

Jedro, masni defekt, vezavna energija

Vprašanja:

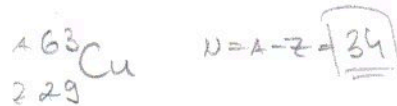
- Razporedi delce po njihovi masi, začenši s tistim, ki ima največjo maso:
 - devterij
 - devteron
 - elektron
 - nevtron
 - proton
 - atom ${}^6\text{C}^{12}$
- Kaj je večje: atom vodika ali jedro ${}_{92}\text{U}^{235}$?
- Kaj ima večjo maso: 2 protona in 2 nevtrona ali delec α (jedro ${}^4_2\text{He}$)?
- Katero jedro je vezano močneje: ${}_{26}\text{Fe}^{58}$ ali ${}_{92}\text{U}^{235}$?
- Kateri od načinov pridobivanja energije je bolj razširjen: fisija ali fuzija?
- Zapiši simbol (v obliki ${}_Z\text{X}^A$) za nuklid s 25 protoni in 30 nevtroni. Kateremu elementu pripada?
- Zapiši simbol (v obliki ${}_Z\text{X}^A$) za izotop kalija z 21 nevtroni.
- Koliko nevtronov ima nuklid Cl^{35} ?
- Koliko protonov in nevtronov ima nuklid Xe^{136} ?

Naloga:

- Kolikšna sta masni defekt in vezavna energija jedra ter specifična vezavna energija na nukleon za jedro bakra? Masa bakrovega atoma ${}^{63}\text{Cu}$ je 62,929601 u, masa protona 1,007276 u, masa nevtrona 1,008579 u in masa vodika ${}^1_1\text{H}$ je 1,007825 u. (8,7 MeV)

$$\Delta m = ?$$

$$W_b = ?$$



$$m_{\text{Cu}} = 62,929601 \text{ u}$$

$$m_p = 1,007276 \text{ u}$$

$$m_n = 1,008579 \text{ u}$$

$$m_H = 1,007825 \text{ u}$$

$$\Delta m = Z \cdot m_H + N \cdot m_n - m_{\text{Cu}}$$

$$\Delta m = (29 \cdot 1,007825 + 34 \cdot 1,008579 - 62,929601) \text{ u}$$

$$\Delta m = 0,58901 \text{ u}$$

$$W_b = \Delta m \cdot c^2$$

$$W_b = 0,58901 \text{ u} \cdot (300 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2$$

$$W_b = 8,79049 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$W_b = 548,659473 \text{ MeV}$$

$$W_{\text{ndk.}} = \frac{W_b}{A} = \frac{548,659473 \text{ MeV}}{63} = 8,7088 \text{ MeV}$$



RADIOAKTIVNOST

Animacije:

1. Na strani <http://www.walter-fendt.de/ph14d/zerfallsgesetz.htm> opazuj, kako radioaktivna jedra naključno razpadajo (rdeče pike postajajo črne). Z gumbom pavza/naprej (Pause/Weiter) lahko postopek prekineš in znova poženeš. Na diagramu je prikazan delež še živih jeder v odvisnosti od časa, ki je podan z vrednostmi razpolovnega časa T .
2. Primeri radioaktivnih razpadov:
 - a) razpad α : <http://ie.lbl.gov/education/glossary/AnimatedDecays/AlphaDecay.html>
 - b) razpadi β : http://ie.lbl.gov/education/glossary/TopFrame/beta_decay.htm
 - c) razpad γ : <http://ie.lbl.gov/education/glossary/AnimatedDecays/GammaDecay.html>
3. Na strani <http://library.thinkquest.org/17940/texts/java/Reaction.html> izberi začetno število jeder urana ${}_{92}\text{U}^{235}$ (rumeni delci) in absorberja (drsnik, roza delci), ki zmanjšujejo število nevtronov. Opazuj, kako se zaradi cepitev jeder ${}_{92}\text{U}^{235}$ zmanjšuje njihovo število in kako se večja število razcepnih produktov (modri delci).

