

# Fys 1010 Miljøfysikk FASIT Oppgavesett 4

## FASIT oppgave 8

8. Aktiviteten til C-14 i levende materiale tilsvarer ca 15,4 desintegrasjoner pr. minutt pr. gram reint karbon. Halveringstiden for C-14 er 5730 år. Noen arkeologer finner en trebit de lurer på om kan stamme fra et vikingskip. De benytter vanlig C-14 analyse. Trebiten som veide 2 g hadde en aktivitet på 11,8 desintegrasjoner pr. minutt. Karboninnholdet i trebiten var 44 %.  
Hvor gammel var trebiten?
- 

Vi skal finne tida  $t$  som er gått fra en aktivitet er redusert til en annen aktivitet.

Det er rimelig å anta at vi her skal benytte  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Vi kan beregne  $\lambda$  utfra oppgitt halveringstid;  
Og vi kjenner nesten de to aktivitetene som inngår.

$A_0$  er den *spesifikke* aktiviteten ved tiden  $t=0$  (15,4 desint. pr. min. **pr. gram reint karbon**)  
mens  $A$  er den totale aktiviteten ved tiden  $t$ . (11,8 desint pr. minutt for hele trebiten)

Vi må passe på at vi jobber med samme aktivitetsbegrep!

Vi må følgelig finne hvor mye karbon trebiten inneholdt for å kunne angi den spesifikke sluttaktiviteten  $A$ .

Det er oppgitt at karboninnholdet i trebiten var på 44 %.

MERK at dette er all karbon, dvs både C-12 og C-14!:

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

Finner antall desintegrasjoner pr g reint karbon - finner pr minutt isf pr. sekund for enkelthetsskyld:  
 $11,8 \text{ min}^{-1} / 0,88 \text{ g} = A \text{ min}^{-1} / 1 \text{ g}$

→  $A = 13,409 \text{ desintegrasjoner pr minutt pr gram carbon (eventuelt } 804,54 \text{ desintegrasjoner pr sekund)}$

Aktiviteten ved tiden  $t=0$ :  $A_0 = 15,4 \text{ min}^{-1}$  pr gram reint karbon

Aktiviteten ved tiden  $t=X$ :  $A_x = 13,409 \text{ min}^{-1}$  pr gram reint karbon

Antall atomer er proporsjonal med aktiviteten,  $A = \lambda \cdot N$  dvs  $N = A/\lambda$  og  $N_0 = A_0/\lambda$

$$N / N_0 = e^{-\lambda t} = (A/\lambda) / (A_0/\lambda) = A / A_0$$

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

$$\rightarrow \ln(A / A_0) = -\lambda t$$

$$\rightarrow \ln(13,409 / 15,4) = -\lambda \cdot t$$

$$\rightarrow t = -\ln(0,8707) / \lambda$$

$$\text{Desintegrasjonskonstanten } \lambda = \ln 2 / 5730 \text{ år} = 1,2097 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$$

$$\rightarrow \underline{\underline{t = 1144,45 \text{ år} \approx 1144 \text{ år}}}$$

## FASIT oppgave 9

9. Når Radium (Ra-226) desintegrerer dannes det Radon (Rn-222) under utsendelse av  $\alpha$ - og  $\gamma$ -stråling. Atomnummerne til Radium og Radon er henholdsvis 88 og 86.

Kjernemasser:  $m(\text{Ra-226}) = 225,9771 \text{ amu}$   
 $m(\text{Rn-222}) = 221,9703 \text{ amu}$   
 $m(\text{Helium}) = 4,0015 \text{ amu}$

- a) Finn massedefekt og desintegrasjonsenergien pr. gram Radium (Ra-226).  
b) Hvordan er denne energien sammenliknet med energien som avgis pr gram reaktant ved fisjon?  
c) Hvordan er denne energien sammenliknet med energien som avgis pr gram reaktant ved forbrenning av kull?



Desintegrasjon kan på sett og vis sammenlikne med en fisjon – oppspalting i to mindre deler, samt massedefekt.

