

14. Za koje vreme će se raspasti 60% radioaktivnog joda  $I^{126}$  u nekom preparatu, ako je vreme poluraspada joda 13,4 dana?

$N = N_0 e^{-\lambda t}$  zakon radioaktivnog raspada,

$N_0$  - početni broj jezgara,

$N$  - preostali broj jezgara,

$N_0 - N$  - broj raspadnutih jezgara,

$$\lambda - \text{konstanta radioaktivnog raspada, } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{13,4 \cdot 24 \cdot 3600} = 5,9857 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

- ako se raspadne 0,6  $N_0$  sledi da preostane 0,4  $N_0$ ,

$$N = 0,4 N_0$$

$$0,4 N_0 = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$t = \frac{-\ln 0,4}{\lambda} = 1,5308 \cdot 10^6 \text{ s} = 17,72 \text{ dana}$$

15. Koliko vremena treba da prođe da bi aktivnost izvora kobalta  ${}_{27}\text{Co}^{60}$  opala sa  $A_0 = 1,85 \cdot 10^8 \text{ Bq}$  na  $A = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Bq}$ ? Vreme poluraspada  ${}_{27}\text{Co}^{60}$  je 5,2 godine. Kolika je masa  ${}_{27}\text{Co}^{60}$  potrebna za aktivnost izvora  $A_0 = 1,85 \cdot 10^8 \text{ Bq}$ ?

$$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t} \left[ \text{Bq} = \text{s}^{-1} \right],$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{5,2 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 4,2259 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A} = \frac{1}{0,13327} \ln \frac{1,85 \cdot 10^8}{3,7 \cdot 10^7} = 380847354,7 \text{ s} = 12,08 \text{ god}$$

$$A_0 = \lambda N_0$$

$$\frac{\text{br. jezgara}}{\text{masa}} = \text{masena koncentracija} \Rightarrow \frac{N_0}{m} = N_m, N_m = \frac{N_A}{a}, N_A = 6,02252 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}, a - \text{molarna masa kg/kmol}$$

$$\frac{N_0}{m_{\text{Co}}} = N_m^{\text{Co}} = \frac{N_A}{a_{\text{Co}}} \Rightarrow m_{\text{Co}} = \frac{a_{\text{Co}} N_0}{N_A} = \frac{a_{\text{Co}} A_0}{N_A \lambda} = \frac{60 \cdot 1,85 \cdot 10^8}{6,02252 \cdot 10^{26} \cdot 4,2259 \cdot 10^{-9}} = 4,361 \cdot 10^{-9} \text{ kg Co}$$

16. Izvor zračenja se nalazi u centru šuplje sfere unutrašnjeg prečnika 50 cm i spoljašnjeg prečnika 55 cm. Odrediti rastojanje na kojem je intenzitet zračenja 10 puta manji od intenziteta zračenja na unutrašnjoj površini sfere. Koeficijent linearne apsorpcije za materijal sfere  $\mu = 0,5 \text{ cm}^{-1}$ .

$$I = \frac{S}{4r^2 \pi} e^{-\mu x} \left[ \frac{1}{m^2 s} \right]$$

Zračenje iz tačkastog izvora

$$\text{za } x = 0 \Rightarrow I_0 = \frac{S}{4r_0^2 \pi} \left[ \frac{1}{m^2 s} \right]$$

Apsorpcija u vazduhu je mnogo manja od apsorpcije u olovu pa se može zanemariti.

$$I_2 = \frac{S}{4r_2^2 \pi} e^{-\mu x}, I_2 = \frac{I_0}{10} \Rightarrow I_0 = 10 I_2 \Rightarrow \frac{S}{4r_0^2 \pi} = 10 \frac{S}{4r_2^2 \pi} e^{-\mu x} \Rightarrow r_2 = r_0 \sqrt{10 e^{-\mu x}}$$

$$x = r_1 - r_0 = 27,5 - 25 = 2,5 \text{ cm}$$

$$r_2 = 42,32 \text{ cm}$$

17. Odrediti vreme tokom koga je olovna ploča bila izložena uniformnom intenzitetu  $\gamma$  zračenja  $I = 10^{10} \text{ Bq/m}^2$  i energije  $E_\gamma = 2 \text{ MeV}$ , ukoliko se ploča zagrejala za  $\Delta T = 0,2^\circ \text{C}$ . Zanemariti odavanje

toplote sa ploče u okolinu. Maseni koeficijent apsorpcije za olovo je  $\mu_m = 28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{kg}$  i specifični toplotni kapacitet pri konstantnom pritisku za olovo  $c_p = 0,129 \text{ kJ} / (\text{kgK})$ .

