

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	GEF 1100 Klimasystemet
Eksamensdag:	Torsdag 9. oktober 2014
Tid for eksamen:	15:00 – 18:00
Tillatte hjelpemidler:	Kalkulator
Oppgavesettet er på 4 sider	

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

Oppgavesettet består av 14 oppgaver med gitte svaralternativer (multiple choice) og 3 oppgaver der svaralternativer ikke er gitt. De to gruppene vil samlet bli like mye vektlagt.

Oppgaver med svaralternativer (multiple choice)

I hver oppgave er det kun ett svaralternativ som er riktig. Sett ring rundt bokstaven som angir riktig svar. Oppgavearkene skal derfor leveres. Det gis ikke minuspoeng for gale svar.

1 Hvis avstanden fra jorda til sola hadde vært 1% lenger, ville mottatt solenergi pr flateenhet på jorda ha vært

a: 2% mindre b: 1% mindre c: like stor d: 1% større e: 2% større

Energi/flate går som $1/r^2$ der r er avstand sol-jord

2 Hvis radien til jorda hadde vært 1% større, ville mottatt solenergi pr flateenhet på jorda ha vært

a: 2% mindre b: 1% mindre c: like stor d: 1% større e: 2% større

En større jord ville mottatt mer energi, men ikke pr flate.

3 Hva er forholdet (ca) mellom tettheten av luft (ved bakken) og vann

a: 10^{-3} b: 10^{-1} c: 1 d: 10^1 e: 10^3

4 Metningstrykket for vanndamp kan uttrykkes som $e_s = A e^{\beta T}$, der T er gitt i $^{\circ}\text{C}$, $A=6,11$ hPa og $\beta=0,067^{\circ}\text{C}^{-1}$. Hvis temperaturen T øker fra 10°C til 20°C , med hvilken faktor endres e_s ?

a: minker fakt 2,0 b: minker fakt 1,5 c: endres ikke d: øker fakt 1,5 e: øker fakt 2,0

Relativ endring er $e^{\beta(T_1-T_0)}$ T_0 og T_1 representerer de to tilstandene. Innsatt: $e^{0.067*10} = 2.0$

5 Hvis temperaturen T minker fra 30°C til 20°C , med hvilken faktor endres e_s ?

a: minker fakt 2,0 b: minker fakt 1,5 c: endres ikke d: øker fakt 1,5 e: øker fakt 2,0

Tilsvarende som oppgave 4, med negativ eksponent.

6 Hva angir en flates albedo?

- a: andel solstråling som reflekteres
- b: andel solstråling som absorberes
- c: flatens evne til duggdannelse
- d: flatens vinkel i forhold til vannrett retning
- e: flatens vinkel i forhold til loddrett retning

7 Hva menes med en at en prosess gir en positiv tilbakekopling (feedback) i klimasystemet?

- a: at prosessen en positiv for klimautviklingen
- b: at en initsiell temperereduksjon vil forsterkes av prosessen
- c: at en initsiell temperaturøkning vil svekkes av prosessen
- d: at en initsiell økning i nedbør vil forsterkes av prosessen
- e: at en initsiell økning i nedbør vil svekkes av prosessen

8 Hvilken av de følgende mekanismene representerer en positiv tilbakekopling (feedback)?

- a: en endring i solarkonstanten
- b: antropogent utslipp av CO₂
- c: økt albedo ved vekst av ørken områder som følge av global oppvarming
- d: reflekterende aerosoler i stratosfæren fra et stort vulkanutbrudd
- e: økt albedo ved vekst av isdekke som følge av global nedkjøling

9 Hvilken av disse utsagnene er uriktig?

- a: temperaturen avtar med høyden i troposfæren
- b: temperaturen øker med høyden i stratosfæren
- c: tettheten avtar med høyden i troposfæren
- d: tettheten øker med høyden i stratosfæren
- e: området som skiller troposfæren og stratosfæren er tropopausen

10 Hvilket av disse utsagnene er riktig?

- a: en isoterm atmosfære har ingen drivhuseffekt
- b: en isoterm atmosfære har svært sterk drivhuseffekt
- c: i en isoterm atmosfære øker temperaturen lineært med høyden
- d: i en isoterm atmosfære avtar temperaturen lineært med høyden
- e: i en isoterm atmosfære er tettheten konstant med høyden

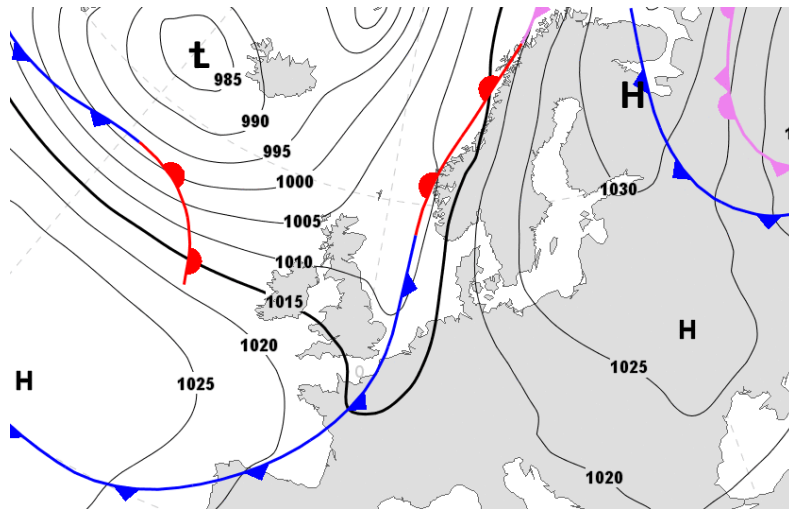
11 Syklostrofisk (cyclotrophic) vind er balansert av