Vprašanja:

1. Merilnik zaznava delce, ki nastajajo ob radioaktivnem razpadu vira. Ko se od vira oddaljimo 5 cm, merilnik več ne zaznava delcev.
 - a. Kakšne delce seva vir?
 - b. Kam bi se odklonili izsevani delci, če prečno na smer njihovega gibanja usmerimo električno polje?
2. Merilnik zaznava delce, ki nastajajo ob radioaktivnem razpadu vira. Ko se od vira oddaljimo 3 m, merilnik še vedno zaznava veliko delcev.
 - a. Kakšne delce seva vir?
 - b. Kam bi se odklonili izsevani delci, če prečno na smer njihovega gibanja usmerimo električno polje?
3. Koliko radioaktivnih jeder še ostane živih po 10 min, pol ure in 1 uri, če je razpolovni čas jeder 10 min in je bilo v začetku v vzorcu 8000 jeder? Glej 1. animacijo!
 $10 \text{ min} = 4000$, $30 \text{ min} = 1000$, $60 \text{ min} = 125$
4. Koliko delcev α je izseval radioaktivni vir v 30 minutah, če je bilo v začetku v vzorcu 8000 jeder? Razpolovni čas vira je 10 min.
 $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$ 1000 jeder

Naloge:

1. V treh dneh razpade 87,5 % radioaktivnega izotopa. Določi njegov razpolovni čas? (1 dan)
2. Radioaktiven izotop z atomskim številom $A=200$ ima maso $m_0=1$ mg. Izotop seva delce α . Njegova razpadna konstanta je $\lambda=10^{-8} \text{ s}^{-1}$. Nastali izotop je stabilen. Kolikšna je masa izotopa po $t=10$ letih? (0,98 g)



✓ 3. Aktivnost radioaktivnega preparata natrijevega izotopa $^{24}_{11}\text{Na}$ znaša $4,9 \cdot 10^{12}$ Bq. Razpolovni čas za $^{24}_{11}\text{Na}$ je 15 h.

✓ a) Kolikšna je masa natrijevega izotopa v preparatu? ($1,53 \cdot 10^{-8}$ kg)

✓ b) Kolikšna masa natrijevega izotopa $^{24}_{11}\text{Na}$ razpade v 1 dnevu? ($1,023 \cdot 10^{-8}$ kg)

✓ c) Po kolikšnem času se aktivnost radioaktivnega preparata zmanjša za 10 %? (2,28 h)

✓ 4. V radioaktivnem preparatu je $m_1=0,1$ μg kroma ^{51}Cr z razpolovnim časom $t_1=27,8$ dni in $m_2=0,5$ μg železa ^{59}Fe z razpolovnim časom $t_2=45$ dni.

✓ a) Kolikšna je aktivnost preparata? ($12,5 \cdot 10^8$ Bq)

✓ b) Kolikšna bo aktivnost preparata čez $t=20$ dni? ($8,8 \cdot 10^8$ Bq)

✓ 5. Ogljikove spojine na Zemlji vsebujejo izotopa ^{14}C in ^{12}C v stalnem razmerju 1:10¹². Živi organizmi, ki vsrkavajo te spojine, imajo enako razmerje the izotopov. V mrtvih organizmih pa razpada izotop ^{14}C z razpolovnim časom 5730 let. Določi starost mumije, v kateri je omenjeno razmerje enako $0,65:10^{12}$. (3500 let)

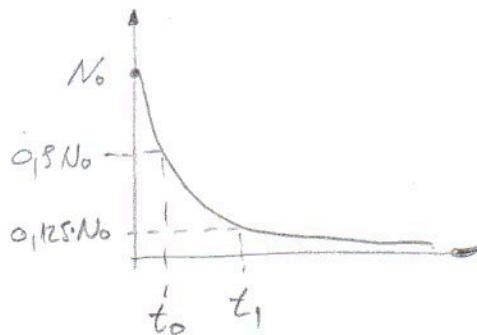
6. Kolikšno največjo energijo lahko imajo elektroni, nastali pri razpadu β nevtrona? Masa protona je 1,007276 u, masa nevtrona 1,008579 u, masa elektrona pa 0,000549 u. V kolikšnem času razpade petina prostih nevtronov? Razpolovni čas prostega nevtrona je 12,9 min? (0,7 MeV, 4,2 min)



1.

$t_1 = 3 \text{ dni}$ 87,5%

$t_0 = ?$



$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$ $N = 0,125 N_0$

$0,125 N_0 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$

$\ln 0,125 = \frac{t}{t_0} \ln \frac{1}{2} \Rightarrow t_0 = \frac{t \ln 2}{\ln 0,125} = \boxed{1 \text{ dan}}$

2.

