

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: GEF1000

Eksamensdag: 30. November 2009

Tid for eksamen: 09.00-12.00

Oppgavesettet er på 5 sider

Vedlegg: Ingen

Tillatte hjelpemidler: Kalkulator

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

Oppgave 1

a) Vi lar y -aksen peke nordover langs havoverflaten i denne oppgaven og x -aksen østover. z -aksen er som vanlig vertikal. I dette aksekorset kan vi skrive Coriolisparameteren

$$f = f_0 + \beta y \quad (1)$$

Forklar hvorfor.

b) Vi ser på et havområde med konstant dyp H . Langs overflaten $z = 0$ og bunnen $z = -H$ er vertikalhastigheten w lik null. Vis fra kontinuitetsligningen $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$ at

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0, \quad (2)$$

der vi har definert volumtransportene U, V som

$$U = \int_{-H}^0 u dz, \quad V = \int_{-H}^0 v dz \quad (3)$$

c) Vi antar at trykket i denne oppgaven kan finnes fra den hydrostatiske ligningen. Hvis overflatetrykket er $P(x, y)$, vis at trykket i havet kan skrives

$$p = -\rho g z + P(x, y), \quad (4)$$

der ρ er den konstante tettheten og g er tyngdens akselerasjon.

d) Vi neglisjerer akselerasjonsleddene i bevegelsesligningen. Kraftbalansen på en partikkel i x og y -retningen kan da skrives

$$\begin{aligned} 0 &= fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + A \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \\ 0 &= -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + A \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Her er A den konstante turbulente viskositetskoeffisienten. Integrer denne ligningen fra havbunnen ($z = -H$) til overflaten ($z = 0$), og vis at

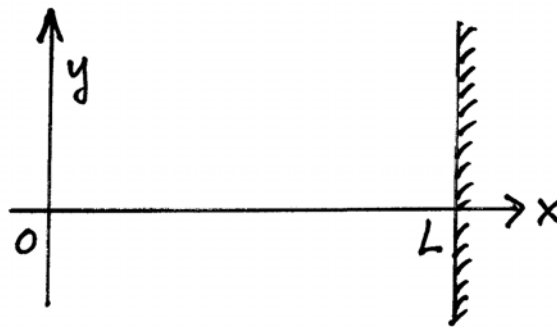
$$\begin{aligned} 0 &= fV - \frac{H}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\tau}{\rho}, \\ 0 &= -fU - \frac{H}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y}, \end{aligned} \quad (6)$$

der vi har antatt at $A \partial u / \partial z = A \partial v / \partial z = 0$ for $z = -H$ (ingen bunnfriksjon), og at vi har vindspenning bare i x -retningen, dvs. $A \partial u / \partial z = \tau / \rho$, $A \partial v / \partial z = 0$ for $z = 0$.

e) Eliminer overflatetrykket fra (6) (deriver øverste ligning m.h.p. y , og nederste m.h.p. x og subtraher). Benytt (1) og (2), og vis at

$$V = -\frac{1}{\beta} \frac{\partial \tau}{\rho \partial y} \quad (7)$$

f) Anta at havet er begrenset av en rett kyst ved $x = L$, der $U = 0$; se figuren under.



Figurskisse.

Vi antar videre at vindspenningen i øst-vest retningen ikke varierer med x , dvs. $\tau = \tau(y)$. Vis fra (2) og (7) at

$$U = \frac{1}{\beta} \frac{\partial^2 \tau}{\rho \partial y^2} (x - L) \quad (8)$$

g) I et belte $-D \leq y \leq D$ kan vindspenningen skrives

$$\tau = \rho\tau_0 \left(\cos \frac{\pi y}{D} - 2 \right), \quad (9)$$

der τ_0 er en positiv konstant. Skisser τ/ρ sammen med den tilhørende verdien av U i dette y -intervallet (for gitt $0 < x < L$).

h) Ser du noen sammenheng mellom dette resultatet for et idealisert hav og de observerte strømsystemene i Figur 7.7 fra læreboka? Forklar. (Figur 7.7 for Stillehavet er gjengitt på under).

