

Fasit til tredje radiokjemikollokvium

Oppdatert per 15. november 2004

Oppgave 16

Vi har fått oppgitt følgende:

$$\frac{N_{238}}{N_{235}} = X = 138 \quad \text{og} \quad \frac{N_{238}^0}{N_{235}^0} = X_0 = 1$$

Da må

$$\frac{N_{238}}{N_{235}} = \frac{N_{238}^0 e^{-\lambda_{238}t}}{N_{235}^0 e^{-\lambda_{235}t}}$$

som vi kan skrive som

$$X = X_0 \frac{e^{-\lambda_{238}t}}{e^{-\lambda_{235}t}} = X_0 e^{(\lambda_{235} - \lambda_{238})t}$$

Løser vi mht t får vi at $t = 5,938 \times 10^9$.

Oppgave 17

$\rho(\text{mantel}) = 5000 \text{ kg/m}^3$, 2% kalium gir 100 kg/m^3 i mantelen.

$\rho(\text{skorpe}) = 3300 \text{ kg/m}^3$, 2% kalium gir 66 kg/m^3 i skorpen.

Volum ut til toppen av det flytende laget (radius 3471 km) er $\frac{3}{4} \pi r^3 = 1,7417 \times 10^{11} \text{ km}^3$.

Volum ut til toppen av mantelen (radius 6354 km) er $1,0746 \times 10^{12} \text{ km}^3$.

Volumet av mantelen blir da $8,9939 \times 10^{11} \text{ km}^3$.

Volumet av skorpen finner vi på samme måte til å være $8,6069 \times 10^9 \text{ km}^3$

Kalium i mantlen: $8,9939 \times 10^{20} \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 8,9939 \times 10^{22} \text{ kg}$.

Kalium i skorpen: $8,6069 \times 10^{18} \text{ m}^3 \times 66 \text{ kg/m}^3 = 5,6806 \times 10^{20} \text{ kg}$.

Totalt $9,0507 \times 10^{22} \text{ kg}$ kalium.

0,0117% er radioaktivt ^{40}K , dvs. $1,0589 \times 10^{22} \text{ g}$.

$$\text{Antall } ^{40}\text{K} \text{ kjerner: } \frac{1,5937 \cdot 10^{44} \text{ atomer}}{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,5937 \cdot 10^{44} \text{ atomer}$$

Desintegrasjonshastigheten, $A = \lambda N$, blir da $8,6302 \times 10^{34}$ desintegrasjoner per år.

10,7% av disse forårsaker utsendelse av 1460 keV γ -kvant, dvs. $9,234 \times 10^{33}$ γ -kvanter. Dette gir $1,3482 \times 10^{34} \text{ MeV/år}$, som tilsvarer $2,16 \times 10^{21} \text{ J/år}$.

89,3% sender ut β -partikler med $E_{\beta, \text{max}}$ lik 1312 keV. I gjennomsnitt vil 1/3 følge β -partiklen, tilsvarende 0,4373 MeV. $7,7066 \times 10^{34}$ β -partikler sendes ut per år, dette gir $3,370 \times 10^{34} \text{ MeV/år}$, tilsvarende $5,40 \times 10^{21} \text{ J/år}$.

Totalt forårsaker ^{40}K i jordens mantel og skorpe en oppvarming på $7,56 \times 10^{21} \text{ J/år}$, som tilsvarer 0,24% av varmen som tilføres fra solen.

Oppgave 18

a) En radionuklidegenerator ("isotopgenerator").

b) $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

$$A_2 = \lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_1 (1 - e^{-\lambda_2 t}) = A_1 (1 - e^{-\lambda_2 t}) \quad (\text{inngroingsformelen})$$

Halveringstiden for datteren, ^{222}Rn , er 3,825 dager og inngroingstiden er 2 døgn, da blir $A_1 = 5,55 \times 10^4 \text{ MBq}$ (regnet om fra 1,5 Ci) og inngroingsfaktoren 0,304, aktiviteten til ^{222}Rn blir derfor $1,687 \times 10^4 \text{ MBq}$.

c) $1,687 \times 10^4 \text{ MBq}$ tilsvarer $8,0433 \times 10^{15}$ ^{222}Rn atomer.

Volumet blir da:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{8,044 \cdot 10^{15} \text{ atomer} \cdot 298 \text{ K} \cdot 0,08206 \frac{\text{Latm}}{\text{molK}}}{1 \text{ atm}} = 3,2668 \cdot 10^{-7} \text{ L}$$

Oppgave 19

13,98 millioner år gammel.

Oppgave 20

a) Nøytronaktivering av Al gir ^{28}Al , som har $T^{1/2} = 2,246$ minutter.

n-aktivering av In gir to radioaktive isotoper: ^{114}In og ^{116}In , begge har metastabile tilstander:

	Tversnitt (barn)	$T_{1/2}$	
^{114m}In	8,5	49,5 d	Populerer stort sett grunntilstanden, siden ruten er nesten helt hvit.
^{114g}In	3,9	71,9 s	
$^{116m1}\text{In}$	88	2,2 s	Populerer tilstanden m_2 , siden ruten er helt hvit.
$^{116m2}\text{In}$	73 (+88)=161!	54 m	Populerer <i>ikke</i> grunntilstanden, siden ruten er helt blå.
^{116g}In	44	14 s	

Siden det er mest ^{115}In (95,7 vekt-%) er denne i utgangspunktet mest gunstig, den har dessuten de største tversnittene. Den metastabile tilstanden m_2 har halveringstid i korteste laget, så vi ser bort fra denne. Imidlertid vil den populære tilstand m_1 , slik at det totale tversnittet blir $88+73 = 161$ barn for å danne tilstanden m_1 i ^{116}In .

Det samme gjelder *ikke* for dannelsen av grunntilstanden i ^{114}In , siden den metastabile tilstanden er mye lengre enn grunntilstandens halveringstid! Det som dannes av grunntilstanden vil for lengst ha desintegrert før ytterligere kjerner dannes pga. deeksitasjon av den metastabile tilstanden.

b) Vi må eliminere aktiviteten fra ^{28}Al . Dette kan vi gjøre på to måter: Enten bestråle prøven

så raskt at relativt lite Al-aktivitet dannes - da må vi måle på en meget kortlivet isotop av In - eller bruke en langlivet isotop av In og simpelthen vente med å måle til all Al-aktiviteten har død ut (ca. 25 minutter). Det siste er enklest, men tar lengre tid og vil også gjøre prøven radioaktiv i lang tid etterpå på grunn av 49,5 dagers halveringstiden til ^{114m}In . Videre i oppgaven har vi derfor valgt å prøve en 14-sekunders bestrålingstid (dvs. 50% inngroing av ^{116}In i grunntilstanden). Vi må derfor velge å *ikke* benytte en nedkjølingsperiode før prøven måles.

c) 1,104 MBq

d) 43,413 MBq

e) Under forutsetning av at bestrålingstiden er 14 sekunder: Hvis aktiviteten til ^{116}In er x , så må x være slik at $x/10 \leq 43,4$ MBq. Da må $x = 434$ MBq og minste mengde In som kan bestemmes er derfor $434 \text{ MBq} / 0,1104 \text{ MBq}/\mu\text{g} = 3,9$ mg.

Oppgave 21

Pasientens blodvolum er 4,7 L.