

RADIOAKTIVNOST

1. Koliko jeder razpade v 1 sekundi v 5 mg radioaktivnega iridija ^{192}Ir in koliko jeder še ostane po 30 dnevih? Razpolovni čas iridija ^{192}Ir je 75 dni.
2. Radioaktivni preparat je sestavljen iz dveh radioaktivnih elementov. Aktivnost prvega, ki ima razpolovni čas 2,5 dni, je $1,48 \cdot 10^8 \text{ Bq}$, aktivnost drugega, ki ima razpolovni čas 8 dni, pa $3,7 \cdot 10^7 \text{ Bq}$. Kdaj bosta aktivnosti obeh elementov enaki? Kolikšna bo tedaj skupna aktivnost preparata?
3. Preparat stroncija je sestavljen iz stabilnega in radioaktivnega izotopa ^{89}Sr , ki ima razpolovni čas 51 dni. Specifična aktivnost preparata (aktivnost na enoto mase A/m) je $5 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1} \text{ kg}^{-1}$. Določi razmerje med maso radioaktivnega in stabilnega izotopa v preparatu. Dodatno: Čez koliko časa se bo to razmerje zmanjšalo za 10 %?

m_1 je masa neradioaktivnega izotopa, m_2 pa masa radioaktivnega:

$$a = A/m = \lambda N_2 / (m_1 + m_2)$$

Velja: $\lambda = \ln 2 / T$ in $N_2 = m_2 N_A / M_2$

A in tudi a se spreminjata s časom kot $A = A_0 e^{-\ln 2 t / T}$. Po preureditvi dobimo

$$m_2 / m_1 = 1 / (N_A \ln 2 e^{\ln 2 t / T} / a_0 T M_2 - 1)$$

V začetku ($t=0$) je $m_2 / m_1(t=0) = 1 / (N_A \ln 2 / a_0 T M_2 - 1) = 4,9 \%$.

Iz pogoja, da je $m_2 / m_1(t') = 1 / (N_A \ln 2 e^{t' \ln 2 / T} / a_0 T M_2 - 1) = 0,9 m_2 / m_1(t=0)$ dobimo

$$t' = T / \ln 2 \cdot \ln \{ a_0 T M_2 / N_A \ln 2 \cdot [(N_A \ln 2 / a_0 T M_2 - 1) / 0,9 + 1] \} = 7,4 \text{ d}$$

4. Polonij ^{210}Po razpada z oddajanjem delcev α v svinec ^{206}Pb z razpolovnim časom 140 dni. Koliko kinetične energije odnese vsak delec α pri razpadu? Koliko kinetične energije odnesejo delci α iz 0,1 mg polonija v času 10 minut? Mase atomov ^{210}Po , ^{206}Pb in delca α , podane v masnih enotah, so 209,9829, 205,9745 in 4,0026.
5. Kolikšno največjo energijo imajo žarki β iz jedra ^3H , ki ima atomsko maso 3,01550 u, medtem ko ima nastalo jedro atomsko maso 3,01493 u? V kolikšnem času razpade 20 % jeder ^3H , če ima ta razpolovni čas 12,3 leta? Masa elektrona je 0,00055 u.
6. Radij ^{226}Ra razpada z razpolovnim časom 1600 let v ^{222}Rn , ki dalje razpada z razpolovnim časom 3,8 dni. Če zapremo 1 mg radija v cevko, se po 1 letu nabere toliko radona, da ga sproti nastaja prav toliko, kot ga razpada. Kolikšna je tedaj masa radona in kolikšna je njegova aktivnost?
7. Leta 1991 so v Alpah na meji med Italijo in Avstrijo našli zmrznjeno mumijo, ki so jo poimenovali Ötzi. Iz izmerjene aktivnosti ^{14}C ostankov mumije 0,131 Bq/g ogljika določi Ötzijevo starost. Aktivnost ^{14}C živih organizmov je 0,25 Bq/g ogljika. Razpolovni čas ogljika ^{14}C je 5730 let. R: 5300 let



1.

A 192
Z 77

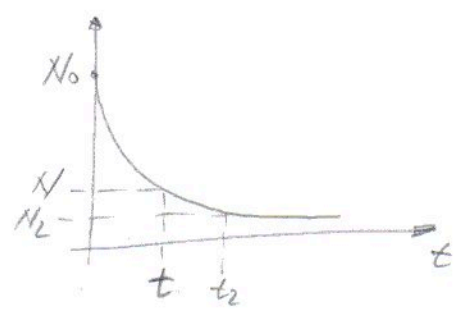
$t = 1s$

$m = 5mg = 5 \cdot 10^{-6} kg$

$t_2 = 30dni = 2,592 \cdot 10^6 s$

$t_0 = 75dni$

$\lambda = \frac{\ln 2}{t_0} = \frac{\ln 2}{75 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 s} = 1,06967 \cdot 10^{-7} s^{-1}$



