

FYS1010. Oppgavesett 5. Fasit oppgave 1:

a) Hvor høy var den målte aktiviteten av technetium-99 sammenliknet med den naturlige aktiviteten til havvannet?

Naturlig aktivitet i havvann: $12 \text{ Bq pr liter} = 12 \text{ Bq/dm}^3 = 12\,000 \text{ Bq/m}^3$

Aktivitet til Technetium: $= 8.5 \text{ Bq/m}^3$

Aktivitet til Tc sammenliknet med med naturlig aktivitet: $(8.5 / 12\,000) \cdot 100\% = 0.07\%$

eller

Naturlig aktivitet er 1400 ganger større enn aktiviteten til Tc-99

b) Hvor mye K-40 (gitt i kg) er løst i havvannet?

Fysisk halveringstid for K-40: $1.3 \cdot 10^9 \text{ år}$.

Ett mol K-40 tilsvarer $40 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

Avogadros tall: $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$

Naturlig aktivitet K-40 pr m³: $12\,000 \text{ Bq/m}^3 \cdot 96\% \text{ K-40} = 11\,520 \text{ Bq/m}^3$

Total Aktivitet K-40 i havene: $11\,520 \text{ Bq/m}^3 \cdot 1.35 \cdot 10^{18} \text{ m}^3 = 1.560 \cdot 10^{22} \text{ Bq}$

Finner total antall atomer K-40 fra uttrykket $A = \lambda \cdot N$:

$\lambda = \ln 2 / T_{1/2} = \ln 2 / (1.3 \cdot 10^9 \text{ år} \cdot 3.1536 \cdot 10^7 \text{ sek/år}) = 1.6907 \cdot 10^{-27} \text{ s}^{-1} = 5.332 \cdot 10^{-10} \text{ år}^{-1}$

$N = A/\lambda = 1.560 \cdot 10^{22} \text{ Bq} / 1.6907 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1} = 9.23 \cdot 10^{38} \text{ atomer K-40}$

Finner mengde K-40 i kg vha mol-begrepet:

Antall mol K-40 = $9.23 \cdot 10^{38} \text{ atomer} / N_A \text{ atomer pr mol} = 1.53 \cdot 10^{15} \text{ mol}$

Total mengde K-40 = $1.53 \cdot 10^{15} \text{ mol} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol} = 6.12 \cdot 10^{13} \text{ kg} \approx 6 \cdot 10^{13} \text{ kg}$

c) Forklar forskjellen på fysisk og biologisk halveringstid, og kommenter hvilken som er viktigst ved doseberegninger?

Fysisk halveringstid er bestemt av desintegrasjonskonstanten og angir tiden det tar før et gitt antall av radioaktive kjerner er halvert, dvs før aktiviteten er halvert.

Biologisk halveringstid er den tid det tar før halvparten av en gitt mengde radioaktivt stoff er utskilt fra kroppen.

Ved doseberegninger er det den halveringstiden som er kortest som har størst betydning. Når det er stor forskjell på T_{fys} og T_{biol} vil den effektive halveringstida være tilnærmet lik den minste halveringstida.

d) Hvor lang tid vil det ta før det er igjen mindre enn 1% av Tc-99 i kroppen til en som har spist en anriket hummer?

Vi ønsker å finne tiden, t, det tar å gå fra et strålenivå på 100% til 1%.

Dvs startnivået $N_0 = 100$ og sluttnivået $N = 1$

Sammenhengen mellom N og N_0 er: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Den biologiske halveringstida er i dette tilfellet MYE kortere enn den fysiske halveringstida, dvs den effektive halveringstida er tilnærmet lik den biologiske, dvs 2 dager

Desintegrasjonskonstanten er $\lambda = \ln 2 / 2 \text{ dager} = 0.35 \text{ dager}^{-1}$

$$N/N_0 = 1/100 = e^{-\lambda t}$$

$$\ln(1/100) = -\lambda t$$

$$t = -\ln(1/100) / \lambda = -\ln(0,01) / 0.35 \text{ dager}^{-1} = 13.15 \text{ dager}$$

$$t \approx \underline{\underline{13.2 \text{ dager}}}$$

e) Finn den effektive dosen fra en hummer med aktivitet på 42 Bq/kg, dersom en antar at energiavsetningen spres jevnt utover kroppen, at persone

ns vekt er 70 kg, og at en spiser én kg av den nevnte hummeren.

$$\text{Energi avgitt fra 1.0 kg hummer } E = 4.48 \cdot 10^{-8} \text{ J/Bq} \cdot 42 \text{ Bq/kg} \cdot 1,0 \text{ kg} = 1.88 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

$$\text{Absorbert dose til person på 70 kg: } D = 1.88 \cdot 10^{-6} \text{ J} / 70 \text{ kg} = \underline{\underline{2.7 \cdot 10^{-8} \text{ Gy}}}$$

Ekvivalent dose er gitt som absorbert dose korrigert for strålingsvektfaktor. Effektiv dose er gitt som absorbert dose korrigert for strålingsvektfaktor og organvektfaktor. Både β - og γ - stråling har vektfactorer på 1. Summen av alle organvektfaktorene tilsvarer hele kroppen og er lik 1.0.

Korreksjonsfaktoren ved overgang fra absorbert til effektiv dose er sålede lik 1.

$$\underline{\underline{\text{Effektiv dose} = 2.7 \cdot 10^{-8} \text{ Sv.}}}$$

f) Vil et (svært sultent) lite barn som spiser én kg hummer med aktivitetsnivå på 42 Bq/kg motta den samme stråledosen som den voksne personen ovenfor som spiste én kg? Begrunn svaret!

Energimengden som avsettes i barnet er den samme, men massen som energimengden skal fordeles på er mindre. Ettersom absorbert dose er definert som midlere energi pr masse så vil barnet motta en større stråledose enn en voksen person.

g) Hvor mye hummer (med aktivitet 42 Bq/kg) må en person på 70 kg spise i løpet av ett år for å få omtrent samme stråledose fra hummer som han/hun får fra naturlig bakgrunnstråling i løpet av ett år?

En gjennomsnittsnordmann mottar 3-4 mSv fra naturlig bakgrunnstråling pr år?

For å motta en stråledose på 3-4 mSv pr år ved å spise hummer med en aktivitet på 42 Bq/kg må en person på ca 70 kg spise følgende:

$$2.7 \cdot 10^{-8} \text{ Sv} / \text{kg hummer} \cdot \text{mengde hummer kg} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$$

$$\underline{\underline{\text{Mengde hummer i løpet av ett år: } 4 \cdot 10^{-3} \text{ Sv} / (2.7 \cdot 10^{-8} \text{ Sv/kg})}}$$

$$= 1.48 \cdot 10^5 \text{ kg} \approx \underline{\underline{150 \text{ tonn hummer pr år.}}}$$