DOZA APSORPCIJE ( $D$ ): količina energije zračenja koju telo primi, ako u radioaktivnoj zoni provede neko vreme  $t$ . Doza apsorpcije je jednaka apsorbovanoj energiji po jedinici mase u kojoj je došlo do apsorpcije zračenja.  $D [Gy = J / kg] = E_\gamma \mu_m I t$

Izjednačavamo količinu toplote koju je ploča primila po jedinici mase ( $q = c_p \Delta T [J / kg]$ ) sa količinom energije zračenja koju telo primi po jedinici mase

$$c_p \Delta T = E_\gamma \mu_m I t \Rightarrow t = \frac{c_p \Delta T}{E_\gamma \mu_m I} = \frac{0,129 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{2 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 28 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{10}} = 2,879464 \cdot 10^6 \text{ s} = 33,33 \text{ dana}$$

18. Odrediti poludebljinu materijala gustine  $12000 \text{ kg} / \text{m}^3$  i masenog koeficijenta apsorpcije  $\mu_m = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{kg}$  i odrediti debljinu materijala da bi intenzitet zračenja pri prolasku kroz taj materijal opao za 70%.

a) Polu-debljina,  $x_{1/2}$  je debljina materijala koja smanjuje intenzitet zračenja za 50%.

$$I = I_0 / 2 \quad I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$I_0 / 2 = I_0 e^{-\mu x_{1/2}} \Rightarrow x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{\ln 2}{\mu_m \rho} = \frac{0,693}{12000 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 9,625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,96 \text{ cm}$$

$$\text{b) } I = 0,3 I_0 \quad 0,3 I_0 = I_0 e^{-\mu x} \Rightarrow x = \frac{\ln \left( \frac{1}{0,3} \right)}{\mu} = \frac{\ln \left( \frac{1}{0,3} \right)}{\mu_m \rho} = \frac{1,20397}{12000 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 16,72 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,67 \text{ cm}$$

19. Kolika je doza apsorpcije  $\gamma$  zračenja u vazduhu, ako je doza ekspozicije  $X = 3 \mu\text{C} / \text{kg}$ ?

Doza ekspozicije ( $X$ ) se određuje samo za vazduh. Pošto je za nastanak jednog jonskog para u vazduhu potrebno je utrošiti energiju od 34eV ("energija jonizacije")

$$X \left[ \frac{\text{C}}{\text{kg}} \right] = \frac{D \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]}{34 \left[ \frac{\text{eV}}{\text{jon.par}} \right]} \Rightarrow D = 34 X = 34 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 102 \cdot 10^{-6} \text{ J/kg}$$

20. Izračunati brzinu doze apsorpcije u tkivu usled  $\gamma$  zračenja iz izvora  $\text{Ce}^{137}$  čiji je intenzitet zračenja  $S = 37 \cdot 10^7 \text{ Bq}$ . Zanimariti apsorpciju  $\gamma$  kvanta u vazduhu između tkiva i izvora. Udaljenost izvora je  $R = 100 \text{ cm}$ . Energija  $\gamma$  zračenja je  $E_\gamma = 0,66 \text{ MeV}$ , a maseni koeficijent apsorpcije za tkivo je  $\mu_m = 32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{kg}$ .

$$D [Gy = J / kg] = E_\gamma \mu_m I t \Rightarrow \dot{D} [Gy/s] = E_\gamma \mu_m I,$$

$$I = \frac{S}{4r^2 \pi}$$

$$\dot{D} = E_\gamma \mu_m \frac{S}{4r^2 \pi} = 0,66 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 32 \cdot 10^{-4} \frac{37 \cdot 10^7}{4 \cdot (100 \cdot 10^{-2})^2 \pi} = 9,95 \cdot 10^{-9} \text{ Gy/s}$$

21. Ako je radnik primio dozu apsorpcije  $D_1 = 44 \cdot 10^{-5} \text{ Gy}$   $\gamma$  zračenja iz izvora  $\text{Co}^{60}$  faktora kvaliteta  $Q_1 = 1$  i  $D_2 = 20 \cdot 10^{-5} \text{ Gy}$  brzih neutrona faktora kvaliteta  $Q_2 = 10$ . Odrediti njegov ukupni ekvivalent doze apsorpcije.

$$H = \sum_{i=1}^2 D_i \cdot Q_i = D_1 \cdot Q_1 + D_2 \cdot Q_2 = 44 \cdot 10^{-5} \cdot 1 + 20 \cdot 10^{-5} \cdot 10 = 2,44 \cdot 10^{-3} \text{ Sv} = 244 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$$