Har oppgitt kjernemassene, og beregner massedefekt pr mol (og gram) isf å bruke amu:

Ett mol av et stoff er mengden av stoffet gitt i gram isf i amu.

Ett mol av et hvilket som helst stoff inneholder like mange kjerner/atomer, dvs

Avogadrostall  $N_A = 6,022045 \cdot 10^{23}$  atomer pr. mol

**Vi finner massedefekt pr mol kjernemasser og innfører gram isf amu:**

$$R \rightarrow \sum P_i + \Delta m$$

**Massedefekten i gram (pr mol Ra-226)**

$$1 \text{ mol: } \Delta m = m(R) - \sum m(P_i)$$

$$\begin{aligned} \Delta m &= 1 \text{ mol Ra} - 1 \text{ mol Rn} - 1 \text{ mol He} \\ &= m(\text{Ra-226}) - m(\text{Rn-222}) - m(\text{He}) \\ &= 225,9771 - 227,970389 - 4,0015 \\ &= \mathbf{0,0053 \text{ g}} \quad \text{pr. mol Ra-226} \end{aligned}$$

**Massedefekten pr gram reaktant (dvs pr gram Ra-226; bruker atommasse og ikke kjernemasse, men det gjør ingen forskjell på svaret!**

$$\underline{\underline{\Delta m = 2,345 \cdot 10^{-5} \text{ g/g Ra-226}}}$$

**Energi avgitt ved radioaktiv decay av Ra-226**

$$\begin{aligned} E &= \Delta m \cdot c^2 & c^2 &= (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 2,345 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot 9 \cdot 10^{13} \text{ J/g} & &= 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ \underline{\underline{E &= 2,11 \cdot 10^9 \text{ J}}} & & \text{m}^2/\text{s}^2 &= \text{m}^2/\text{s}^2 \cdot \text{kg/kg} \\ & & &= \text{J} \cdot 1/\text{kg} \\ & & c^2 &= 9 \cdot 10^{16} \text{ J/kg} \end{aligned}$$

b) Radioaktiv decay av radium  $E \approx 2 \cdot 10^6 \text{ kJ pr gram reaktant}$

Fisjon (U-235)  $E \approx 8 \cdot 10^7 \text{ kJ pr gram reaktant}$

Mao. Fisjonenergien er ca 40 ganger større enn desintegrasjonsenergien.

**Energiproduksjon pr gram reaktant:**

Fusjon:	$\Delta E \approx 6 \cdot 10^8 \text{ kJ/g}$
Fisjon:	$\Delta E \approx 8 \cdot 10^7 \text{ kJ/g}$
Radioaktiv desintegrasjon:	$\Delta E \approx 2 \cdot 10^6 \text{ kJ/g}$
Forbrenning (kull):	$\Delta E \approx 30 \text{ kJ/g}$
Eksplasjon (TNT):	$\Delta E \approx 2,8 \text{ kJ/g}$

# Fys 1010 Miljøfysikk FASIT Oppgavesett 5

## FASIT oppgave 1

1c: Total energi absorbert i en person på 70 kg og LD<sub>50</sub> = 5 Gy:

$$70 \text{ kg} \cdot 5 \text{ J/kg} = 350 \text{ J} = \underline{0,35 \text{ kJ}}$$

Dvs omtrent 1/1000 av et glass skumma mjølk!

Men den ioniserende energien absorberes på en helt annen måte – den bryter kjemiske bindinger.

## FASIT oppgave 10

10. I en avstand på 1,0 m fra en Cs-137-kilde med aktivitet 1,5 MBq vil doseraten være 0,117 μGy pr. time. Halveringstiden for Cs-137 er 30 år.

a) Beregn hvor lang tid det tar før aktiviteten til en kilde på 1,5 MBq er redusert til 0,5 MBq.

c) Hvor lenge en må oppholde seg i en avstand på 0,75 m fra en Cs-137-kilde med en konstant aktivitet på 1,0 MBq for å motta en dose på 1,0 mSv.