$A_0 = \lambda \cdot N_0$

↑ it. jedu na zacku

$N_0 = \frac{m}{A} \cdot N_A$

$N_0 = \frac{5 \cdot 10^{-6} kg}{192 \cdot 10^{-3} kg} \cdot N_A \left[\frac{\text{atomer}}{\text{mol}} \right]$

$N_0 = 1,56826 \cdot 10^{19} \text{ atomer}$

$A_{00} = \lambda \cdot N_0$

$A_{00} = 1,06967 \cdot 10^{-7} s^{-1} \cdot 1,56826 \cdot 10^{19} \text{ at.}$

$A_{00} = 1,6992 \cdot 10^{12} \left[\frac{\text{atomer}}{s} \right] (Bg)$

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$N_{30dni} = 1,56826 \cdot 10^{19} \text{ at.} \cdot e^{-1,06967 \cdot 10^{-7} s^{-1} \cdot 2,592 \cdot 10^6 s}$

$N_{20} = 1,1885 \cdot 10^{19} \text{ atomer}$



2.

$$t_{01} = 2,5 \text{ dni}$$

$$A_{01} = 1,48 \cdot 10^7 \text{ Bg}$$

$$t_{02} = 8 \text{ dni}$$

$$A_{02} = 3,17 \cdot 10^7 \text{ Bg}$$

$$A_c = A_{c0} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{01}}}$$

$$A_{c1} = A_{c01} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{01}}}$$

$$A_{c2} = A_{c02} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{02}}}$$

$$A_{c1} = A_{c2}$$

$$A_{c01} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{01}}} = A_{c02} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{02}}} \quad / \ln$$

$$\ln A_{c01} - \frac{t}{t_{01}} \ln 2 = \ln A_{c02} - \frac{t}{t_{02}} \ln 2$$

$$\frac{t}{t_{02}} \ln 2 = \frac{t}{t_{01}} \ln 2 = \ln A_{c02} - \ln A_{c01}$$

$$t \left(\frac{\ln 2}{t_{02}} - \frac{\ln 2}{t_{01}} \right) = \ln \frac{A_{c02}}{A_{c01}}$$

$$t = \frac{\ln \frac{A_{c02}}{A_{c01}}}{\frac{\ln 2}{t_{02}} - \frac{\ln 2}{t_{01}}} = \boxed{7,373 \text{ dni}}$$

$$A_c = A_{c01} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{01}}} = \boxed{1,97 \cdot 10^7 \text{ Bg}}$$

$$A_{\text{cm}} = A_c \cdot 2 = \boxed{3,94 \cdot 10^7 \text{ Bg}}$$

Supra aktivnost



3.

$^{89}_{38}\text{Sr}$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_0}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$$t_0 = 51 \text{ dni}$$

$$m = m_1 + m_2$$

$$A_c = \lambda \cdot N$$

$$\frac{A}{m} = 5 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1} \text{ kg}^{-1} = a$$

$$\frac{A}{m} = \frac{\lambda \cdot N_2}{m_1 + m_2}$$

$$N_2 = \frac{m_2}{A} N_A$$

$$\frac{m_2}{m_1} = ?$$

$$\frac{A}{m} = \frac{\frac{\ln 2}{t_0} \cdot \frac{m_2 N_A}{A}}{m_1 + m_2} = \frac{\ln 2 \cdot m_2 N_A}{t_0 A (m_1 + m_2)}$$

$$a t_0 A m_1 + a t_0 A m_2 - \ln 2 m_2 N_A = 0$$

$$a t_0 A m_1 - m_2 (\ln 2 N_A - a t_0) = 0$$

$$a t_0 A m_1 = m_2 (\ln 2 N_A - a t_0)$$

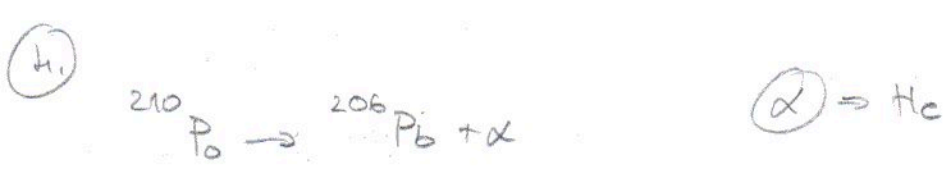
$$a t_0 A = \frac{m_2 (\ln 2 N_A - a t_0)}{m_1}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a t_0 A}{\ln 2 N_A - a t_0}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{5 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{kg} \cdot \text{s}} \cdot 51 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} \cdot 89 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\ln 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{\text{g}}{\text{mol}} - 5 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{kg} \cdot \text{s}} \cdot 51 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 99,48$$





