

## Løsningsforslag FYS1010-eksamen vår 2012.

### Oppgave 1

- a) A er aktivitet, dvs. antall desintegrasjoner pr. tid, N er antall radioaktive atomer, t er tiden, dN er endringen i N i et lite (infinitesimalt) tidsintervall dt.

Ved tiden t = 0 er aktiviteten  $A_0$ . Når det har gått en halveringstid,  $t_{1/2}$ , er aktiviteten redusert til det halve, dvs.  $A = \frac{A_0}{2}$ .

Da er

$$\frac{A_0}{2} = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

$$-\ln 2 = -\lambda \cdot t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

- b) Vi lar aktiviteten ved t = 0 være  $A_0$ . Når aktiviteten har sunket til 10% av startverdien er  $A = A_0/10$  ved tiden t.

Da har vi at

$$\frac{A_0}{10} = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$
$$\lambda \cdot t = \ln(10)$$

$$t = \frac{\ln(10)}{\lambda} = \frac{\ln(10)}{\ln(2)/t_{1/2}} = \frac{\ln(10)}{\ln(2)} \cdot 15 \text{ timer} = 49.8 \text{ timer} \approx \underline{\underline{50 \text{ timer}}}$$

1 mol Na-24 inneholder  $N_A = 6.023 \cdot 10^{23}$  atomer og har masse 24 g. Antall Na-24 atomer når aktiviteten har sunket til 10% av startverdien  $A_0$  er:

$$\frac{20 \text{ mg}}{24 \text{ g}} \cdot 0.1 \cdot 6.023 \cdot 10^{23} = 5.019 \cdot 10^{19} \approx \underline{\underline{5.0 \cdot 10^{19}}}$$

- c) Fisjon er spalting av en atomkjerne. Fusjon er sammensmelting av to atomkjerner.

Ved fisjon spaltes en tung kjerne i to lettere kjerner. Det er disse lettere kjernene som kalles fisjonsprodukter.

Ved fisjon av for eksempel U-235 i en konvensjonell kjernereaktor eller i en bombe produseres det frie nøytroner ved kjedereaksjoner som kan trenge inn i forskjellige atomkjerner og dermed gjøre dem radioaktive. De nye radioaktive kjernene som dannes slik kalles aktiveringsprodukter. For eksempel vil detonasjon av en fisjonsbombe nær jordoverflaten gjøre jord, stein, etc. radioaktive på denne måten.

Hvis stoffer bestråles med små mengder nøytroner blir altså noe av stoffet radioaktivt. Dette sender ut radioaktiv stråling som kan måles. Disse målingene brukes til å identifisere stoffet

som emitterer den radioaktive strålingen. Metoden kan for eksempel brukes innen arkeologi for å studere sammensetning av arkeologiske funn uten å ødelegge gjenstandene.

- d) Ioniserende stråling er stråling som kan ionisere atomer eller molekyler.

$$E = 6 \text{ eV} = 6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 9.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Bølgelengden for et foton som har denne energien finnes fra:

$$h \cdot c / \lambda = E$$

$$\lambda = h \cdot c / E = (6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3.0 \cdot 10^8 \text{ m/s}) / (9.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}) = 2.0625 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 206 \text{ nm}$$

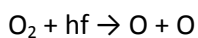
For å kunne ionisere atomer og molekyler i atmosfæren må bølgelengden være kortere eller lik 206 nm.

Ozon i atmosfæren sørger for at solstråling med bølgelengder kortere enn omtrent 290 nm ikke når jordoverflaten. Solstråling ved jordoverflaten er derfor ikke ioniserende.

- e) Dosehastigheten i avstand 30 cm fra kilden er:  $10^{-5} \cdot (3.0 \text{ m} / 0.3 \text{ m})^2 \text{ Sv/time} = 10^{-3} \text{ Sv/time}$   
Siden dose = dosehastighet · tid, er tiden det tar for å oppnå oppgitt dose:  
 $5 \text{ mSv} / (10^{-3} \text{ Sv/time}) = \underline{5.0 \text{ timer}}$