- a: sentrifugalkraft og trykkgradient
- b: Corioliskraft og sentrifugalkraft
- c: trykkgradientkraft og Corioliskraft
- d: friksjonskraft og sentrifugalkraft

12 Hvor gjelder termalvindbalansen generelt?

- a: den nederste km i tropene
- b: bare over Sydpolen
- c: globalt over Ekmanlaget
- d: bare i den frie troposfæren
- e: bare i stratosfæren

13 Anta at vi har et sterkt lavtrykkssystem over Island (vest for Norge) og et høytrykksystem over Barentshavet (nordøst for Norge). Hvilken vindretning vil dominere ved bakken i Oslo?



- a: vestlig vind
- b: nordlig vind
- c: østlig vind
- d: sørlig vind

14 Når vi har varm luft nord for og kald luft sør for Oslo – hva er den dominerende vindretningen?

- a: sørøstlig vind
- b: østlig vind
- c: vestlig vind
- d: nordlig vind

Oppgaver uten svaralternativer

Oppgave 1

Vi tenker oss at klimasystemet er representert ved en søyle med en varmekapasitet C [$\text{J K}^{-1} \text{m}^{-2}$]. Som konsekvens av et pådriv (forcing) ΔQ [W m^{-2}] vil responsen til systemet være gitt ved

$$C d\Delta T/dt = \Delta Q - \alpha \Delta T$$

der ΔT [K] er temperaturendringen (temperature anomaly) og α er en tilbakekoplingsparameter (feedback parameter).

- a) Gi to eksempler på pådriv (forcing), et naturlig og et antropogent. Forklart kort hvordan de påvirker energibalansen til klimasystemet.

Et naturlig pådriv: sulfatpartikler fra vulkanutbrudd. Reflekterer en del av den innkommende solstrålingen og gir derved en avkjøling.

Et antropogent pådriv: menneskeskapt drivhusgasser (eks. CO_2). Absorberer og re-emitterer langbølget stråling. Jordens strålingstemperatur er uforandret, men temperaturen på bakken vil øke.

- b) Tilbakekoplingsparameteren α er representert ved en sum av ulike tilbakekoplingsmekanismer. Hva mener vi med positive og negative tilbakekoplinger i klimasammenheng?

En positiv (negativ) tilbakekopling forsterker (svækker) en gitt temperaturendring, enten det gjelder oppvarming eller avkjøling.

- c) Responstiden til klimasystemet er gitt ved $\tau = C/\alpha$. Hvordan påvirker positive tilbakekoplinger responstiden?

Climate feedback parameter $\alpha = \Delta Q / \Delta T$

Definition feedback factor f $\alpha = \alpha_0 (1-f)$

Positiv feedback gir økt f og redusert α . $\tau = C/\alpha$ vil derfor øke.

- d) Hva blir temperaturendringen ved likevekt som følge av at gjennomsnittlig solinnstråling ved toppen av atmosfæren synker med 0.5 [W m^{-2}] gitt at $\alpha = 1.2$ [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]?

Likevekt: $d\Delta T/dt = 0$. Da har vi at $\Delta Q - \alpha \Delta T = 0$ og $\Delta T = \Delta Q/\alpha$.

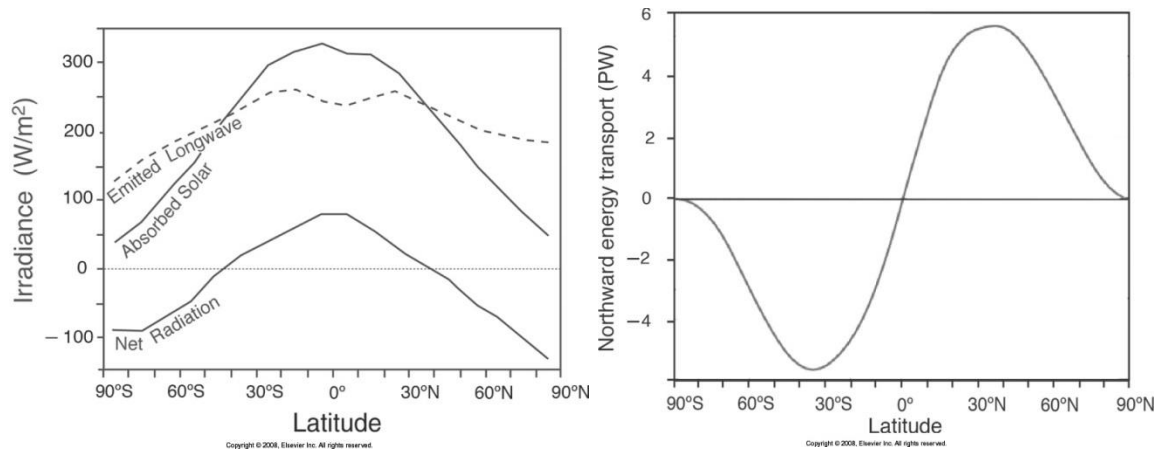
$$\Delta T = -0.5/1.2 \text{ K} = -0.4 \text{ K}$$