$t_0 = 140 \text{ dni}$

$\Delta m = m_{\text{Po}} - (m_{\text{Pb}} + m_{\text{He}})$

$m_{\text{Po}} = 209,9829 \text{ u}$
 $m_{\text{Pb}} = 205,9745 \text{ u}$
 $m_{\text{He}} = 4,0026 \text{ u}$

$\Delta m = 0,0058 \text{ u}$

$W_0 = \Delta m c^2 = 8,656 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

$= 5,4 \text{ MeV}$ *n stupna energije!*

↓
 Eri je nekoliko Po in x

$m_{\text{Po}} \cdot v_1^2 = m_{\text{x}} \cdot v_2^2$

enke alle -
 druge ne
 druge

$W_0 = W_{\text{Po}} + W_{\text{x}}$

$W_{\text{x}} = \frac{m_{\text{x}} \cdot v_2^2}{2}$

$W_0 = \frac{m_{\text{Po}} \cdot v_1^2}{2} + \frac{m_{\text{x}} \cdot v_2^2}{2}$

$W_0 = \frac{m_{\text{Po}} \cdot v_1^2 + m_{\text{x}} \cdot v_2^2}{2}$

$W_0 = \frac{m_{\text{Po}} \cdot v_1^2 + m_{\text{x}} \cdot v_2^2}{2}$

$W_{\text{x}} = \frac{m_{\text{x}} \cdot v_2^2}{2} \left(\frac{m_{\text{x}}}{m_{\text{Po}}} + 1 \right) \Rightarrow W_{\text{x}} = \frac{W_0}{\frac{m_{\text{x}}}{m_{\text{Po}}} + 1}$

$m = 0,1 \text{ mg} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ g}$

$t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$

$W_{\text{x}} = 5,299681 \text{ MeV}$

$= 8,491 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

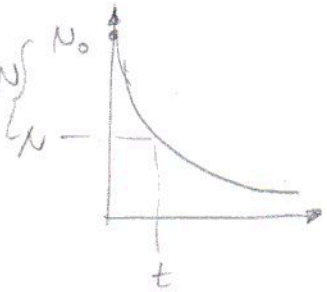
$W_{\text{x m}} = ?$

$N_0 = \frac{m}{A} \cdot N_A$

$N_0 = 2,86 \cdot 10^{17} \text{ atom.}$

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$

$\Delta N = N_0 - N$

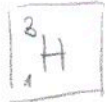


$\Delta N = N_0 - N_0 2^{-\frac{t}{t_0}} = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{t_0}} \right) = \frac{m}{A} N_A \left(1 - 2^{-\frac{t}{t_0}} \right)$

$\Delta N = 9,8596 \cdot 10^{12} \text{ atom.} \quad W_{\text{x,12}} = 3,37 \text{ J} = 5,22 \cdot 10^{19} \text{ eV}$



5.



$$m_H = 3,01550 \text{ u}$$

$$m_{He} = 3,01493 \text{ u}$$

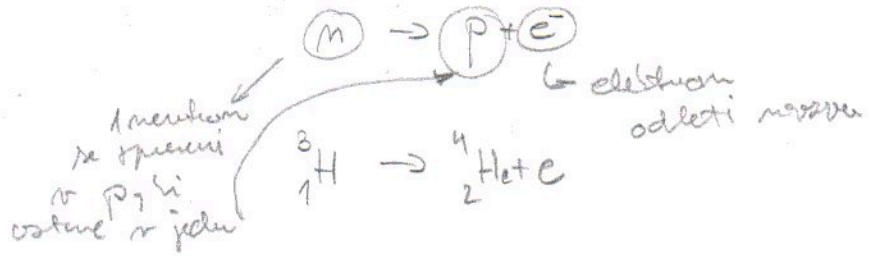
$$t_{10\%} = ?$$

$$t_0 = 12,3 \text{ leta}$$

$$W_\beta = ?$$

$$m_e = 0,00055 \text{ u}$$

β rozpad



$$\Delta m = m_H - (m_{He} + m_e)$$

$$\Delta m = 3,01550 \text{ u} - (3,01493 \text{ u} + 0,00055 \text{ u})$$

$$\Delta m = 0,00002 \text{ u}$$

$$W = \Delta m c^2 = 2,9848 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

$$= 0,018629 \text{ MeV}$$

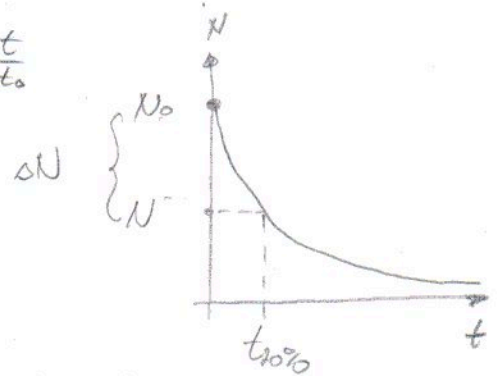
$$A_c = \lambda \cdot N$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_0}$$