10a: Tid for reduksjon av aktivitet fra 1,5 til 0,5 MBq:

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

$$\text{Startaktiviteten} \quad A_0 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

$$\text{Aktivitet ved tiden } t \quad A = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

$$-\ln(A/A_0) = \ln(0,5/1,5) = 1,0986$$

$$\lambda = \ln 2 / 30 = 23,105 \cdot 10^{-3} \text{ år}^{-1} \quad (= 732,65 \cdot 10^{-12} \text{ s}^{-1})$$

setter inn verdiene i uttrykket:  $t = -\ln(A/A_0) / \lambda$  og får:

$$\underline{t = 1,0986 / 23,105 \cdot 10^{-3} \text{ år}^{-1} = 47,55 \text{ år}} \quad (= 1,50 \cdot 10^9 \text{ s})$$

10 c): Hvor lenge må en sitte foran en kilde på 1,0 MBq for å oppnå en dose på 1,0 mSv når kilden er 0,75 m unna?

Når en må gå vegen via flere informasjoner kan det lønne seg å begynne å nøste bakfra.

Vi skal finne tiden (t) som det tar å få en viss dose (D). Sammenheng mellom tid og Dose er gjerne *doserate (dosehastighet, dose pr. tid)*. Vi må følgelig finne doseraten under de gitt forhold (dvs 0,75 m fra en kilde på 1,0 MBq)

Informasjonen som vi har fått oppgitt om doserate (0,117 μGy pr. time) gjelder en kilde med en annen aktivitet (1,5 MBq) og med en annen avstand (1,0 m). Vi må bruke denne informasjonen til å finne doseraten under våre forhold (0,75 m og 1,0 MBq).

Vi kan f.eks begynne med å "justere" den oppgitt doserate slik at den gjelder for en aktivitet på 1,0 MBq, dvs:

Vi finner først doseraten for en **1,0 MBq kilde** i avstanden 1,0 m fra kilden.

$$\underline{\text{Doseraten 1,0 m fra kilden}} = 0,117 \text{ μGy/t} \cdot 1,0 \text{ Bq} / 1,5 \text{ Bq} = 0,078 \text{ μGy/t} = 0,078 \text{ μSv/t} \\ = \underline{78 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/t}}$$

Nå har vi justerte for aktiviteten, da gjenstår det å justere for avstanden, dvs:  
Vi finner doseraten for en 1,0 MBq kilde i **avstanden 0,75 m** fra kilden.

*Intensiteten avtar med kvadratet av avstanden fra kilden! Dvs doseraten avtar som  $1/r^2$ .*

$$I_a \cdot r_a^2 = I_b \cdot r_b^2 \quad (\rightarrow I_b/I_a = (r_a/r_b)^2) \quad \rightarrow I_b/I_a = (r_a/r_b)^2$$

$$I_a = 78 \cdot 10^{-9} \text{ μSv/t} r_a = 1,0 \text{ m}$$

$$I_b = ? \quad r_b = 0,75 \text{ m}$$

$$\underline{\text{Doseraten 0,75 m fra kilden}} \quad I_b = I_a \cdot (r_a/r_b)^2$$

$$\begin{aligned} &= 78 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/t} \cdot (1,0 \text{ m}/0,75\text{m})^2 \\ &= 78 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/t} / (0,75)^2 \\ &= \underline{138 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/t}} \end{aligned}$$

Nå kjenner vi doseraten under de spesifikke forholdene; og vi kjenner dosen (oppgitt) og kan følgelig finne tiden det tar å oppnå denne dosen ved å sette inn verdiene for doserate ( $138 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/t}$ ) og dose (1,0 mSv) i uttrykket

$$\text{Doserate} \cdot \text{tid} = \text{dose} \quad \rightarrow \quad \text{tid} = \text{dose} / \text{doserate}$$

$$\rightarrow \quad t = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Sv} / 138 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/t}$$

$$\underline{\underline{t = 7,246 \cdot 10^3 \text{ timer} = 301,9 \text{ dager}}}$$