UNIVERSITETET I OSLO

D et m atem atis k-n aturvitens kapelige fa kultet

Eksamen i: GEF 1100 Klimasystemet
Eksamensdag: Fredag 2. desember 20ll
Tid for eksamen: 9:00 - 13:00
Oppgavesettet er på 4 sider

Tillatte hjelpemidler: Kalkulator

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

Oppgave I

a) Klimaet er for tiden i endring. En av årsakene er økningen av konsentrasjonen av gasser som absorberer infrarød stråling (såkalte drivhusgasser). Den umiddelbare responsen som kun involverer deninfrarøde strålingen er at høyden der utstrålingen rnest effektivt finner sted vil endre ses. Vil den forskvves til høvere eller lavere
nivåer? Begrunn svaret.

b) Hvordan defineres strålingspådrivet fra en drivhusgass? Hvordan relaterer dette seg til endringen beskrevet i deloppgave a)?

c) Hvilken gass som slippes ut antropogent står for det største strålingspådrivet? Hvor stort er dette pådrivet dersom gassens konsentrasjon dobles?

d) Prosessen beskrevet i deloppgave a) initierer en kaskade av endringer i klimasystemet. Vil disse endringene samlet forsterke eller svekke responsen fra infrarød stråling alene?

e) Nevn to eksempler, dn prosess som forsterker og 6n som svekker responsen. Forklar
kort.

Oppgave 2

b

5

4
v)

Eo
3

{da -@z
I
I

0

Radiative Forcing

Atmosphere /r".tT:\ \
i rt\
I i -..--.; t/'

! ,,: Ocean t..
" Transport

ø
dJ
=

6
o

5

'I

Figur t. Årlig midlet energifluks i retning nordover (enhet 1,0'' W : PW) i havet og atlnosfæren (venstre panel) og kun atmosfæren (høyre pan-el). Resultatene er sonqlt midlelt og er gitt som-funksjoi av breddegrad på den nordlige halvkule' De to panelene viser reiultater fra to ulike datasett som er sammenfallende i hovedsak , men ikke i detalj'

0102030405060708090
Latitude

liTl : lo llT) + lv.T.l + lvry) (1)

Figur 1 og likning 1 beskriver energifluks fra tropene mot høye breddegrader på den noidlig" f,alvkule-. Forklar hvilke prosesser leddene i likningen representerer. I lærebJka er likningen strengt tatt bare gitt for atmosfæren' men den kan også gjelde
for havet.

Relat6r leddene til kurvene i figur 1. Beskriv kort hvilken rolle prosessene spiller i ulike breddegradsområder.

Verdiene vist for en av kurvene i venstre panel i figur I er lite representativ for forholdene i Norge. Hvilken prosess gjelder dette og hva skyldes det at figuren ikke
kan fange opp dette?

Oppgave 3

a) Hvilke to prosesser står for energien som driver monsuner?

b) Forklar kort hvordan den intertropiske konvergenssonen (ITCZ) oppstår og hvor den befinner seg til ulike tider av året.

c) Hvor mange regntider er det per år i et monsunklima? Hvor mange regntider er det nær ekvator i Afrika? Begrunn svarene kort for hvert av de to tilfellene.

a)

b)

c)

l'r"'11'1951"19Y^fiil^ rotar Eddv
by, Atmospheric Motions
.. 1 --..rt
-.;j.l..;r , "..

---------.r't,tvc

Oppgave 4

a) Definer Coriolisparameteren.

b) Hva menes med Ekmanlaget i havet?

c) Forklar uten å regne hvordan Ekmantransporten er rettet i forhold til vindretningen
ved havets overflate.

Oppgave 5

Figur 2 og 3 viser henholdsvis potensiell tetthet og salinitet som funksjon av dyp og breddegrad midlet over verdenshavene. (I hele denne oppgaven mener vi potensiell

tetthet pl nt* det star tetthet p.)
* ,^r,,?rE ,o s s'N

g

?DO
400
600
800

;
5 roåo
å lmo

2000

3000
40c0

!ri00
55m

0
?m
400

5S
809
l 000

'I

\i
\')

uba

;1.:'
' 'ri\

,\i\

lE50/ z'- - .. \ lt l- " /

\,,. -- \. vt / ./
''l ,"'

,'$l:

Figur 2; Potensiell tetthet (p,* t000kgm't)

LAIIIUOE
fQ
0

200

100

600

800

| 00s
l0m

20@

3000

{m

åm

5næ

Figur 3: Salinitet [%oJ

Beskriv kort hvordan tettheten til sjøvann relateres til temperatur og saltholdighet.

Fra figur 2 ser vi nokså horisontale isopyknaler i de øvre 1000 meter på lave breddlgrader. Hva kaller vi vannlaget mellom 1000 og 50 meters dyp i dette
området? Hva tror du dette navnet kommer av?

c) Kan du forklare den store forskjellen i salinitet i overflatelaget mellom ekvator og
+30"N?

E

o

200

4æ

6æ

8S

I 000
1000

2000

3000

1000

:000
!500

a)

b)

Vi skal nå undersøke hvordan vann som synker i Arktis drives sørover av forskjeller i tetthet. Vi skal ta for oss strømmen over ryggen på 60" N (innbokset område i figur 2). Dette området er skissert forenklet i fisur 4.

=rr.
, = -fSO0m
T

p- t
1027,75 kgnr*31

Figur 4: Forenklet skisse av innbokset område Figur 2. Stiplet linje angir breddegrad, og samtidig linjer for konstant potensiell tetthet. x-aksen er positiv mot nord.

d) Vi tar utgangspunkt i bevegelseslikningene. Vi tenker oss at all bevegelse er i x-retning, at Corioliskraften er neglisjerbar og at det ikke er noen akselerasjon. Friksjonskraften forenkler vi ved å la den være lineært avhengig av hastigheten z gjennom en konstant friksjonskoeffisient K. Bevegelseslikningen i hhv. x- og z-
retning kan da skrives på følgende form:

rop 0-- -Ku

0p
0z

Pr 0x

- pg

Vi har her introdusert en konstant referansetetthet p, i likning 2. p i likning 3 lar vi være vari abel (dette kal les B ous sinesq-approksimasj onen).

Hva kaller vi balansen i likning 3? Hvilke krefter inngår her?

e) Likning 2 og3 kan kobles for å bestemme hastigheten. La oss anta at tettheten p bare varierer med x. Bruk at g og K er konstanter, og vis at:

/z;_* I

\u-
r -("-

1 / 'ri-z !' t
r ^r 6f, 62uu

bu t/

I

,'l

6t% *tt

t

p-
r1028.05 kgm-'

t

I

-f-'*x >
a Ft) \X
bJ /J \

(2)

(3)

du
dz

sdp
PrK dx

Figur 4 viser et forenklet bilde av området rundt 60o-65"N. Vi antat attettheten øker med konstant rate nordover. Hastigheten u antar vi er null ved dypet z : -1'500ffi, og vi ønsker å finne hastigheten under dette nivået. Vis at hastigheten kan uttrykkes som

(4)

(s)
"=#HQ+1'5oom)

g) Fra figur 4 har vi at p(60"1t):1027,75kgm-3, og p,(65o1',1):1028,05kgm-'. Anslå 4(d*.. når 6n-breddegrad tilsvarer omtrent 110 km. Bruk dette sammen med K=0.001s-', sett inn fornuftige verdier for p, ogg, og anslå hastigheten på 2000 meters dyp. Synes du dette virker som et fornuftig anslag?