

# Løsningsforslag FYS1010-eksamen våren 2014

## Oppgave 1

- a)  $N$  er antall radioaktive atomer med desintegrasjonskonstant,  $\lambda$ .  $dN$  er endringen i  $N$  i et lite tidsintervall  $dt$ .  $A$  er aktiviteten.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N$$

$$\frac{dN}{N} = -\lambda \cdot dt$$

$$\int_{N_0}^{N(t)} \frac{dN}{N} = -\lambda \cdot \int_0^t dt$$

$$\ln(N(t)) - \ln(N_0) = -\lambda \cdot t$$

$$\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = -\lambda \cdot t$$

$$\frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t}$$

Siden  $A = \lambda \cdot N$  og  $A_0 = \lambda \cdot N_0$  er

$$\underline{\underline{A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}}}$$

- b) Se 'Stråling og helse' side 18

- c) Antall radioaktive atomer er gitt ved:  $N = \frac{A}{\lambda}$  der  $\lambda$  er den fysiske desintegrasjonskonstanten.

$$N = \frac{A}{\frac{\ln 2}{t_F}} = \frac{50000 \text{ Bq}}{\ln 2} \cdot 8 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 4.985 \cdot 10^{10} \approx$$
$$\underline{\underline{5.0 \cdot 10^{10}}}$$

Massen til I-131:

$$m = \frac{\text{massen av 1 mol}}{N_A} \cdot N = \frac{0.131 \text{ kg}}{6.023 \cdot 10^{23}} \cdot 4.985 \cdot 10^{10} = 1.084 \cdot 10^{-14} \text{ kg} \approx$$
$$\underline{\underline{1.1 \cdot 10^{-14} \text{ kg}}}$$

- d) Aktiviteten i skjoldbruskkjertelen avtar med tiden. Antall desintegrasjoner mellom tiden  $t_1=0$  og  $t_2=30$  dager er:

$$X = \int_{t_1}^{t_2} A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} dt = -\frac{A_0}{\lambda} \cdot [e^{-\lambda \cdot t_2} - e^{-\lambda \cdot t_1}] \quad (1)$$

Desintegrasjonskonstanten over er

$$\lambda_{eff} = \frac{\ln 2}{t_{eff}} = \frac{\ln 2}{\frac{t_F \cdot t_B}{t_F + t_B}} = \frac{\ln 2}{\frac{8 \cdot 120}{8 + 120}} \text{ dager} = \frac{\ln 2}{7.5 \cdot 24 \cdot 3600} \text{ s}^{-1} = 1.06967 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} = 0.092419 \text{ d}^{-1}$$

Antall desintegrasjoner er fra (1):

$$X = -\frac{50000 \text{ Bq}}{1.06967 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}} \cdot [e^{-0.092419 \text{ d}^{-1} \cdot 30 \text{ d}} - 1] = 4.3821 \cdot 10^{10} \approx \underline{\underline{4.4 \cdot 10^{10}}}$$

$$\text{Dosen} = \text{Absorbert energi} / \text{masse} = 4.382 \cdot 10^{10} \cdot 0.4 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} / 0.025 \text{ kg} = 0.1121 \text{ Gy} \approx \underline{\underline{0.11 \text{ Gy}}}$$

Strålingsvektfaktoren for  $\gamma$ - og  $\beta$ -stråling er 1. Siden organvektfaktoren for skjoldbruskkjertelen er 0.05, er effektiv dose =  $0.05 \cdot 0.1121 \text{ Sv} = 0.005609 \text{ Sv} \approx \underline{\underline{5.6 \text{ mSv}}}$ .

