FYS1010 Fasit oppgavesett 4

Oppgave 1

a) Antall radioaktive atomer, N, ved tiden, t, er: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
Forholdet mellom antall atomer nå, N, og når n edfallet skjedde, N_0, er:
$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t} = e^{-\frac{\ln 2}{30\text{år}} \cdot 16\text{år}} \approx 0.69$$

<u>Det er igjen 69% (dvs. 493 gram) etter 16 år.</u>

b) Vi summerer opp de tre bidragene (β_1, β_2 og γ)
I desintegrasjonsskjemaet er maksimal β-energi oppgitt. Middelverdien for β er $\beta_{max}/3$. β-partiklene har kort rekkevidde og all energien avsettes i kroppen. For γ antar vi at 50% av energien avsettes i kroppen.

$E_{\beta 1}$ = 94.6% · 0.512/3 MeV = 0.161 MeV
$E_{\beta 2}$ = 5.4% · 1.172/3 MeV = 0.021 MeV
Eγ = 94.6% · 0.662 MeV · 50% = 0.313 MeV

Energiabsorpsjon i kroppen for hver desintegrasjon er:
E = $E_{\beta 1}$ + $E_{\beta 2}$ + E_γ = 0.495 MeV ≈ <u>0.5 MeV</u>.

c) Aktiviteten til 200 g kjøtt (ved tiden t = 0):
0.200 kg · 1000 Bq/kg = 200 Bq

Den effektive halveringstiden er $t_{\text{eff}} = \frac{t_F \cdot t_B}{t_F + t_B} = \frac{30\text{år} \cdot 3\text{mnd}}{30\text{år} + 3\text{mnd}} \approx 3 \text{ mnd } (= t_B)$
Effektiv desintegrasjonskonstant: $\lambda_{\text{eff}} = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{3 \text{ mnd}} = \frac{\ln 2}{3 \cdot 90 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 8.9139 \cdot 10^{-8} s^{-1}$
Sammenhengen mellom aktivitet, A_0, og antall radioaktive atomer, N_0 , er $A_0 = \lambda_{eff} \cdot N_0$.
Alle N_0 desintegrerer i kroppen: $N_0 = \frac{A_0}{\lambda_{\text{eff}}} = \frac{200 \text{ Bq}}{8.9139 \cdot 10^{-8} s^{-1}} = 2.243 \cdot 10^9$
Total energi absorbert i kroppen: $E_{abs} = 2.243 \cdot 10^9 \cdot 0.5 \text{ MeV} = 2.243 \cdot 10^9 \cdot 0.5 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.7949 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

Stråledosen $\text{D} = \frac{E_{abs}}{\text{masse}} = \frac{1.7949 \cdot 10^{-4} \text{J}}{60 \text{ kg}} = 2.991 \cdot 10^{-6} \ \text{J}/\text{kg} \approx 3.0 \ \mu\text{Gy}$

Ekvivalent stråledose er <u>3.0 µSv</u> (strålevektfaktor for β og γ er 1)

d) Årlig bakgrunnsdose:
Kosmisk + ekstern γ + radioaktivitet i kroppen + radon med døtre =
0.35 mSv + 0.55 mSv + 0.37 mSv + 2.0 mSv ≈<u>3 mSv</u>

e) En middag hver uke i 1 år gir en dose på: 3 µSv · 52 = 0.156 mSv.

Dette utgjør 0.156/3 ≈ 5% av naturlig bakgrunnsdose. Dette er svært lite og det er derfor ikke liten grunn til å fraråde inntak av slike mengder sauekjøtt.

f) Startaktivitet er: A_0 = 1000 Bq/kg
Sluttaktivitet er: A = 600 Bq/kg

Biologisk halveringstid t_B =3 uker
Fysisk halveringstid er t_F = 30 år.

$$\frac{1}{t_{\text{eff}}} = \frac{1}{t_{\text{F}}} + \frac{1}{t_{\text{B}}} = \frac{1}{30\text{år}} + \frac{1}{3\text{uker}} \approx \frac{1}{3\text{uker}}$$

Effektiv halveringstid er derfor t_{eff} = 3 uker.

Vi finner nedforingstiden t fra:

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

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

$$\ln\frac{A}{A_0} = -\lambda \cdot t$$

Nedforingstiden er: $t = -\frac{\ln A/A_0}{\lambda} = -\frac{\ln A/A_0}{\ln 2} \cdot t_{\text{eff}} = -\frac{\ln\frac{600}{1000}}{\ln 2} \cdot 3\text{uker} \approx \underline{\underline{2.2\text{ uker}}}$

Oppgave 3

a) Tiden, t, det tar for aktiviteten er redusert til A =0.5 MBq fra A_0 = 1.5 MBq finnes fra

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

$$\ln\frac{A}{A_0} = -\lambda \cdot \text{t}$$

$$\text{t} = \frac{\ln\left[A/A_0\right]}{-\lambda} = \frac{\ln\left[0.5/1.5\right]}{-\ln 2} \cdot 30\text{år} \approx \underline{\underline{47.55\text{ år}}}$$

b) Cs-137 emitterer β- og ϒ-stråling, begge med strålingsvektfaktor 1.

c) Dosehastigheten for en 1.5 MBq kilde i en avstand r_1 = 1.0m er 0.117 µGy/time.

Vi skal finne hvor lang tid, t, en må oppholde seg i en avstand r_2 = 0.75 m for å motta en dose på 1.0 mSv når kilden har aktivitet 1.0 MBq. Dosehastigheten for en 1.5 MBq kilde i avstand r_1 = 1.0 m er oppgitt.

Vi finner først dosehastighet for 1.0 MBq kilde i avstand r_1:

$$\frac{0.117\ \mu\text{Gy/time}}{1.5\ \text{MBq}} \cdot 1.0\ \text{MBq} = 0.078\ \mu\text{Gy/time}$$

Så finner vi dosehastighet for 1.0 MBq kilde i avstand r_2:

$$\frac{\text{Dosehastighet}(r_2)}{\text{Dosehastighet}(r_1)} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\text{Dosehastighet}(r_2) = \left(\frac{1.0}{0.75}\right)^2 \cdot 0.078\ \mu\text{Gy/time} = 1.386 \cdot 10^{-7}\ \text{Gy/time}$$

Sammen mellom dosehastighet og dose er

Dose = dosehastighet · tid

Tiden det tar for å motta 1 mSv for en 1.5 MBq kilde i avstand r_2 = 0.75 m er

$$\frac{\text{Dose}}{\text{Dosehastighet}(r_2)} = \frac{1\ \text{mSv}}{1.386 \cdot 10^{-7}\ \text{Sv/time}} = \frac{10^{-3}}{1.386 \cdot 10^{-7}}\ \text{timer} = 7215\ \text{timer} \approx \underline{\underline{301\ \text{dager}}}$$