

Fys 1010 Miljøfysikk FASIT Oppgavesett 2

FASIT oppgave 1

Anta at du måler aktiviteten til en kilde med radioaktivt brom (Br-82) ved to forskjellige tidspunkt.

$$11. \text{ februar } 2004 \text{ kl. } 13.00 \quad A = 5,22 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

$$13. \text{ februar } 2004 \text{ kl. } 10.15 \quad A = 2,16 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

Finn desintegrasjonskonstanten λ , og den fysiske halveringstiden $t_{1/2}$.

Har at $A = \lambda \cdot N$ og $N/N_0 = e^{-\lambda t}$.

Vi skal finne desintegrasjonskonstanten λ . Når vi har vi funnet λ kan vi finne $t_{1/2}$.

Aktiviteten er proporsjonal med antall atomer. Mao forholdet $N/N_0 = A/A_0$

$$\begin{aligned} \text{Kan vises ved å sette inn:} \quad t_0: A_0 = \lambda \cdot N_0 \quad \text{og} \quad t: A = \lambda \cdot N \\ \lambda = A_0/N_0 \quad \lambda = A/N \quad \rightarrow A_0/N_0 = A/N \quad \rightarrow N/N_0 = A/A_0 \end{aligned}$$

Vi finner forholdet N/N_0 utfra forholdet mellom aktivitetene på de to tidspunktene:

$$N/N_0 = A/A_0 = 2,16 \cdot 10^6 / 5,22 \cdot 10^6 = 0,4138$$

Så finner vi tiden t : $t = (24 + 12 + 9) + 15 \text{ min} = 2715 \text{ min}$ (=162900 sek)

Skal finne λ :

$$N/N_0 = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln N/N_0 = -\lambda t \rightarrow \lambda = -\ln(N/N_0) / t = -\ln(0,4138)/t = -(-0,8824)/t$$

$$\lambda = 5,417 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} = 3,250 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1} = 0,0195 \text{ timer}^{-1}$$

Skal finne halveringstida $T_{1/2}$:

$$\ln 2 = \lambda \cdot T_{1/2} \rightarrow T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / 3,250 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1} = 2132 \text{ min}$$

$$\text{eller} \quad T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / 5,417 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} = 1,280 \cdot 10^5 \text{ sek}$$

$$\underline{T_{1/2} = 35,6 \text{ timer}}$$

FASIT oppgave 2

C-14 og hydrogenatomer produseres kontinuerlig i atmosfæren når nitrogen bombarderes med nøytroner. C-14 er radioaktivt og sender ut β -stråling. Atomnumrene til hydrogen, karbon og nitrogen er henholdsvis 1, 6 og 7. Halveringstiden til C-14 er 5720 år.

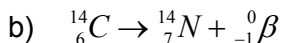
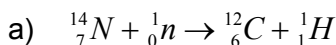
Planter og dyr tar opp C-14 fra lufta mens de lever. Ved likevekt er forholdet C-14 / C-12 = $1 / 1 \cdot 10^{12}$.

Etter at de dør synker C-14 innholdet i henhold til radioaktiv desintegrasjon.

a) Skriv reaksjonlikningen, inkludert proton- og massetall, for dannelse av C-14.

b) Skriv reaksjonlikningen for desintegrasjon av C-14.

c) Bestem alderen til en trebit der forholdet C-14 / C-12 er redusert til $0,4 / 1 \cdot 10^{12}$.



c) Vi skal bestemme tiden t som er gått fra antall C-14 atomer er redusert fra 1 til 0,4. Vi har oppgitt halveringstida og kjenner følgelig også desintegrasjonskonstanten.

Vi bruker $N/N_0 = e^{-\lambda t}$

$$t=0: N_0$$

$$t=t \quad N = 0,4 N_0$$

Det vil si: $0,4 / 1 = e^{-\lambda t}$ - og vi skal finne tiden t .

