

Løsningsforslag eksamen i FYS1010, 2016

Oppgave 1

- a) 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

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

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

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t} = A_0 \cdot (e^{-\ln 2})^{\frac{t}{t_{1/2}}} = \underline{A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}}$$

- b) Antall Cs-137-atomer:

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A}{\ln 2} \cdot t_{1/2} = \frac{2.3 \cdot 10^{15} \text{ Bq}}{\ln 2} \cdot 30 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \text{ s} = 3.139 \cdot 10^{24}$$

$$\text{Massen: } m = \frac{137 \text{ g}}{N_A} \cdot N = \frac{137 \text{ g}}{6.022 \cdot 10^{23}} \cdot 3.139 \cdot 10^{24} \approx \underline{714 \text{ g}}$$

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$0.01 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\ln(0.01) = \frac{t}{t_{1/2}} \cdot \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

Antall halveringstider $\frac{t}{t_{1/2}}$:

$$\frac{t}{t_{1/2}} = \frac{\ln(0.01)}{\ln\left(\frac{1}{2}\right)} \approx \underline{6.6}$$

- c) Effektiv halveringstid, t_{eff} , finnes slik

$$\frac{1}{t_{\text{eff}}} = \frac{1}{t_F} + \frac{1}{t_B}$$

Siden den fysiske halveringstiden, t_F , er mye større enn den biologiske, t_B , kan vi sette

$$\frac{1}{t_{\text{eff}}} \approx \frac{1}{t_B}$$

$$t_{\text{eff}} \approx t_B$$

Nedforingstiden kan vi finne fra:

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

$$t = \frac{\ln(A/A_0)}{-\lambda} = \frac{\ln(A/A_0)}{-\ln 2} \cdot t_B = \underline{5.2 \text{ uker}}$$

- d) 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.

Transuraner er atomer med høyere atomnummer enn 92 (Uran). Plutonium er dermed et transuran.

Kritisk masse for et fisjonsmateriale er den massen hvor kjedereaksjonshastigheten holdes stabilt. Hvis massen er under kritisk masse dør kjedereaksjonen ut.

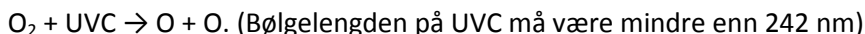
Oppgave 2

- a) Ozon dannes ved at ett oksygenmolekyl (O_2) kolliderer med et oksygenatom (O):



M er en støtpartner som gjør reaksjonen mer effektiv (vanligvis N_2).

Oksygenatomer (O) er det svært lite av i stratosfæren, og det må dannes. Dette skjer ved at O_2 absorberer UVC-stråling:



Hvis all ozon fra bakken og opp til atmosfærens yttergrenser ble samlet til et sjikt ved bakken, ville en tykkelse på 0.01 mm svare til 1 Dobsonenhet.

NO_2 spaltes av sollys til NO og O. Ozon kan dermed dannes som beskrevet over.

- b) Betingelsene er:

- i) Temperaturen i stratosfæren må være kaldere enn $-80^\circ C$ slik at polare stratosfæreskyer (PSC) kan dannes. For å oppnå slike lave temperaturer må

det eksistere en polarvirvel. Denne dannes hver vinter over Antarktis og varer til sen-vår. Heterogen kjemi i PSCene frigjør blant annet Cl_2 fra inaktive klor-reservoarer.

- ii) Cl_2 bryter ikke ned ozon, vi må ha frie kloratomer, Cl. Sollys må være tilgjengelig slik at kloratomer kan spaltes av fra blant annet Cl_2 .
- iii) Konsentrasjonen av klor i atmosfæren (i inaktiv form) må være høyere en bestemt verdi.

Temperaturen i stratosfæren over ekvatorstrøk er ikke lav nok til at polare stratosfæreskyer dannes (stratosfæretemperaturer $< 80^\circ\text{C}$ krever polarvirvel).

- c) UV-stråling fra sola trenger ned i atmosfæren og absorberes delvis av ozonlaget i forskjellige høyder. Noe av UV-strålingen spres så tilbake mot satellitten. Intensiteten av den målte tilbakespredte UV-strålingen vil variere med ozonmengden i atmosfæren. Matematiske modeller gjør det mulig å bestemme ozonmengden. IR-stråling som emitteres fra jordoverflaten vil også absorberes i ozonlaget. Måling av IR med satellitt kan dermed også brukes til å bestemme ozonmengden. Denne metoden er imidlertid mer usikker enn for UV-målinger.

Dobson-instrumentet er et bakke-instrument hvor ozonmengden bestemmes ved å måle intensiteten av UV-strålingen fra sola. Om natten kan ozonmengden bestemmes ved å måle UV-strålingen fra månen (som er reflektert sollys). (Måneskiven må være større enn halv og det må være skyfrie forhold.)

- d) UVA, UVB og UVC er elektromagnetisk stråling.
- UVC: 200 – 280 nm
 - UVB: 280 – 315 nm
 - UVA: 315 - 400 nm.

(Den gamle definisjonen med UVB/UVA-skilte ved 320 nm godtas).

UVC absorberes fullstendig av ozonlaget, ingenting når bakken.

UVB absorberes delvis i ozonlaget og varierer derfor med ozonmengden. Lite ozon: mye UVB.
Mye ozon: Lite UVB.

