

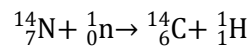
FYS1010 eksamen våren 2013. Løsningsforslag.

Oppgave 1

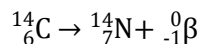
- a) Hensikten er å drepe mikrober, og unngå salmonellainfeksjon. Dessuten vil bestråling øke holdbarheten. Det er gammastråling som benyttes. Mavarene kan ikke bli radioaktive fordi hvert gammafoton ikke har tilstrekkelig energi.
- b) Sammenhengen mellom aktiviteten, A, og antall radioaktive atomer, N er $A = \lambda \cdot N$, der λ er desintegrasjonskonstanten.

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A}{\ln 2 / t_{1/2}} = \frac{1 \text{ Bq}}{\ln 2 / (5730 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s})} = \underline{2.6 \cdot 10^{11}}$$

- c) Nøytronene produseres i atmosfæren når kosmisk stråling treffer atmosfæren.
Dannelse av C-14:



Desintegrasjon av C-14:



- d) Siden konsentrasjonen av C-12 er konstant vil også forholdet C-14/C-12 avta med tiden slik:
 $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ der N er C-14/C-12 ved tiden t, og N_0 er C-14/C-12 ved tiden t = 0.

$$N = \frac{1}{10^{12}} \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \frac{1}{10^{12}} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{5730} \cdot 1800} = \underline{0.8/10^{12}}$$

- e) Det radioaktive som ble sendt opp i atmosfæren ved Tsjernobyl ble transportert mot Norge med sør-østlige vinder mot Norge. Nedfallet ble spesielt stort der det var nedbør i fjellområder i syd-Norge.

Årlig mottatt effektiv dose fra naturlige kilder for gjennomsnittsnordmannen er 3-4 mSv. I løpet av 50 år tilsvarer dette 150-200 mSv. Forholdet mellom effektiv dose fra Tsjernobyl og effektiv dose fra naturlige kilder er 1.0- 1.3%.

C-134 og I-131 har korte halveringstider (henholdsvis 2 år og 8 dager). Halveringstiden for Cs-137 er 30 år. Dosebidraget over 50 år vil derfor domineres av istopen Cs-137.

Oppgave 2

- a) Ozon dannes ved kollisjon mellom O_2 og O og er mest effektiv med en støtpartner, M, som vanligvis er N_2 : $\text{O}_2 + \text{O} + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$. Produksjon av O skjer ved at O_2 absorberer UV-stråling med bølgelengde mindre enn 242 nm (UV-C): $\text{O}_2 + \text{UV} \rightarrow \text{O} + \text{O}$. Produksjonen av ozon er

størst i øvre stratosfære der UV-C-strålingen er høy. Samtidig må det være tilstrekkelig høy O₂-konsentrasjon. Disse betingelsene er først og fremst oppfylt i øvre stratosfære over ekvatorområdene.

Enheten for ozonmengder er Dobson-enheter (DU, Dobson Units). For eksempel vil 100 DU tilsvare et 1 mm tykt lag ved bakkenivå ved 0°C bestående av kun ozon .

I Norge er ozonmengden normalt størst i mars-april. Dette skyldes at transport av ozon med luftstrømmer i stratosfæren fra ozon-kilden over ekvator mot høyere breddegrader på nordlige breddegrader er størst vinter/vår og når maksimum i mars-april.

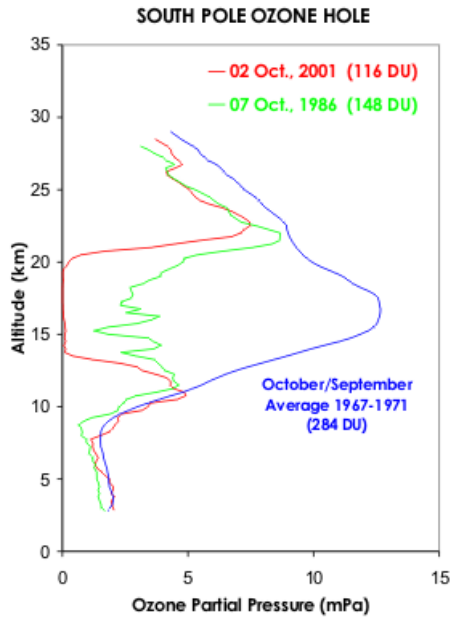
b) Ozonhullet over Antarktis oppstår i september måned.

En betingelse for dannelse av ozonhull er at polare stratosfæreskyer er tilstede slik at heterogen kjemi kan foregå. Over Arktis er stratosfæretemperaturen normalt ikke tilstrekkelig lav for at PSC kan dannes.

I januar er det sommer over Antarktis og stratosfæretemperaturen er for høy til at PSC dannes. Dermed vil ozonhull ikke dannes i januar måned.

I januar er sollyk ikke tilstede i stratosfæren over Arktis. Sollyk er en av betingelsene for dannelse av ozonhull. Dermed vil ozonhull ikke dannes i januar måned.

c) Figuren viser ozonfordeling utenfor ozonhull (blå kurve) og innenfor et ozonhull (rød og grønn kurve). Nedbrytingen av ozon vil i mange tilfeller være fullstendig i høydeområdet ca 15 - 20 km (velutviklet ozonhull). Det er verdt å merke seg at ozonkonsentrasjon er tilnærmet normal over og under dette høydeområdet. (I besvarelsen kreves det ikke enhet for ozonkonsentrasjon.)



Instrumenter for måling av høydefordeling av ozon: Ozonsonder sendt opp med ballong, ozonlidar. Disse instrumentene trenger ikke sollys ved måling, og de er derfor velegnet for måling i polarnatten.