Vi bestemmer desintegrasjonskonstanten λ fra den oppgitte halveringstida:

$$\ln 2 = \lambda \cdot T_{1/2} \rightarrow \lambda = \ln 2 / T_{1/2} = 0,693 / 5720 \text{ år} = 1,2118 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$$

$$0,4 / 1 = 0,4 = e^{-\lambda t}$$

$$\ln 0,4 = -\lambda \cdot t \rightarrow t = -\ln 0,4 / 1,2118 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$$

$$\underline{t = 7561,4 \text{ år}}$$

FASIT oppgave 4

Gammastråling vekselvirker med materie på forskjellige måter.

- a) *Hvilken vekselvirkningsmekanisme dominerer ved lave fotonenergier?*
 - b) *Hvilken vekselvirkningsmekanisme dominerer ved høye fotonenergier?*
 - c) *Hvilken vekselvirkningsmekanisme dominerer ved midlere fotonenergier?*
 - d) *Angi energigrensene henvist til i spørsmål a)-c).*
-

Fotoelektrisk effekt (< 100 keV)

Compton effekt (100 keV – 10 MeV)

Pardannelse (> 10 MeV)

FASIT oppgave 5

5. *Til beskyttelse mot ioniserende stråling (f.eks fra røntgenapparater) brukes ofte blyplater. Strålingen absorberes i følge Lambert's lov:*

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

a) *Forklar de ulike symbolene i formelen for Lambert's lov.*

b) *Hva menes med halveringstykkelse?*

c) *Beregn halveringstykkelsen for bly som i en tykkelse av 0,84 mm slipper gjennom 20% av strålingen fra et røntgenapparat med en fast bølgelengde λ .*

a) I = intensiteten ved veilengden x (dybden når veilengden er rettlinjert) i et gitt medium

I_0 = intensiteten ved dybde 0 i det samme mediet

μ = lineær energi absorpsjonskoeffisient ($\mu = \mu_f + \mu_c + \mu_p$)

x = strålingens veilengde gjennom mediet (dvs dybden når vegen er rettlinjert)

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

c) Har oppgitt at

$x = 0$	I_0
$x = 0,84 \text{ mm}$	$I = 0,2 I_0$

Bruker Lambert's lov til å beregne μ (lineær energi absorpsjonskoeffisient) ut fra disse opplysningene:

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

$$\rightarrow \ln I/I_0 = -\mu x$$

$$\rightarrow \ln (0,2I_0 / I_0) = -\mu \cdot x$$

$$\rightarrow \mu = -\ln (0,2) / 0,84 \text{ mm} = -(-1,609438) / 0,84 = \mathbf{1,92 \text{ mm}^{-1}}$$

Finner halveringstykkelsen

$$\ln 2 = \mu \cdot x_{1/2}$$

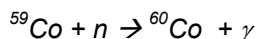
$$\rightarrow x_{1/2} = \ln 2 / \mu = 0,693 / 1,92 \text{ mm}$$

$$\mathbf{\underline{X_{1/2} = 0,36 \text{ mm}}}$$

Fys 1010 Miljøfysikk FASIT Oppgavesett 3

FASIT oppgave 4

Isotopen Co-60 dannes i en reaktor ved å bestråle Co-59 med nøytroner:



Halveringstida for Co-60, $T_{1/2} = 5,3$ år

Anta at vi bestråler med nøytroner inntil aktiviteten av Co-60 er 1 Ci.

Hvor mange Co-60 atomer har vi da i prøven?

Vi veit at aktiviteten til en radioaktiv kilde er gitt ved $A = \lambda \cdot N$

Vi skal finne N; og setter $N = A / \lambda$

Vi har fått oppgitt aktiviteten: $A = 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq og trenger kun å finne λ før vi kan beregne N.