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$$t_{20\%} = ?$$

$$N_0 = \frac{m_H}{A} \cdot N_A$$



$$\Delta N = 0,2 N_0$$

$$N = 0,8 N_0$$

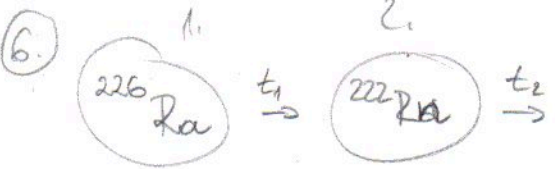
$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$$\frac{0,8 \cdot \frac{m_H}{A} \cdot N_A}{A} = \frac{m_H N_A}{A} \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

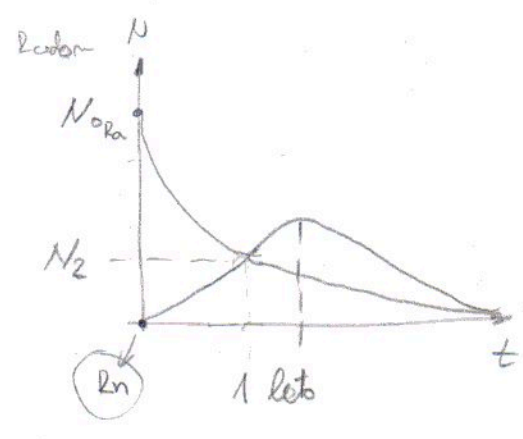
$$\ln 0,8 = -\frac{t}{t_0} \cdot \ln 2$$

$$\frac{\ln 0,8}{\ln(\frac{1}{2})} = \frac{t}{t_0} \Rightarrow t = \frac{t_0 \ln 0,8}{\ln(\frac{1}{2})} = \frac{12,3 \text{ let} \cdot \ln(\frac{4}{5})}{\ln(\frac{1}{2})} = 3,9597 \text{ let}$$





$t_{\text{Ra}} = 1600 \text{ let}$
 $t_{\text{Rn}} = 3,8 \text{ dni}$
 $m_{\text{Ra}} = 1 \text{ mg} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ g}$
 $t = 1 \text{ leto}$



$m_{\text{Rn}} = ?$
 $A_{\text{Ra}} = ?$

$A_{\text{Ra}} = A_{\text{Rn}}$
 $\lambda_1 \cdot N_1 = \lambda_2 \cdot N_2$
 $\lambda = \frac{\ln 2}{t_0}$

$N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}} = \frac{m_{\text{Ra}}}{A} \cdot N_A \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$

$\frac{m_{\text{Ra}}}{A} \cdot N_A \cdot \frac{\ln 2}{t_{\text{Ra}}} = \frac{\ln 2}{t_{\text{Rn}}} \cdot N_2$ → isčleno

$\Rightarrow N_2 = \frac{m_{\text{Ra}} \cdot N_A \cdot \ln 2 \cdot t_{\text{Rn}}}{A \cdot \ln 2 \cdot t_{\text{Ra}}} = 1,73386 \cdot 10^{13} \text{ atomov}$

$N_2 = \frac{m_{\text{Rn}}}{A} \cdot N_A \Rightarrow m_{\text{Rn}} = \frac{N_2 \cdot A}{N_A} = \boxed{6,39168 \cdot 10^{-9} \text{ kg}}$



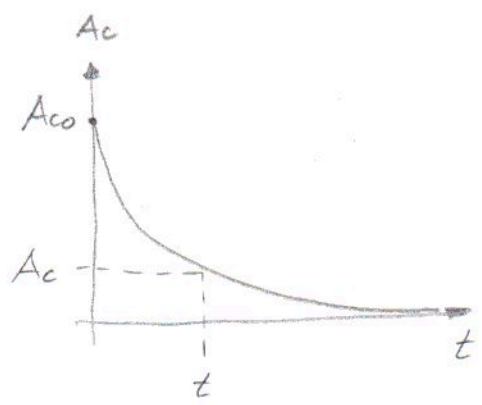
7. ¹⁴C

$$A_c = 0,131 \text{ Bq/g}$$

$$A_{c_{\text{zivih}}} = 0,25 \text{ Bq/g} - A_{c_0}$$

$$t_{0c} = 5730 \text{ let}$$

t = ?



$$A_c = A_{c_0} \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$$\ln\left(\frac{A_c}{A_{c_0}}\right) = \frac{t \ln 2}{t_0} \Rightarrow t = \frac{\ln\left(\frac{A_c}{A_{c_0}}\right) \cdot t_0}{\ln\left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$t = 5342,43 \text{ let} \approx \boxed{5300 \text{ let}}$$