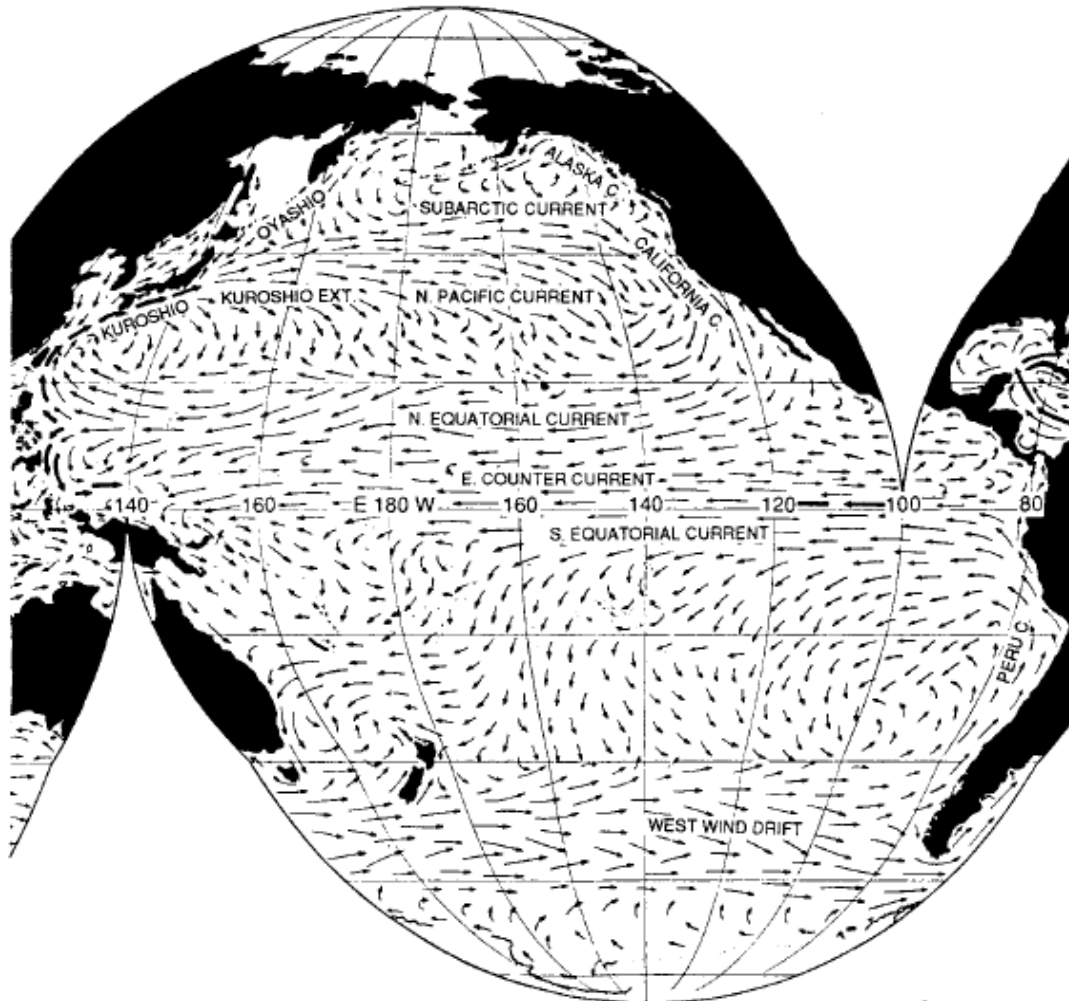


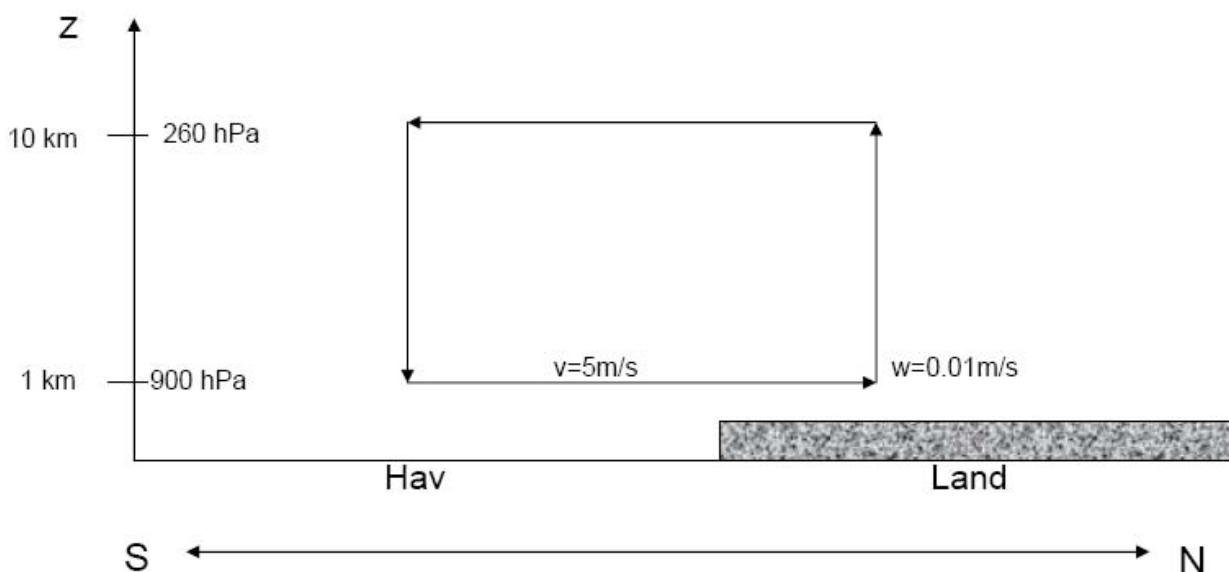
Fig. 7.7—Continued

Oppgave 2.

- Jorda har gått gjennom vekslende perioder med istider/mellomistider de siste 1 million årene.
Hva er årsaken til disse svingningene? Hva er spesielt viktig i forhold til at en ny istid kan starte?
- Hvordan er den observerte sammenhengen mellom CO₂ konsentrasjonen i luften og global middeltemperatur mellom istider og mellomistider? Forklar årsak-virkningsforholdet mellom CO₂ og temperatur i disse periodene.
- Hva mener vi med en positiv tilbakekobling i klimasystemet? Gjør rede for prosessene som virker ved 2 slike positive tilbakekoblinger.
- FNs klimapanel IPCC anslår at den globale middeltemperaturen kan stige med mellom 1.0 og 6.5 grader mellom år 2000 og 2100. Forklar hvorfor dette anslaget er så usikkert.

Oppgave 3

Figuren under viser en idealisert monsun sirkulasjon.



- Gi et eksempel på en region og årstid der skissen kan illustrere den virkelige monsun sirkulasjonen. Forklar hvorfor enkelte stasjoner i Vest Afrika viser et nedbørmaksimum pr. år, mens andre stasjoner i samme region har to nedbørmaksima pr. år.

Vi antar følgende om vinden mot land:

Trykk: 900 hPa

Temperatur: 290K

Tetthet luft (ρ): 0.9 kg/m³