- e) La  $N_0^{235}$  og  $N_0^{238}$  være antall radioaktive atomer for henholdsvis U-235 og U-238 for 2 milliarder år siden. La videre antall radioaktive atomer i dag være  $N^{235}$  og  $N^{238}$ . Da er  $N^{235}/N^{238} = 0.72\%$ . Vi ønsker å finne  $N^{235}/N^{238}$ .

$$\frac{N^{235}}{N^{238}} = \frac{N_0^{235} \cdot e^{-\lambda_{235} \cdot t}}{N_0^{238} \cdot e^{-\lambda_{238} \cdot t}}$$

$$\frac{N_0^{235}}{N_0^{238}} = \frac{N^{235}}{N^{238}} \cdot \frac{e^{\lambda_{235} \cdot t}}{e^{\lambda_{238} \cdot t}} = 0.72\% \cdot \frac{e^{\frac{\ln 2}{0.704} \cdot 2}}{e^{\frac{\ln 2}{0.445} \cdot 2}}$$

$$\approx \underline{\underline{3.8\%}}$$

I oppgaven står det at andelen U235 er 0.72% i dag. Skal man være helt eksakt betyr dette at

$$\frac{N^{235}}{N^{235} + N^{238}} = 0.72\%$$

Dette kan skrives som:

$$\frac{\frac{N^{235}}{N^{238}}}{\frac{N^{235}}{N^{238}} + \frac{N^{238}}{N^{238}}} = 0.72\%$$

Dette gir

$$\frac{N^{235}}{N^{238}} = \frac{0.0072}{1 - 0.0072}$$

som gir

$$\frac{N^{235}}{N^{238}} = 0.725\%$$

Dette er praktisk talt det samme som de oppgitte 0.72%.

## Oppgave 2

- a) Enheten for ozonmengde er Dobsonenheten (DU). Hvis all ozon over oss samles i et sjikt med ren ozongass ved jordens overflate blir tykkelsen noen få millimeter. Et 1mm tykt lag tilsvarer 100 DU
- b) Se skisse 'Solstråling:ozon, sol helse' side 30. Hawaii er riktignok ikke på ekvator (omkring 20°N), men er allikevel representativ for ekvatorstrøk.

Ozon produseres først og fremst i stratosfæren over ekvatorområdene. Vinter/vår er transporten fra disse områdene mot høye breddegrader størst. Transporten avtar sommer/høst. Kontinuerlig pågår en naturlig nedbrytning av ozon. Vinter/vår er tilførselen større en nedbrytningen. Sommer/høst er nedbrytningen større enn den svake tilførselen. Resultatet er maksimum i mars/april og minimum i oktober/november over Oslo.

- c) Den målte intensiteten den første dag er  $I_1$  og  $I_2 = 1.5 \cdot I_1$  den andre dagen. Ozonmengden er  $x_1 = 400 \text{ DU}$  den første dagen og  $x_2$  den andre dagen. Siden de atmosfæriske forholdene er like de to dagene er spredningskoeffisienten for luftmolekylen  $\beta$  og spredningskoeffisienten for større partikler (aerosoler) uendret. Beers lov anvendt på hver av målingene:

$$I_1 = I_0 \cdot e^{-(\alpha \cdot x_1 + \beta + \delta) / \cos Z}$$

$$I_2 = I_0 \cdot e^{-(\alpha \cdot x_2 + \beta + \delta) / \cos Z}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = 1.5 = e^{\frac{[\alpha(x_2 - x_1) + (\beta - \beta) + (\delta - \delta)]}{\cos Z}} = e^{-\alpha(x_2 - x_1) / \cos Z}$$

$$\ln 1.5 = -\alpha(x_2 - x_1) / \cos Z$$

$$x_2 = x_1 - \frac{\ln 1.5 \cdot \cos Z}{\alpha} = 400 \text{ DU} - \frac{\ln(1.5) \cdot \cos 60^\circ}{0.002 \text{ DU}^{-1}} = \underline{\underline{299 \text{ DU}}}$$

- d) Typisk UVI i Oslo midt på dagenen klarværsdag i juni er omkring 5-6. Når ozonmengden øker med 1% avtar UVI med 1%

Skyer kan også føre til at UV-strålingen **øker** sammenlignet med skyfrie forhold. Dette kan inntreffe i delvis skyet vær hvor solskiven ikke er dekket av skyer, mens en sky står nær solskiven. Dermed vil den direkte solstrålingen være som i skyfrie forhold, mens den diffuse strålingen vil øke pga av spredning i skyen mot bakken ("refleksjon"). Denne effekten kan gi en økning i UV-strålingen på 20-30% sammenlignet med skyfrie forhold.

e) Se side 99-101 'Solstråling: sol-ozon-helse'.