- d) Ozon absorberer UV-stråling svært effektivt for bølglengder under omkring 290 nm. Absorpsjonen er så effektivt at selv med ozonhullsituasjon vil all UV < 290 nm absorberes før strålingen når bakken.

Når sola synker vil UV-B-strålingen få stadig lengre gangvei gjennom ozonlaget og absorpsjonen vil dermed øke. UV-B-strålingen vil dermed avta med synkende sol. Dessuten vil spredningen på luftmolekyler (Rayleigh-spredning) øke fordi strålingen må passere mer og mer atmosfære. Dette vil også bidra til at UV-B avtar med synkende sol.

Vitamin D-produksjon er knyttet til absorpsjon av UV-B i hud. Hvis ozonmengden avtar vil UV-B øke og dermed vil dette bidra til økt vitamin-D-produksjon.

- e) α er absorpsjonskoeffisienten, β er spredningskoeffisienten for atmosfære og δ er spredningskoeffisienten for aerosoler. For en atmosfære uten ozon er $x = 0$. Forholdet mellom intensiteten uten og med ozon er:

$$\frac{e^{-\beta-\delta}}{e^{-\alpha x-\beta-\delta}} = e^{\alpha x} = e^{0.002 \cdot 300} = e^{0.6} = \underline{\underline{1.82}}$$

Oppgave 3

- a) Temperaturen har økt omkring 0.7°C, men temperaturøkningen har ikke vært jevn. Havnivået har de siste 100 år økt med ca 18 cm. De viktigste årsakene til observert økning er volumutvidelse av havene som skyldes oppvarming av havet, og smelting av isbreer (utenom Antarktis og Grønland).

Endring av havisareal har ingen effekt på havnivå, fordi havis flyter på havet.

- b) Tilbakekobling: En forandring i en del av systemet kan påvirke andre deler av systemet, som igjen kan påvirke den første delen. Det finnes en rekke tilbakekoblingsmekanismer.
Eksempel på positiv tilbakekobling: Økt temperatur kan føre til smelting av is som gir redusert albedo. Dette fører til mer absorpsjon av innkommende solstråling som fører til økt temperatur.
Eksempel på negativ tilbakekobling: Økning i CO₂-innholdet i atmosfæren gir økt plantevekst. Dette gir økt CO₂-opptak fra atmosfæren, som reduserer økning i atmosfæren CO₂-innhold.

- c) En planets albedo er forholdet mellom reflektert og innkommende solstråling. Hvis planetens radius er R, albedo A=0.25 og solarkonstanten er S= 592 W/m², vil absorbert effekt av solstråling på Mars være

$$\pi \cdot R^2 \cdot S - \pi \cdot R^2 \cdot S \cdot A = \pi \cdot R^2 \cdot (1-A) \cdot S$$

Hvis planetens varmeutstråling per flate er M er utstråling fra hele planetoverflaten $M \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2$

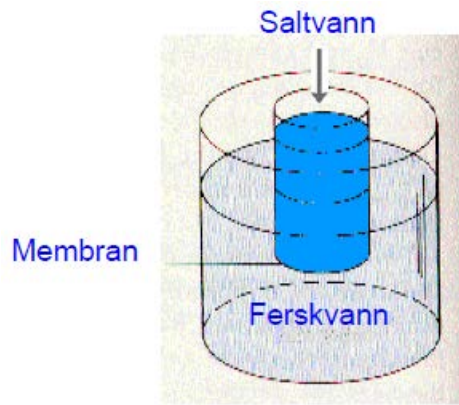
Siden det er strålingsbalanse er

$$M \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2 = \pi \cdot R^2 \cdot (1-A) \cdot S$$

$$M = (1-A) \cdot S / 4 = (1-0.25) \cdot 592 / 4 = \underline{\underline{111 \text{ W/m}^2}}$$

Vi trenger ikke vite noe om drivhusgasser i atmosfæren fordi det uansett er strålingsbalanse (innkommende strålingsenergi = utstrålt varmeenergi).

- d) I et saltkraftverk hentes energi fra forskjeller i saltkonsentrasjon i vann. En ferskvannselv som renner ut i havet (saltvann) er egnet. Ferskvann og saltvann er avskilt som vist i figuren under, med en spesiell membran. Denne membranen er konstruert slik at vannmolekyler kan passere membranen, men ikke saltmolekyler. Saltmolekylene er for store til at de kan passere. Siden konsentrasjonen av vannmolekyler er større i ferskvannet enn i saltvannet vil vannsøylen på saltvannssiden øke. Dette vil pågå inntil det er balanse i trykket fra vannmolekyler på hver side av membranen. Høydeforskjellen i mellom saltvannsøylen og ferskvannsøylen kan for eksempel drives en turbin/el-generator.



- e) Fusjon av hydrogen til helium skjer ved høy temperatur (flere millioner grader) og høyt trykk. Betingelsen for fusjon er til stede innenfor omkring 0.3 solradier fra solas sentrum.
- f) Hvis Δm er massen som omdannes til elektromagnetisk stråling hvert sekund, lyshastigheten er c , er strålingsenergien som produseres hvert sekund, $\Delta m \cdot c^2$. Denne strålingsenergien passerer et kuleskall med radius $R=150 \cdot 10^6$ km og er lik $S \cdot 4\pi \cdot R^2$, der $S = 1367$ W/m²:

$$\Delta m \cdot c^2 = S \cdot 4\pi \cdot R^2$$

$$\Delta m = (1367 \text{ W/m}^2) \cdot 4\pi \cdot (1.5 \cdot 10^{11} \text{ m})^2 / (3.0 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = \underline{4.3 \cdot 10^9 \text{ kg/s}}$$