UVA: Påvirkes praktisk talt ikke av ozonlaget.

Basalcellekraft, plateepitelkraft og føflekkraft. UV-B fra sola gir de to første.

UV-A er av stor betydning for føflekkraft (men UV-B spiller også en rolle).

- e) Luftmolekylene sprer sollyset slik at atmosfæren (himmelen) lyser opp. Denne typen spredning kalles Rayleigh-spredning og gjelder når sprednerne (molekylene) er mye mindre enn bølgelengden til lyset. Spredningen er sterkt bølgelengdeavhengig. Dess kortere bølgelengde dess mer spredning (λ^{-4}). Blått lys spres derfor mest.

Partiklene i skyer (dråper, ispartikler) er mye større enn luftmolekyler, og Rayleigh-spredning gjelder ikke. Spredningen er tilnærmet bølgelengdeuavhengig. (Denne typen spredning kalles Mie-spredning.)

Oppgave 3

- a) En drivhusgass er en gass som absorberer varmestråling som emitteres fra jorda. Den viktigste er vanndamp.
Hvis mengden av en drivhusgass avtar, vil absorpsjonen i atmosfæren avta. Dermed vil strålingen utenfor atmosfæren øke.
- b) Istider inntreffer med omkring 100000 års mellomrom. Årsaken er at baneparametre til jordas gang rundt sola (jordaksens helning, presesjon og jordbanens form) endrer seg langsomt over tid. Verdier av disse baneparametrene gir periodisk relativt lav innstråling fra sola om sommeren. Da blir somrene kjøligere og isen starter å bygge seg opp. (Vinterne blir faktisk varmere, men det er kjøligere somre som starter oppbygging av is.)

Målinger av konsentrasjonen av oksygenisotopene O_{16} og O_{18} i iskjerner i Antarktis og Grønland brukes til å bestemme temperaturen tilbake i tid. Egenskaper som benyttes:
 O_{16} -vann fordamper lettere enn O_{18} -vann.
 O_{18} -vann kondenseres lettere enn O_{16} -vann.

- c) Tilbakekobling i klimasystemet: Endring i en del av klimasystemet fører til endring i en annen del av klimasystemet. Endringen i den andre del fører til ytterligere endring i første del.

Positiv tilbakekobling: Lufttemperaturen i polare strøk øker \rightarrow isen i arktiske strøk smelter \rightarrow albedo avtar \rightarrow lufttemperaturen øker.

Negativ tilbakekobling:

CO_2 -mengden i atmosfæren øker \rightarrow økt plantevekst \rightarrow CO_2 -opptaket øker \rightarrow CO_2 -økningen i atmosfæren reduseres.

- d) I dagens reaktorer som bruker U-235 som fisjonsmateriale må nøytronene bremses ned for at fisjonen skal bli effektiv. Dette er moderatorens oppgave. Det finnes forskjellige typer moderator, f.eks. vann, grafitt. Kontrollstavene absorberer nøytroner. Ved å skyve disse inn/ut av reaktorkjernen, kan man regulere fisjonshastigheten slik at den holdes stabilt.

I en Breeder-reaktor er brenselet høyanriket U-235 omgitt av U-238. I reaktoren produseres mye Pu-239 via U-238. Breeder-reaktoren produserer mer fisjonsmateriale enn den

forbruker. Det finnes betydelig mer U-238 (99.28%) enn U-235 (0.72%) på jorda. Breederen er altså en måte å utnytte U-238 som ikke kan utnyttes i de konvensjonelle reaktorene.

Breederen har ingen moderator.

- e) Solarkonstanten er energien av elektromagnetisk stråling fra sola som passerer en flate med areal 1 m^2 vinkelrett på stråleretningen per sekund (W/m^2). Energien som produseres fra fusjon i solas indre er $\Delta m \cdot c^2$. Denne energien må passere en kuleflate med areal $4\pi R^2$, der R er avstanden jord-sol. Hvis solarkonstanten er S, er:

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

$$\text{Solarkonstanten blir } \frac{\Delta m \cdot c^2}{4\pi R^2} = \underline{1365 \text{ W}/\text{m}^2}$$

- f) Energiforbruket for en el-bil er $900 \text{ kJ}/\text{km}$. $1 \text{ Wh} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$. Energiforbruket er dermed $\frac{900000 \text{ J}/\text{km}}{3600 \frac{\text{J}}{\text{Wh}}} = 250 \text{ Wh}/\text{km}$.

Årsforbruket for hele bilparken på 2.6 millioner el-biler er:
 $2.6 \cdot 10^6 \cdot 12000 \cdot 250 \text{ Wh} = 7.8 \cdot 10^{12} \text{ Wh}$.

$$\text{Fraksjon av totalproduksjonen: } \frac{7.8 \text{ TWh}}{120 \text{ TWh}} \approx \underline{6.5 \%}$$

Årsproduksjon for 1 vindmølle: $1 \text{ MW} \cdot 24 \cdot 365 \text{ h} = 8.76 \cdot 10^8 \text{ Wh}$

$$\text{Antall møller: } \frac{7.8 \cdot 10^{12}}{8.76 \cdot 10^8} \approx \underline{890}$$