## Oppgave 2

- a)  $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$



Ozon ( $\text{O}_3$ ) produseres i den første reaksjonen ved kollisjon mellom atomært oksygen O, og molekylært oksygen,  $\text{O}_2$ . M er et eller annet molekyl i atmosfæren (normalt  $\text{N}_2$ ). Reaksjonen vil også kunne finne sted uten M, men reaksjonen er da mindre sannsynlig. For at den første reaksjonen skal finne sted må det produseres atomært oksygen, O. Atomært oksygen dannes i den andre reaksjonen ved absorpsjon av et foton med bølgelengde 242 nm eller kortere (UVC). Ozonproduksjonen er størst i den øvre stratosfære over ekvatorområdene fordi intensiteten av UVC-stråling fra sola er størst der. (Høyere oppe er UVC-intensiteten enda høyere men konsentrasjonen av  $\text{O}_2$  blir for liten.)

- b) Betingelsene for at ozonhullet skal oppstå er: 1) Etablering av polarvirvelen som hindrer utveksling av luft mellom områdene innenfor polarvirvelen og utenfor. 2) Stratosfæretemperaturer lavere enn omkring  $80^\circ\text{C}$  slik at polare stratosfæreskyer (PSC) dannes. Kjemiske reaksjoner på skypartiklene frigjør  $\text{Cl}_2$  (heterogen kjemi) fra molekyler som inneholder klor men er i inaktiv form. 3) Sollys må være tilstede, slik at  $\text{Cl}_2$  spaltes til Cl-atomer ved absorpsjon av solstråling. Da først kan syklisk nedbrytning av ozon komme i gang. 4) Det må være tilstrekkelige konsentrasjoner av klorforbindelser i stratosfæren.

Sollyset kommer tilbake etter polarnatten i september slik at den fjerde betingelsen ovenfor for å danne ozonhull da er tilstede.

I november stiger temperaturen slik at PSCene forsvinner og betingelsene for effektiv nedbrytning av ozon er ikke lenger tilstede. Dessuten brytes polarvirvelen ned slik at ozonrik luft fra lavere breddegrader transporteres inn i Antarktis-stratosfæren.

Konsentrasjonen av klor i atmosfæren i 1960-årene var for lav til at en effektiv nedbrytning kunne finne sted.

- c) UVA, UVB og UVC er sollys i definerte bølgelengdeområder. Bølgelengdeområdene er 315 – 400 nm (UVA), 280 – 315 nm (UVB) og 200 – 280 nm (UVC). Det eldre skillet mellom UVB og UVA på 320 nm godtas også.

UVC fra sola absorberes fullstendig av ozon i stratosfæren og finnes ikke ved jordas overflate. UVA absorberes praktisk talt ikke av ozon, men svekkes på sin vei gjennom atmosfæren pga. spredning. Når sola synker på himmelen vil UVA avta pga mer spredning (strålingens gangvei gjennom atmosfæren øker).

UVB svekkes også av spredning i atmosfæren, men ozon absorberer og svekker UVB betydelig. UVB avtar når sola synker på himmelen fordi spredning og absorpsjon øker (strålingens gangvei øker).

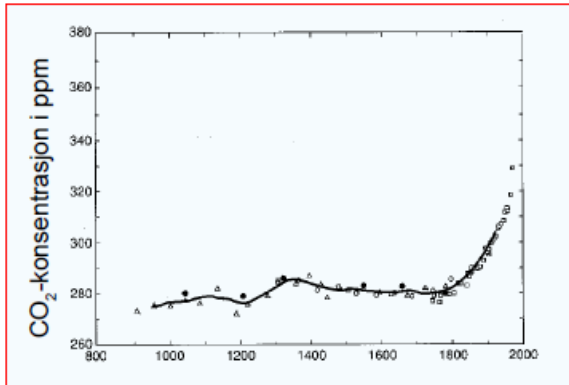
Når sola synker på himmelen vil UVB avta raskere enn UVA og dermed vil UVA/UVB øke. Dette skyldes først og fremst at ozon absorberer UVB, men ikke UVA. Spredningen på luftmolekyler er mer effektiv i UVB enn i UVA. Så selv uten ozon i atmosfæren ville UVA/UVB øke.

