

Løsningsforslag, obligatorisk oppgave FYS1010 våren 2013

Oppgave 1

- a) Vi finner først antall Cs-137-atomer, N , fra:

$$A = \lambda \cdot N$$

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A}{\ln 2} \cdot t_{1/2} = \frac{3.8 \cdot 10^{16}}{\ln 2} \cdot 30 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 5.187 \cdot 10^{25}$$

Massen, m_{mol} , til 1 mol Cs-137 er 137 g og inneholder $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ atomer

Massen til N Cs-137-atomer er: $\frac{N}{N_A} \cdot m_{\text{mol}} = \frac{5.187 \cdot 10^{25}}{6.02 \cdot 10^{23}} \cdot 137 \text{ g} \approx \underline{\underline{11.8 \text{ kg}}}$

b) Spesifikk aktivitet er: $\frac{A}{\text{volum}} = \frac{3.8 \cdot 10^{16} \text{ Bq}}{10 \text{ km} \cdot 10 \text{ km} \cdot 20 \text{ m}} = \frac{3.8 \cdot 10^{16} \text{ Bq}}{2 \cdot 10^9 \text{ m}^3} \approx \underline{\underline{1.9 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3}}$.

- c) I 94.6% av tilfellene sendes det ut en β -partikkel med middelenergi (0.512 MeV)/3.

I 5.4% av tilfellene sendes det ut en β -partikkel med middelenergi (1.172 MeV)/3.

Midlere β -energi pr desintegrasjon er:

$$0.946 \cdot 0.512 \text{ MeV}/3 + 0.054 \cdot 1.172 \text{ MeV}/3 = \underline{\underline{0.182 \text{ MeV}}}$$

I 94.6% av tilfellene sendes det ut et γ -foton med energi 0.662 MeV.

I de resterende 5.4% av tilfellene sendes det ikke ut γ -fotoner.

Midlere γ -energi pr desintegrasjon er: $0.946 \cdot 0.662 \text{ MeV} + 0.054 \cdot 0 = \underline{\underline{0.626 \text{ MeV}}}$.

- d) Intensiteten til γ -stråling i dybden x er:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

Der μ er absorpsjonskoeffisienten og I_0 er intensiteten ved $x = 0$.

I dybden $x = 0.1 \text{ m}$ er intensiteten redusert til det halve, dvs $I_0/2$:

$$I_0/2 = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot 0.1 \text{ m}}$$

som gir $\mu = \frac{\ln(\frac{1}{2})}{-0.1 \text{ m}} = \underline{\underline{6.93147 \text{ m}^{-1}}}$.

Ved $x = 50 \text{ cm}$ er $\frac{I}{I_0} = e^{-\mu \cdot 0.5 \text{ m}} \approx 0.03 = 3\%$

Det er dermed 3% av fotonene som kan nå lengre enn 50 cm i vannet.

- e) Volumet av 50 cm vannlag rundt kroppen:

$$\pi \cdot (50 \text{ cm} + 11 \text{ cm})^2 \cdot 180 \text{ cm} - \pi \cdot (11 \text{ cm})^2 \cdot 180 \text{ cm} = 2.036 \text{ m}^3.$$

$$\text{Aktiviteten i dette vannlaget er : } 2.036 \text{ m}^3 \cdot 1.9 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3 = 3.8684 \cdot 10^7 \text{ Bq}$$

Antall fotoner som når kroppen fra dette vannlaget er (det er 1 foton pr Bq):

$$N = \frac{1}{2} \cdot N_0 \cdot e^{-\mu \cdot 0.25 \text{ m}} = \frac{1}{2} \cdot 3.8684 \cdot 10^7 \cdot e^{-6.93147 \cdot 0.25} = 3.4192 \cdot 10^6$$

Faktoren $\frac{1}{2}$ skyldes at det er halvparten av fotonene i vannlaget som beveger seg mot kroppen.

Siden alle disse fotonene absorberes i kroppen er absorbert energi pr sekund:

$$3.4192 \cdot 10^6 \cdot 0.626 \text{ MeV} = 2.1404 \cdot 10^6 \text{ MeV}$$

Absorbert energi i tiden $t = 10$ minutter er:

$$2.1404 \cdot 10^6 \text{ MeV} \cdot 10 \text{ min} = 2.1404 \cdot 10^6 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 600 \text{ J} = 2.0548 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\text{Absorbert dose er} = \text{absorbert energi/masse} = 2.0548 \cdot 10^4 \text{ J} / 70 \text{ kg} \approx \underline{\underline{2.93 \mu\text{Gy}}}.$$

- f) Volumet av vannet i innsjøen reduseres med en faktor 100. Da vil aktiviteten i innsjøen øke med en faktor 100. Absorbert dose for et 30 min bad blir $300 \mu\text{Gy} \cdot 30 \text{ min} / 10 \text{ min} = \underline{\underline{900 \mu\text{Gy}}}$.