Spesifikk fuktighet (q) i luften: 14 g/kg (masse vanndamp pr. masse tørr luft)

Relativ fuktighet er 100%.

Vertikal utbredelse av luftstrømmen: 1 km (fra 0.5 til 1.5 km høyde)

Horisontal utstrekning av luftstrømmen (Ø-V): 2000 km

Spesifikk fordampningsvarme for vann (L): $2.5 \cdot 10^3$ J/g

- b. Beregn den samlede (maksimale) fluksen av latent varme fra hav til land med denne sirkulasjonen.

Over land stiger luften opp med en vertikalhastighet i høyden 1 km på 0.01 m/s. Vi skal anta at høyere oppe (ved lavere trykk) øker vertikalhastigheten slik at massefluksen av tørr luft (i kg/m²s) er konstant i alle høyder. Vi antar også at i oppstigningen avtar temperaturen med høyden med 5 K/km.

Spesifikk fuktighet når luften er mettet med vanndamp (q_s) er gitt ved

$$q_s(p, T) = \frac{1}{p} \cdot \beta \cdot e^{\alpha \left[\frac{1}{273} - \frac{1}{T} \right]}$$

der p er lufttrykket i hPa, og T er temperaturen i Kelvin

Konstantene α og β har verdiene: $\alpha = 5.42 \cdot 10^3$ (K⁻¹) og $\beta = 3.93$ (g·kg⁻¹·hPa)

- c. Beregn frigjøringen av latent varme (Wm⁻²) i kolonnen mellom 1 og 10 km under oppstigningen når vi antar at luften hele tiden er mettet med vanndamp.
- d. Hvis vi antar at 30 % av det kondenserte vannet blir til nedbør, hvor mye regner det fra denne kolonnen? Oppgi svaret i mm/time.