Ettersom vi har oppgitt halveringstida ($t_{1/2} = 5,3$ år) beregner vi desintegrasjonskonstanten λ på standard måte:

$$\begin{aligned} \ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2} &\rightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2} = \ln 2 / 5,3 \cdot (365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) = \ln 2 / (5,3 \text{ år} \cdot 3,15 \cdot 10^7 \text{ sek/år}) \\ &= \ln 2 / 1,67 \cdot 10^8 \text{ sek} \\ &= 0,693 / 1,67 \cdot 10^8 \text{ sek} \\ &= \underline{4,15 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}} \end{aligned}$$

MERK: må gjøre om tida til sekunder etter som aktiviteten i Bq inngår i uttrykket!

Har nå både λ og A og kan følgelig finne N fra formelen $N = A / \lambda$.

$$\underline{\underline{\text{Antall atomer Co-60 i prøven: } N = A / \lambda = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} / 4,15 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1} = 8,92 \cdot 10^{18}}}$$

FASIT oppgave 5

I løpet av et år mottar en arbeider følgende stråling:

- 5 mGy fra α -partikler til lungene
- 100 mGy fra β -partikler til skjoldbruskkjertelen
- 16 mGy i uniform helkroppsdose fra ekstern γ -kilde

Hva er den totale effektive dosen til denne arbeideren?

$$\text{Effektiv dose} = \sum D \cdot w_R \cdot w_o$$

Tabell i boka: w_o lunge = 0,12
 w_o skjoldbruskkjertel = 0,05

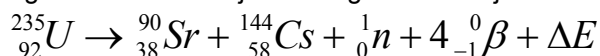
$w_R = 1$ for β og γ

$w_R = 20$ for α

$$\underline{\underline{\text{Total effektiv dose} = 5 \text{ mGy} \cdot 20 \cdot 0,12 + 100 \text{ mGy} \cdot 1 \cdot 0,05 + 16 \text{ mGy} \cdot 1 \cdot 1 = 33 \text{ mSv}}}$$

FASIT oppgave 6

Fisjonerings av U-235 kan skje ved følgende reaksjonslikning:



Nyttige kjerne og nukleonmasser:

m (U-235): 234,9934 amu

m (Sr-90): 89,8869 amu

m (Cs-144): 143,8817 amu
m (n): 1,00867 amu
m(β)=m(e^-): 0,00055 amu

Avogadrostill $N_A = 6,022045 \cdot 10^{23}$ atomer pr. mol
Lydhastigheten $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

- a) Finn massedefekten for fisjonsreaksjonen i gram pr. mol U-235.
b) Finn massedefekten i gram pr. gram U-235.
c) Finn fisjonsenergien som frigis når ett gram U-235 fisjonerer.

Vi finner massedefekt pr mol og innfører gram isf amu:

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

Massedefekten i gram (pr mol U-235)

$$\begin{aligned} \Delta m &= m(R) - \sum m(P_i) \\ &= m(U) - m(Sr) - m(Cs) - m(n) - 4 \cdot m(e) \\ &= 234,9934 - 89,8869 - 143,8817 - 1,00867 - 4 \cdot 0,00055 \\ &= \underline{\underline{0,2139 \text{ g pr. mol U-235}}} \end{aligned}$$

Kjernemassen til 1 mol U-235 = 234,9934 g

Massedefekten pr gram reaktant (dvs pr gram U-235):

$$\begin{aligned} \Delta m &= 0,2139 / 234,9934 \text{ g / g U-235} \\ &= \underline{\underline{9,102 \cdot 10^{-4} \text{ g / g U-235}}} \end{aligned}$$

Fisjonsenergien pr gram U-235

$$\begin{aligned} E &= \Delta m \cdot c^2 \\ &= 9,102 \cdot 10^{-7} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ J/kg} \\ \underline{\underline{E}} &= \underline{\underline{8,19 \cdot 10^{10} \text{ J}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c^2 &= (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ \text{m}^2/\text{s}^2 &= \text{m}^2/\text{s}^2 \cdot \text{kg}/\text{kg} \\ &= \text{J} \cdot 1/\text{kg} \\ c^2 &= 9 \cdot 10^{16} \text{ J/kg} \quad (= 9 \cdot 10^{13} \text{ J/g}) \end{aligned}$$

Energiproduksjon pr gram reaktant:

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