes fuktigadiabatisk, og dette vil redusere temperaturdifferansen mellom luftpakken (T) og omgivelsene (T').
- d) Den nedsynkende lufta (w_p) er tørrere enn skylufta (w_s), og vil derfor redusere dens oppdrift.
- e) Den nedsynkende lufta (T_p, w_p) er kaldere og tørrere enn skylufta (T, w_s), og vil derfor redusere dens oppdrift.

Oppgave 2

I utgangspunktet kan iskrystalldannelse i atmosfæren skje ved følgende fire mekanismer:

- (i) Damp som avsettes homogent til is;
- (ii) Damp som avsettes heterogent til is;
- (iii) Dråper som fryser homogent til is;
- (iv) Dråper som fryser heterogent til is.

Hvilket av følgende utsagn er riktig?

- a) Alle mekanismene (i) – (iv) er mulige, bare det er kaldt nok ($T < -40^\circ\text{C}$)
- b) Ingen av mekanismene (i) – (iv) er mulige, med mindre $T < -40^\circ\text{C}$.
- c) Mekanisme (i) er ikke mulig under noen omstendigheter.
- d) Mekanismene (iii) og (iv) er mulige ved $-40^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C}$, såfremt lufta er overmettet i forhold til vann ($e > e_s > e_i$).
- e) Mekanismene (i) og (ii) er mulige ved $-40^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C}$, såfremt lufta er overmettet i forhold til vann ($e > e_s > e_i$).

Oppgave 3

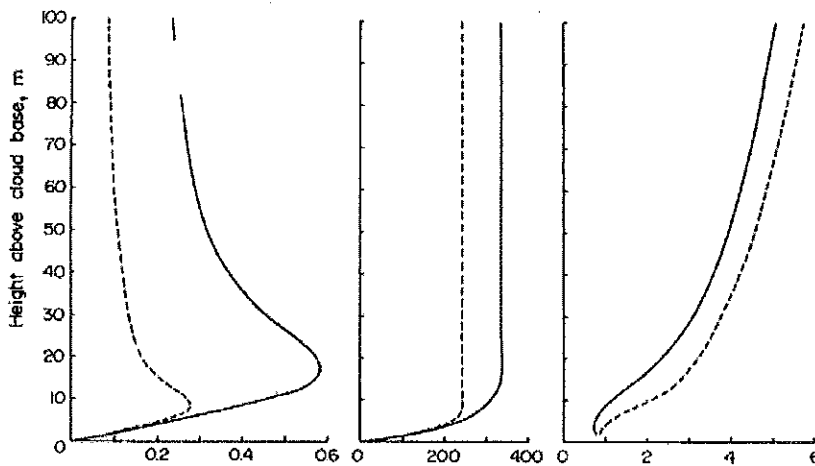
Selv under like meteorologiske forhold (temperatur, relativ fuktighet, o.s.v.) vil noen luftmasser ha flere CCN enn andre. En vanlig måte å uttrykke dette på er ved såkalt aktivitetsspektrum, tilnærmet ved ligningen $N_c = C \cdot s^k$, der s er overmetningen i % og N_c er konsentrasjonen av aktiverte aerosoler ved overmetninger mindre enn s . V.h.a et slikt aktivitetsspektrum utledet Twomey (1959) følgende uttrykk for konsentrasjonen av skydråper (N) som dannes i et oppstigende luftvolum med hastighet U :

$$N \approx 0.88 \cdot C^{2/(k+2)} \cdot [7 \cdot 10^{-2} \cdot U^{3/2}]^{k/(k+2)}$$

Man kan videre utlede et tilnærmet uttrykk for maksimal overmetning (s_{max}) i det oppstigende luftvolumet. Ifølge dette uttrykket:

- a) Øker maksimal overmetning jevnt og trutt med tiden.
- b) Øker maksimal overmetning med økende U og N_c .
- c) Øker maksimal overmetning med avtagende U og N_c .
- d) Øker maksimal overmetning med økende U og avtagende N_c .
- e) Øker maksimal overmetning med økende N_c og avtagende U .

Oppgave 4



- a) Figurene ovenfor viser resultater av beregninger for et oppstigende luftvolum som inneholder sjøsaltpartikler ($N_c = C \cdot s^k$, der $C=650 \text{ cm}^{-3}$, $k=0.7$) og henholdsvis $U=0.5 \text{ m s}^{-1}$ og $U=2.0 \text{ m s}^{-1}$. Forklar **hovedtrekk** ved de heltrukne kurvene i figurene v.h.a. ligningen for dS/dt og fysiske betraktninger.
- b) Forklar kort forskjellen på kurvene for $U=0.5 \text{ m s}^{-1}$ og $U=2.0 \text{ m s}^{-1}$.

Oppgave 5

Flere konseptuelle modeller har vært benyttet (med vekslende hell) for å beskrive vekst av skydråper ved kollisjoner og koalesens. En av disse er den kontinuerlige kollisjonsmodellen.

- a) Hva er de grunnleggende antagelsene i denne modellen?
- b) I denne modellen er det bl.a. mulig å utlede følgende ligning for veksten av dråpevolumet til en oppsamlerdråpe:

$$\frac{dV}{dt} = \int_0^R \pi \cdot (R+r)^2 \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 E(R,r) \cdot n(r) \cdot [u(R) - u(r)] dr$$

Basert på denne ligningen, utled grunnligningen i Bowen-modellen:

$$\frac{dR}{dz} = - \frac{\overline{EM}}{4\rho_l} \frac{u(R)}{U - u(R)}$$

- c) Beskriv kort hovedresultatene fra Bowen-modellen.
- d) Hva er hovedsvakheten ved modellen, basert på disse resultatene?

Oppgave 6

Værradarligningen kan skrives:
$$\bar{P}_r = \frac{\pi^3 c}{1024 \cdot \ln 2} \left[\frac{P_t \cdot \tau \cdot G^2 \cdot \theta^2}{\lambda^2} \right] \left[|K|^2 \frac{Z}{r^2} \right]$$

- Forklar **kort** hvert av leddene $\bar{P}_r, P_t, c, \tau, G, \theta, \lambda, K, Z, r$ samt oppgi enheter for hvert ledd.
- Hvor i ligningen og på hvilken måte kommer nedbørens fase (snø, regn) inn?
- Dersom regndråpefordelingen følger Marshall-Palmers relasjon, utled da et enkelt uttrykk for Z .

Oppgave 7

- Forklar alle leddene i ligningen: $E_T = CKE + 4\pi\sigma(r^2 + R^2) - S_c$
- Hvilken fysisk prosess er denne ligningen relevant for? På hvilken måte?

Oppgave 8

I beregninger av dråpevekst ved kondensasjon dukker følgende to ligninger opp:

$$\frac{dm}{dt} = 4\pi \cdot r \cdot g(\beta) D(\rho_v - \rho_w), \quad \frac{dQ}{dt} = 4\pi \cdot r \cdot f(\alpha) K(T_r - T)$$

der funksjonene $f(\alpha)$ og $g(\beta)$ er definert som følger:

$$f(\alpha) = \frac{r}{r + l_\alpha} \quad g(\beta) = \frac{r}{r + l_\beta}$$
$$l_\alpha = \left(\frac{K}{\alpha p} \right) \frac{(2\pi R' T)^{1/2}}{(c_v + R'/2)} \quad l_\beta = \frac{D}{\beta} \left(\frac{2\pi}{R_v T} \right)^{1/2}$$

- Forklar størrelsene α og β .
- Hvor viktige er leddene $f(\alpha)$ og $g(\beta)$ for resultatene?
- Hva er typiske verdier av α og β ?