- d) De viktigste faktorene som påvirker UV-indeksen i Oslo er: 1) Solas senitvinkel (eller solhøyde), 2) ozonmengden i atmosfæren, 3) skymengde og 4) bakkerefleksjon. Typiske UV-indeksverdi ved klarværsforhold i Oslo midt på dagen om sommeren er 5-6. UV-indeksen over ekvatorområdene er høyere enn i Oslo pga at sola står høyere på himmelen, men tynnere ozonlag over ekvatorområdene er også av vesentlig betydning.
- e) De viktigste hudkreftformene er: Basalcellekraft, plateepitelkraft og føflekk-kraft. Den mest dødelige er føflekk-kraft. UVB gir de to førstnevnte hudkreftformene. UVA er av stor betydning for utvikling av føflekk-kraft, men UVB har også betydning.

### Oppgave 3

- a) El Niño er en økning i overflatetemperaturen i havet utenfor vestkysten av Sør-Amerika (særlig utenfor Peru). Fenomenet inntreffer med noen års mellomrom og oppstår ofte rundt juletider. Normalt er havet der kaldt. Den høyere havtemperaturen ved en El Niño-episode fører til at lufta utenfor Peru er varm og fuktig og dette kan føre til betydelig økt nedbør med påfølgende flom der. El Niño-episoder påvirker været også på noen andre områder på kloden. La Niña er motsatsen til El Niño med lavere havtemperatur enn normalt.
- b) CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen holdt seg konstant inntil begynnelsen 1800-tallet (ca 280 ppm). Deretter har CO<sub>2</sub>-innholdet økt. I dag er konsentrasjonen omkring 390 ppm. Lufta i

troposfæren blandes effektivt. Selv om utslippet av CO<sub>2</sub> varierer mye fra sted til sted på kloden vil CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen ganske raskt fordele seg i atmosfæren globalt. Den målte økningen på Mauna Loa er bekreftet med målinger andre steder på kloden.



- c) Den solstrålingen som treffer jorda passerer en sirkelflate vinkelrett på stråleretningen med radius  $R = \text{jordradien}$ . Solarkonstanten er  $S = 1367 \text{ W/m}^2$ . Den strålingseffekt som jorda absorberer er:

$$P_{inn} = (1 - A) \cdot \pi \cdot R^2 \cdot S$$

hvor  $A = 0.3$  er andelen av solstrålingen som reflekteres tilbake til verdensrommet.

Hvis den gjennomsnittlige varmetutstrålingen fra jorda utenfor atmosfæren er  $X$  (i  $\text{W/m}^2$ ), vil den totale utstrålingen være fra en kuleflate med radius =  $R$ . Utstrålt effekt er:

$$P_{ut} = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot X$$

Strålingsbalanse betyr at  $P_{inn} = P_{ut}$ . Dette gir

$$X = \frac{(1 - A)}{4} \cdot S = \frac{(1 - 0.3)}{4} \cdot 1367 \text{ W/m}^2 =$$

$$\underline{\underline{239 \text{ W/m}^2}}$$

- d) Hvis atmosfærens CO<sub>2</sub> plutselig fjernes vil varmetutstrålingen fra jorda utenfor atmosfæren øke fordi det ikke lenger er CO<sub>2</sub> som absorberer den utsendte varmestrålingen fra jordoverflaten.

Med dagens CO<sub>2</sub>-mengde i atmosfæren vil utsendt varmestråling fra jordoverflaten i noen bølgelengdeområder absorberes fullstendig. Hvis vi øker CO<sub>2</sub>-mengden vil det derfor ikke påvirke absorpsjonen for disse bølgelengdeområdene. Absorpsjonen vil bare øke i bølgelengdeområder der absorpsjonen ikke er 100%.

- e) Eksponensell vekst innebærer at veksten ( $k$ ) er konstant i prosent hvert år. Energiforbruket i 1973 er:

$$E(1973) = E_0 \cdot e^{k \cdot t} = E_0 \cdot e^{0.049 \cdot (1973 - 1945)} = 3.94 \cdot E_0$$

Energiforbruket i 1997 med vekst  $k = 1.8\% = 0.018$  er:

$$E(1997) = E(1973) \cdot e^{0.018 \cdot (1997 - 1973)} = 3.94 \cdot E_0 \cdot e^{0.018 \cdot (1997 - 1973)} = 6.06 \cdot E_0 \approx$$

$$\underline{\underline{6.1 \cdot E_0}}$$