FASIT
Ukeoppgave FYS 1000 uke 17 vår 2010

Oppgave 1

a) ca. 0.07% $((8,5/12000) \cdot 100\%)$.

b) Fysisk halveringtid er gitt av desintegrasjonskonstanten og angir tiden det tar før et gitt antall av radiokative kjerner er halvert , dvs før aktiviteten er halvert. Upåvirkelig for mennesker. Biologisk halveringstid er den tid det tar før halvparten av en gitt mengde radioaktivt stoff er utskilt fra kroppen. Ved tilsetting av ulike additiver eller andre typer behandling kan denne tiden påvirkes.

c) ca. 13,2 dager

d) ^{99}Tc er β- og γ-emmitter. Bergenede verdier fra ICRP er basert på den delen av strålingen som avsetter sin energi i kroppen. Energi avgitt fra 100 gram hummer:

$$E \;=\; 4,48 \cdot 10^{-8}\ \text{J/Bq} \;\cdot 42\ \text{Bq/kg} \cdot 0,10\ \text{kg} \;=\; 0,188 \cdot 10{-}6\ \text{J}.$$

Absorbert dose til person på 70 kg: $D \;=\; 0,188 \cdot 10^{-6}$ J /70 kg $=\; 0,27 \cdot 10^{-8}$ Gy.

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

f) Ekvivalent dose er gitt som absorbert dose korrigert for strålingsvektfaktor. Effektiv dose er gitt som absorbert dose korrigert for strålingsvektfaktor og organvektfaktor. Begge disse dosebetegnelsene har enheten sievert (Sv), mens absorbert dose er gitt i gray (Gy).

g) Effektiv dose er gitt som absorbert dose korrigert for strålingsvektfaktorer og organvektfaktorer. Både - og -stråling har strålingsvektfaktor på 1. Det benyttes en midlere energi til hele kroppen, hvilket betyr at organvektfaktoren tilsvarer hele kroppen, dvs er lik 1. Effektiv dose $= 0,27 \cdot 10^{-8}$ Sv.

h) I denne oppgaven regner vi med en midlere dose på 4 mSv pr. år. Det eksakte tallet kan variere, det viktigste er å vite at den årlige dosen vil være av størrelsesorden noen få mSv.

i) Med en midlere dose på 4 mSv pr. år får vi: $(0,27 \cdot 10^{-8}\ \text{Sv} \cdot 10)(\text{kg hummer})^{-1} \cdot$ mengde hummer (kg) $=\; 4 \cdot 10^{-3}$ Sv/år

Mengde hummer $= 4{\cdot}10^{-3}/2,7{\cdot}10^{-8} = 1,48{\cdot}10^{5}$ kg/år $=$ ca. 150 tonn hummer pr år.

Oppgave 2

a)
- I = intensiteten ved veilengden x (dybden når veilengden er rettlinjet) i et gitt medium.
- I_0= intensiteten ved dybde 0 i det samme mediet
- μ= lineær energi absorbsjonskoeffisient ($\mu = \mu_f + \mu_c + \mu_p$).
- x = strålingens veilengde gjennom mediet (dvs dybden når vegen er rettlinjet)

b) Tykkelsen på et medium som skal til for å halvere stråleintensiteten, dvs $I = I_0/2$.

c) Har oppgitt at $I = I_0$ for $x = 0$ og $I = 0,2I_0$ for $x = 0,84$ mm. Lamberts lov gir da μ:

$$\ln I/I_0 \ = \ -\mu{\cdot}x \ \Rightarrow \ \ln(0,2I_0/I_0) \ = \ -\mu{\cdot}x \ \Rightarrow \ \mu \ = \ -\ln(0,2)/0,84 \ = \ 1,92 \text{ mm}^{-1}.$$

Halveringstykkelsen blir da:

$$\ln 2 \ = \ \mu \cdot x_{1/2} \ \Rightarrow \ x_{1/2} \ = \ \ln 2/\mu \ = \ 0,36 \text{ mm}.$$

Oppgave 3

a) Aktiviteten angir antall desintegrasjoner pr. sekund, måles i Bq.

b) Massen til Ra-226 = 226 amu. 1 gram radium gir 1 Ci (definisjon av Ci) = $3,7 \cdot 10^{19}$ Bq $\Rightarrow$ Ra-226 har aktiviteten $3,7 \cdot 10^{7}$Bq