$A = 200$

$m_0 = 1 \text{ mg} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ g}$

$\lambda = 1 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$

$t = 10 \text{ let}$

$m_{10 \text{ let}} = ?$



$t_0 = \frac{\ln 2}{\lambda} = \boxed{2,198 \text{ let}}$

$N_0 = \frac{m_0}{A} \cdot N_A = \boxed{3,011 \cdot 10^{18} \text{ atoma}}$

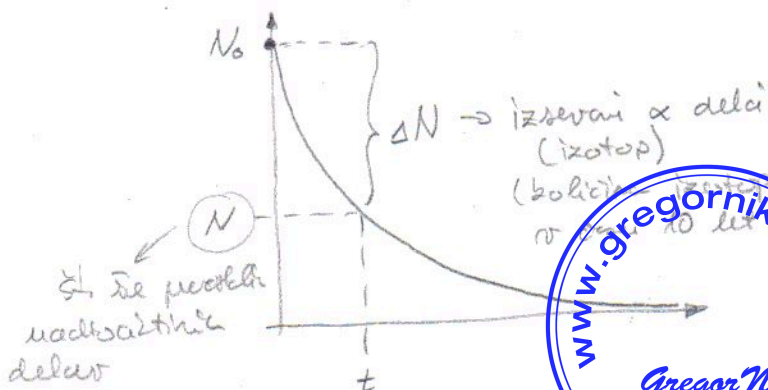
$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}} = 1,286 \cdot 10^{18} \text{ atoma}$

$m_{10 \text{ let}} = m_0 - (N_0 - N) \cdot m_\alpha$

$m_{10 \text{ let}} = 0,98 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$

$m_{10 \text{ let}} = \boxed{0,98 \text{ mg}}$

$\Delta N = N_0 - N = \boxed{2,8825 \cdot 10^{18} \text{ atoma}}$

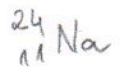


www.gregornikolic.com

Gregor N

Gregor Nikolic
nikolic.gregor@gmail.com
051/636-239

3.



$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_0} = 1,2836 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

a) $A_c = \lambda \cdot N$

$A_{c\text{Na}} = 4,9 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$

$t_{0\text{Na}} = 15 \text{ h}$

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

$$A_c = \lambda \cdot \frac{m}{A} \cdot N_A$$

$$m = \frac{A_c A}{\lambda N_A} = \frac{A_c \Delta t_0}{\ln 2 N_A}$$

$$m = \frac{4,9 \cdot 10^{12} \text{ Bq} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{mol}} \cdot 54 \cdot 10^3 \text{ s}}{\ln 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,521 \cdot 10^{-8} \text{ g}$$

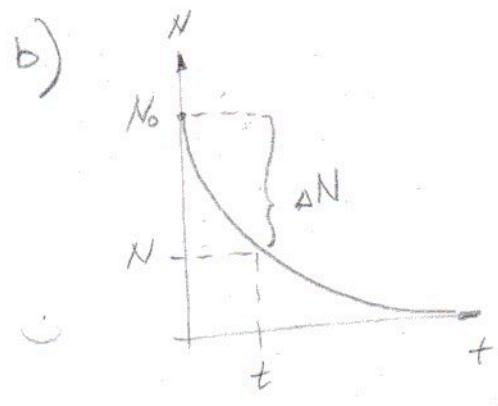
$m = \boxed{1,52 \cdot 10^{-8} \text{ kg}}$

a) $m = ?$

b) $\Delta m_{1 \text{ dan}} = ?$

c) $t = ?$

$A_c = 0,9 A_{c0}$



$$\Delta N = N_0 - N$$

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

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

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

$$\Delta m = m \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{t_0}}\right) = \boxed{1,01948 \cdot 10^{-8} \text{ kg}}$$

e) $t = ?$

$A_c = 0,9 A_{c0}$

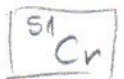
$$A_c = A_{c0} \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$$0,9 A_{c0} = A_{c0} \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$$\ln 0,9 = \frac{t}{t_0} \cdot \ln \frac{1}{2} \Rightarrow t = \frac{\ln 0,9 \cdot t_0}{\ln \frac{1}{2}} = \boxed{2,28 \text{ h}}$$

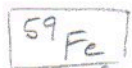


4.



