

**FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA NOVI SAD**  
**UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA**  
**ZADACI DRUGOG TERMINA ZA II KOLOKVIJUM IZ TEHNIČKE FIZIKE**

*OPŠTI PODACI:*

*Brzina svetlosti u vakuumu:*  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;

*Elektron volt:*  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ;

*Avogadrov broj:*  $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;

*Pref. mer. jed.:* c(centi)= $10^{-2}$ , m(mili)= $10^{-3}$ ,  $\mu$ (mikro)= $10^{-6}$ , n(nano)= $10^{-9}$ , k(kilo)= $10^3$ , M(mega)= $10^6$ .  
 $1 \text{ g(gram)} = 10^{-3} \text{ kg}$

1. Preparat radioaktivnog izvora plutonijuma  ${}^{239}_{94}\text{Pt}$  mase  $m = 2,18 \text{ g}$  emituje  $5 \cdot 10^9$   $\alpha$ -čestica u jednoj sekundi. Izračunati period poluraspada  $T_{1/2}$  ovog izotopa u godinama.

*REŠENJE:*

Broj emitovanih  $\alpha$  čestica u jednoj sekundi predstavlja u ovom slučaju aktivnost preparata koja je data izrazom:

$$A = \lambda N_0,$$

gde je  $\lambda$  konstanta raspada, a  $N_0$  početni broj neraspadnutih jezgara. Broj neraspadnutih jezgara je:

$$N_0 = \frac{\text{masa preparata}}{\text{masa jednog jezgra plutonijuma}},$$

dakle

$$N_0 = \frac{m}{M({}^{239}\text{Pt})} N_A,$$

gde je  $N_A$  avogadrov broj. Uvrštavanjem brojnih vrednosti dobijamo:

$$N_0 = \frac{2,18 \text{ g}}{239 \text{ g/mol}} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 5,47 \cdot 10^{21}.$$

Veza između perioda poluraspada i konstante raspada je

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda},$$

odnosno

$$T_{1/2} = \frac{N_0 \ln 2}{A}.$$

Uvrštavanjem brojnih vrednosti nalazimo:

$$T_{1/2} = \frac{5,47 \cdot 10^{21} \cdot 0,693}{5 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}} = 7,58 \cdot 10^{11} \text{ s} = 24000 \text{ godina}.$$

2. Ispred cevi GM brojača postavljen je izvor nekog radioizotopa nepoznatog perioda poluraspada pri čemu je u toku  $\Delta t_1 = 10$  minuta registrovano  $N = 20000$  impulsa. Nakon 5 dana eksperiment je ponovljen pri čemu je registrovan isti broj impulsa, ali u toku  $\Delta t_2 = 90$  minuta. Odrediti period poluraspada ovog izotopa. Fon zanemariti.

*REŠENJE:*

Broj registrovanih impulsa u jedinici vremena u prvom eksperimentu je:

$$\frac{N}{\Delta t_1} = A_0 \cdot \varepsilon,$$

gde je  $A_0$  aktivnost izvora u početnom trenutku, a  $\varepsilon$  je efikasnost detekcije (detektor može da registruje samo određeni procenat emitovanog zračenja).

Nakon pet dana, broj registrovanih impulsa u jedinici vremena je:

$$\frac{N}{\Delta t_2} = A_0 \varepsilon e^{-\lambda t},$$

gde je  $\lambda$  konstanta raspada a  $t$  vreme proteklo od prvog merenja. Ako podelimo prvu formulu sa drugom, nalazimo:

$$\frac{\frac{N}{\Delta t_1}}{\frac{N}{\Delta t_2}} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = e^{\lambda t}.$$

Logaritmovanjem leve i desne strane nalazimo:

$$\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \lambda \cdot t.$$

S obzirom na vezu  $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$  sledi:

$$T_{1/2} = \frac{t \cdot \ln 2}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{5 \cdot 0,693}{2,2} = 1,6 \text{ dana}.$$

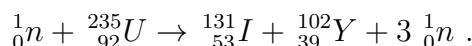
3. Apsorpcijom sporog neutrona  ${}_{92}^{235}\text{U}$  se raspada u dva srednje teška jezgra (fisioni produkti) i tri neutrona uz oslobađanje energije. Kolika se energija oslobodi ako pri fisiji jezgra  ${}_{92}^{235}\text{U}$  nastanu jod  ${}_{53}^{131}\text{I}$  i itrijum  ${}_{39}^{102}\text{Y}$  i tri brza neutrona? Date su mase:

$$m_n = 1,008665 u; \quad m({}_{92}^{235}\text{U}) = 235,0439 u;$$

$$m({}_{53}^{131}\text{I}) = 130,9061 u; \quad m({}_{39}^{102}\text{Y}) = 101,9336 u.$$