Oppgave 2

Venstre panel i figuren nedenfor viser breddegradsfordeling av innkommende solstråling, utgående langbølget stråling og nettostrålingen.

a) Forklar de viktigste trekkene ved fordelingene.

Absorbert solstråling har et maksimum ved ekvator og avtar mot polene. Det skyldes at sola i gjennomsnitt står høyest på himmelen over ekvator og stadig lavere mot høyere bredder. Jo lavere på himmelen sola står, over desto større areal skal strålingen fordeles. Bakkens albedo modifierer dette bildet. Absorbert stråling er lavere der albedoen er høy, som f.eks. over snø/is i Arktis og der det er reflekterende skyer. Emitert langbølget stråling varierer mindre med breddegrad. Den variasjonen vi har skyldes temperaturforskjeller. Utstrålingen er proporsjonal med T^4 som er maksimal over ekvator og avtakende mot polene. Der det er mye skyer (f.eks. i tropene) reduseres utstrålingen fordi den skjer fra skytoppen som har en lavere temperatur enn bakken. Nettoeffekten er positiv i tropene og negativ på midlere og høye bredder (over ca 40 grader).



b) Høyre panel viser breddegradsfordeling av varmetransport i havet og atmosfæren. Forklar sammenheng mellom fordelingene i de to panelene.

Overskuddsvarmen på lave bredder må transporteres mot høyere bredder for at vi skal oppnå en balanse. Det innebærer varmetransport mot nord på NH (positive verdier av nordoverrettet transport) og mot sør på SH (negative verdier av nordoverrettet transport). Varmetransporten foregår dels i atmosfæren og dels i havet.

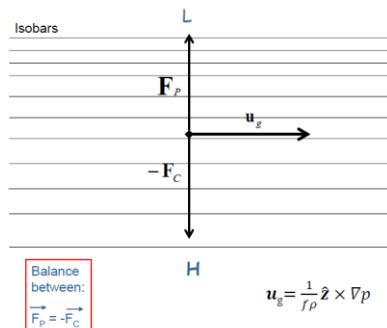
Oppgave 3

a) Hva er potensiell temperatur og hvorfor er den introdusert?

Potensiell temperatur defineres som den temperaturen en luftpakke vil få dersom den forflyttes adiabatisk til et referansenivå (1000 hPa). Denne størrelsen er bevart i alle bevegelser i atmosfæren under adiabatiske betingelser og er derfor nyttig.

b) Hvilke regler kan utledes fra den geostrofiske vind-approksimasjon? Tegn enkle skisser for å visualisere dem.

Geostrofisk balanse oppnås når trykkgradientkraften og Corioliskraften samlet er i balanse. Dette gjelder horisontal bevegelse. Friksjon vil forårsake avvik fra geostrofisk vind. Geostrofisk balanse kan bare oppnås over Ekmanlaget der friksjonen ikke har betydning. Regler: Den blåser (i) parallelt med isobarene, (ii) med lavtrykket til venstre (NH)



c) Hva er forskjellen mellom Lagransk og Eulersk representasjon av en væskebevegelse? Gi et eksempel på hver av dem.

Lagrangesk: Væskevolumet som studeres består av de samme partiklene som følger med vind/strøm. Eulersk: Væskevolumet som studeres er forankret stasjonært i koordinatsystemet. Eksempel fra havet. En havstrøm studeres enten ved å beskrive vannet som strømmer gjennom en kube som er fast i rommet (Eulersk) eller ved å vege ut et volum som vi følger med strømmen (Lagrangesk).

d) Hva er Coriolis-kraften? I hvilken retning virker den? Hvorfor kalles den en “fiktiv” kraft (“fictitious force”)?

Corioliskraften, noen ganger omtalt som Corioliseffekten, er en fiktiv kraft som er et resultat av jordrotasjonen. Denne fiktive kraften er svært viktig i forbindelse med meteorologiske beregninger, da vi må opp på en større skala for at Corioliskraften skal få noen større betydning på systemet. Den bøyer av bevegelser mot høyre på den nordlige halvkule og til venstre på den sørlige. Fiktiv kraft er en kraft som tilsynelatende oppstår i newtonsk mekanikk når en bevegelse beskrives i et koordinatsystem som ikke er et inertialsystem. Et inertialsystem er definert til å være i ro eller bevege seg med konstant fart langs en rett linje. En fiktiv kraft har ingen motkraft, dvs. den følger ikke Newtons tredje lov. Den utfører ikke noe arbeid.