$m_1 = 0,11 \mu\text{g} = 0,11 \cdot 10^{-6} \text{g}$

$t_1 = 27,8 \text{ dni}$



$m_2 = 0,5 \mu\text{g} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{g}$

$t_2 = 45 \text{ dni}$

$A_c = A_{c1} + A_{c2}$

$A_c = \lambda_1 \cdot N_1 + \lambda_2 \cdot N_2$

$A_c = \frac{\ln 2}{t_1} \cdot \frac{m_1 N_A}{A_1} + \frac{\ln 2}{t_2} \cdot \frac{m_2 N_A}{A_2}$

$A_c = \ln 2 N_A \left(\frac{m_1}{t_1 A_1} + \frac{m_2}{t_2 A_2} \right)$

$A_c = 12,51 \cdot 10^8 \text{ Bq}$

a) $A_c = ?$

b) $A_{c20 \text{ dni}} = ?$

$t = 20 \text{ dni}$

$A_c = A_{c01} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{01}}} + A_{c02} \cdot 2^{-\frac{t}{t_{02}}} = 8,7557 \cdot 10^8 \text{ Bq}$

5.

živi organizmi:

Muzičin

$^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$
 $1 : 10^{12}$

$^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$
 $0,65 : 10^{12}$

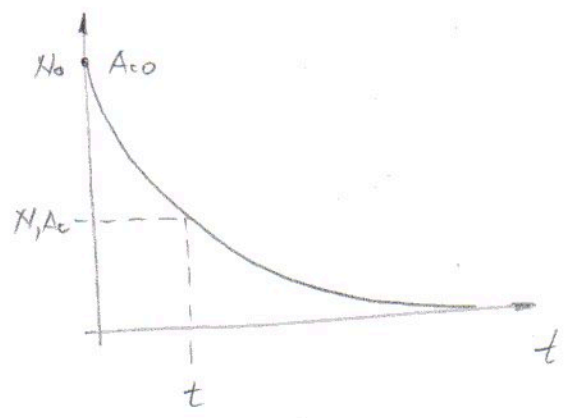
$t_0 = 5730 \text{ let}$

$t = ?$

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

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

$N = \frac{m N_A}{A} \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$



$N = 0,65 N_0$

$0,65 N_0 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}}$

$\ln 0,65 = \frac{t}{t_0} \ln \frac{1}{2}$

$\Rightarrow t = \frac{\ln 0,65 \cdot t_0}{\ln \frac{1}{2}} = 2561,13 \text{ let}$

$= 2500 \text{ let}$

www.gregornikolic.com
Gregor Nikolić
nikolic.gregor@gmail.com
051/636-239

6.

(elektron)

$\beta \rightarrow$ neutron u jezici se pretvori u proton

$$m_p = 1,007276u$$

$$m_n = 1,008665u$$

$$m_e = 0,000548u$$

$$t_0 = 12,9 \text{ min}$$



$$\Delta m = m_p - (m_n + m_e)$$

$$\Delta m = 0,000754u$$

$$W = \Delta m \cdot c^2 = 1,125 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$= 0,702346 \text{ MeV}$$

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

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

$$A_c = \lambda \cdot N_0 \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_0}$$

$$N = \frac{1}{5} N_0$$

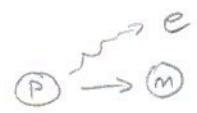
$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{t_0}}$$

$$\frac{1}{5} N_0 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_2}{t_0}}$$

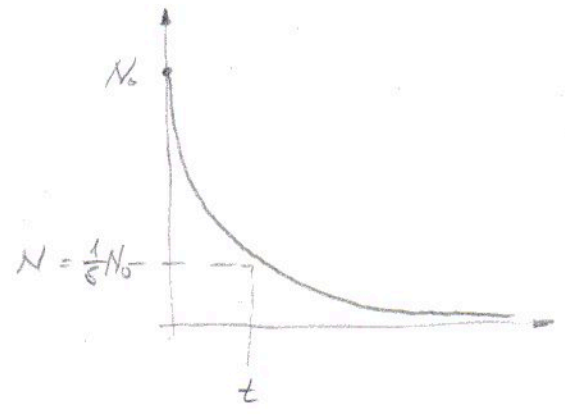
$$\frac{5}{2} = \frac{2}{2^{-\frac{t_2}{t_0}}} \Rightarrow 10^{-\frac{t_2}{t_0}} = 4^{-\frac{t_1}{t_0}}$$

$$\frac{t_2}{t_0} \ln \frac{1}{10} = \ln 4 \cdot \frac{t_1}{t_0}$$

$$t_2 = \frac{\ln 4 \cdot t_1}{\ln \frac{1}{10}}$$



Proton prelazi u neutron i osloba en elektron.



2