### Oppgave 3

- a) En drivhusgass er en gass som absorberer varmestråling (dvs stråling som sendes ut fra jordoverflaten bestemt av bakketemperaturen). De tre viktigste drivhusgassene i jordatmosfæren er: Vanndamp, CO<sub>2</sub> og metan (CH<sub>4</sub>).

Hvis mengden av en drivhusgass øker, vil absorpsjonen av varmeutstrålingen fra jordoverflaten øke. Drivhusgasslaget vil umiddelbart sende ut stråling av samme type oppover og nedover. Resultatet er redusert utstråling utenfor atmosfæren.

- b) Istider inntreffer med en periode på omkring 100 000 år. Det er tre astronomiske parametre som påvirker solinnstrålingen mot jordatmosfæren. 1) jordbanens form om sola varierer fra en mer utpreget ellipseform til en mer sirkulær form. 2) Helningen til jordaksen varierer. 3) jordaksens presesjon varierer (jordaksen retning i forhold til stjernehimlen følger en sirkelbevegelse). I dag er helningen slik at jordaksen heller mest bort fra sola på den nordlige halvkule omkring 21. desember (vintersolhverv). Etter Milankovichs teori vil en istid starte når en kombinasjon av de tre parametrene er slik at innstrålingen ved høye breddegrader er lavere enn normalt om sommeren (og høyere enn normalt om vinteren). Dette fører til kjøligere somre og milde vintre ved høye breddegrader. Det betyr at snødekket og dermed albedo kan øke og dermed gi grunnlag for istid.
- c) U-235 er fisjonsmaterialet som brukes i et konvensjonelt kjernkraftverk. For å øke sannsynligheten for fisjon må nøytronene som fører til fisjon bremses ned. Dette er nettopp oppgaven til en moderator. Som moderator brukes bl.a. tungtvann og grafitt.

Materialet i kontrollstaver absorberer nøytroner. Ved å heve/senke kontrollstavene i reaktoren kan antall fisjonerende nøytroner reguleres. Reguleringen foregår slik at gjennomsnittlig ett nøytron gir fisjon.

Effekten er  $P = 1000 \text{ MW}$ . Massen som minst må omdannes til energi er  $m$ . Sammenhengen mellom energi og masse er  $E = m \cdot c^2$ , der  $c$  er lyshastigheten. Med tiden  $t = 1 \text{ år}$  er:

$$P \cdot t = m \cdot c^2$$

$$m = P \cdot t / c^2 = 1.0 \cdot 10^6 \text{ J/s} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} / (3.0 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = \underline{0.35 \text{ kg}}$$

- d) CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er ca 400 ppm. For 200 år siden (før-industriell tid) var konsentrasjonen omkring 280 ppm. Man måler CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i luftbobler i isbreer. CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i luftboblene er slik den var i atmosfæren da isen ble dannet. Dybden i isbreen bestemmer alder. Antarktis-isen er så tykk at man kan bestemme CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen for 400000 år siden (og enda lengre tilbake i tid).

CO<sub>2</sub>-målinger på Svalbard er representativ for globale CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner fordi CO<sub>2</sub> blandes godt i atmosfæren.

- e) Skyer reflekterer noe av den innkommende solstrålingen tilbake til verdensrommet. Dette bidrar til .  
Skyer inneholder vann og absorberer varmestråling fra jordoverflaten. Dette bidrar til oppvarming av jordoverflaten.

For lave skyer dominerer solrefleksjonen. Lave skyer senker den globale overflatetemperaturen.

For høye skyer dominerer drivhuseffekten. Høye skyer øker den globale middeltemperaturen.

Nettoeffekten av skyer i dagens klima er en svak avkjøling av jordens middeltemperatur.