Alternativt: går vegen om avogadros tall og mol for å finne antall atomer i 1 mg Ra-226:

$$1 \cdot 10^{-3} \text{ g}/226 \text{ g/mol} \ = \ N_{(Ra-266)} \text{ atomer}/6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomer/mol}$$

$$\Rightarrow \ N_{(Ra-266)} \ = \ (1 \cdot 10^{-3}/226) \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomer} \ = \ 2,665 \cdot 10^{18} \text{ atomer}.$$

Når vi har antall atomer N og desintegrasjonskonstanten λ kan vi finne aktiviteten A:

$$A \ = \ -dN/dt \ = \ \lambda \cdot N \ = \ 1,4 \cdot 10^{-11} \cdot 2,665 \cdot 10^{18} \ = \ 3,7? \cdot 10^{10} \text{ atomer /s}$$

$$\Rightarrow \ 1 \text{ mg Ra-226 har en aktivitet på } 3,7 \cdot 10^{7} \text{ Bq}.$$

c) Vi går fram på samme måten som for Ra-226 i det siste tilfellet. Vi finner antall atomer i 1 mg I-131. Massen til I-131 = 131 amu.

$$1 \cdot 10^{-3} \text{ g}/131 \text{ g/mol} \ = \ N_{(I-131)} \text{ atomer}/6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomer/mol}$$

$$\Rightarrow \ N_{(I-131)} \ = \ (1 \cdot 10^{-3}/113) \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomer} \ = \ 4,5977 \cdot 10^{18} \text{ atomer}.$$

Halveringstiden gir desintegrasjonskonstanten, $\ln 2 = \lambda{\cdot}t_{1/2}$. Dette gir $\lambda \ = \ \ln 2/694656 \text{ sek} \ = \ 9,98 \cdot 10^{-7}$ s.

Når vi har antall atomer N og desintegrasjonskonstanten λ kan vi finnne aktiviteten:

$$A = -dN/dt = \lambda \cdot N = 9,98 \cdot 10^{-7} \cdot 4,5977 \cdot 10^{18} = 4,59 \cdot 10^{12} \text{ atomer /s} \qquad (1)$$

$$\Rightarrow \ A \ = \ 4,6 \cdot 10^{12} \text{ Bq}.$$

d) I ett mg Jod er det nesten dobbelt så mange atomer I-131 som det er Ra-226 på grunn av forskjellene i atomvekt, men det kan ikke forklare en aktivitetsforskjell på $\simeq 10^5$. Den viktigste faktoren ligger i halveringstidene, hhv. ca. 1600 år for Ra-226 og 8,04 dager for I-131. I-131 desintegrerer mye raskere (dvs ha høyere aktivitet) enn Ra-226.

e) All jod, radioaktivt og stabilt, søker til skjoldbruskjertelen. I-131 er et fisjonsprodukt og kan komme ut i atmosfæren ved et ukontrollert utslipp. Tilsetting av stabilt jod vil bidra til å fortrenge I-131 og dermed redusere opptak av I-131 i skjoldbruskjertelen.

Oppgave 4

Vi kjenner aktiviteten ved tiden $t = 0$: $A_0 \; = \; 15,4 \text{ min}^{-1}$ og skal finne aktiviteten ved tiden $t = X$.

Vi finner først aktiviteten av C-14 ved tiden X pr. gram reint karbon:
Karbonmengden i trebiten (merk at dette er all karbon, dvs både C-12, C-13 og C-14) er:

$$m(\text{C}) \; = \; 2 \text{ g} \cdot 44/100 \; = \; 0,88 \text{ gram karbon.}$$

Antall desintegrasjoner pr g rent karbon (pr. minutt for enkelthets skyld):

$$11,8 \text{ min}^{-1}/0,88 \text{ g} \; = \; A \text{ min}^{-1}/1 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad A \; = \; 13,4 \text{ min}^{-1}.$$

(eventuelt 804 Bq (desintegrasjoner pr sekund)).
Antall atomer er proporsjonal med aktiviteten,

$$A \; = \; \lambda \cdot N \text{ dvs. } N \; = \; A/\lambda \text{ og } N_0 \; = \; A_0/\lambda.$$

Vi bruker $N/N_0 \; = \; e^{-\lambda t} \; = \; (A/\lambda)/(A_0/\lambda) \; = A/A_0$ til å finne tiden $t = X$ (år):

$$A/A_0 \; = \; e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad \ln(A/A_0) \; = \; -\lambda \cdot t$$

$$\Rightarrow \quad t \; = \; -\ln(0,871)/(1,21 \cdot 10^{-4}) \text{ år} \quad \Rightarrow \quad t \; = \; X \; = \; 1144 \text{ år.}$$