Atomska jedinica mase ima vrednost:  $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

*REŠENJE:*



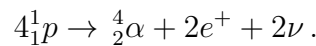
Defekt mase za ovaj radioaktivni raspad iznosi:

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_{pre} - m_{poste} = [m_n + m({}_{92}^{235}\text{U})] - [m({}_{53}^{131}\text{I}) + m({}_{39}^{102}\text{Y}) + 3m_n] \\ &= [1,008665u + 235,0439u] - [130,9061u + 101,9336u + 3 \cdot 1,008665u] = 0,187u \\ &= 3,1 \cdot 10^{-28} \text{ kg}, \end{aligned}$$

što pretvoreno u energiju koja se oslobađa po jednoj reakciji iznosi:

$$Q = \Delta mc^2 = 2,79 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 174 \text{ MeV} .$$

4. Energija se na Suncu oslobađa trošenjem vodonika u termonuklearnoj reakciji poznatoj kao ciklus proton-proton. Ciklus se sukcesivno odvija u nekoliko stupnjeva ali se, sa stanovišta energetskog bilansa, može svesti na to da od četiri protona kao krajnji produkti nastaju  $\alpha$ -čestica, dva pozitrona i dva neutrina:



Izračunati koliku energiju oslobodi  $m = 2\text{kg}$  utrošenog vodonika?

*REŠENJE:*

U toku jednog ciklusa oslobodi se energija:

$$Q = \Delta mc^2 = [4m(\frac{1}{1}H) - (m(\frac{4}{2}He) + 2m_e)] c^2 = 3,96 \cdot 10^{-12} J = 24,7 MeV.$$

Broj jezgara vodonika u masi od  $m$  kilograma može se dobiti pomoću proporcije:

$$M(\frac{1}{1}H) : N_A = m : N,$$

gde je  $M(\frac{1}{1}H)$  molarna masa jezgara vodonika. Na osnovu prethodnog izraza broj jezgara je:

$$N = \frac{m}{M(\frac{1}{1}H)} \cdot N_A.$$

Kako su za jedan ciklus potrebna četiri jezgra vodonika, tražena energija dobija se kao:

$$E_m = \frac{N}{4} \cdot Q$$

$$E_m = \frac{m}{4M(\frac{1}{1}H)} N_A \cdot Q = 11,84 \cdot 10^{14} J.$$

5. Ispred snopa  $\gamma$ -zraka energije  $E_\gamma = 1,3 MeV$  nalazi se sloj vode debljine  $x_1 = 60\text{cm}$ . Linearni koeficijent apsorpcije za dato  $\gamma$ -zračenje za vodu iznosi  $\mu_1 = 0,062\text{cm}^{-1}$ .

- Koliki procenat ovog zračenja prođe kroz ovaj sloj vode?
- Kolika debljina olovne ploče  $x_2$  je ekvivalentna vodenom sloju za iste zrake? Odgovarajući linearni koeficijent apsorpcije za olovo je  $\mu_2 = 0,65\text{cm}^{-1}$ .

*REŠENJE:*

- a) Zakon apsorpcije  $\gamma$  zračenja je:

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

gde je  $I_0$  upadni intenzitet, a  $I$  intenzitet koji preostaje nakon prolaska zračenja kroz materijal linearnog koeficijenta apsorpcije  $\mu$  i debljine  $x$ . U ovom slučaju:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu_1 \cdot x_1} = e^{-0,062 \cdot 60} = 0,024$$

Što iznosi 2,4%.

- b) U ovom slučaju olovo treba da apsorbuje isti procenat kao i voda, dakle:

$$I_0 e^{-\mu_1 \cdot x_1} = I_0 e^{-\mu_2 \cdot x_2}$$

što se svodi na:

$$\mu_1 \cdot x_1 = \mu_2 \cdot x_2$$

odakle nalazimo

$$x_2 = \frac{\mu_1 \cdot x_1}{\mu_2} = 5,7\text{cm}.$$