

Radiokémia kidolgozott példák

1. Az aktivitás és a beütésszám kiszámítása a radioaktív anyagmennyiség és a felezési idő ismeretében:

Mennyi az aktivitása 50 mg urán-oxidnak (U_3O_8), ha az ^{238}U felezési ideje $4,5 \cdot 10^9$ év*? Az U_3O_8 relatív molekulatömege: 842. Mekkora lesz a várható beütésszám, ha a mérőberendezés a kibocsátott részecskéknek 3%-át képes jelezni?

A radioaktív atomok száma:

$$N = \frac{0,050 \cdot 3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{842} = 1,07 \cdot 10^{20}.$$

A bomlási állandó:

$$\lambda = \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} s^{-1} = 4,88 \cdot 10^{-18} s^{-1}.$$

Az aktivitás:

$$A = \lambda N = 1,07 \cdot 10^{20} \cdot 4,88 \cdot 10^{-18} = 522 \text{ Bq}.$$

A várható számlálási sebesség:

$$I = 0,03 \cdot 522 \approx 16 \text{ cps} \approx 960 \text{ cpm}.$$

2. Adott készítmény aktivitás-csökkenésének kiszámítása: ^{32}P tartalmú foszforsavoldatunk térfogategységre vonatkoztatott aktivitása, aktivitás koncentrációja (a_0) (fajlagos aktivitása), 2016. október 26-án 0 órakor 35 MBq/cm^3 . Mekkora a térfogategységre vonatkoztatott aktivitása (a) 2016. november 6-án de. 10 órakor? A ^{32}P felezési ideje 14,3 nap.

$$T_{1/2} = 14,3 \text{ d},$$

$$t = 11,4 \text{ d},$$

$$a_0 = 35 \text{ MBq/cm}^3.$$

* A nemzetközi mértékegység-rendszerben (SI) az időegységek jele a következő:
Másodperc (secundum) s (ennek decimális többszörösei, pl μs , ns is használhatók),
perc (minutum) min
óra (hora) h
nap (dies) d
év (annum) a

$$\ln \frac{a_0}{a} = 0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}$$

A megadott értéket behelyettesítve:

$$\ln \frac{a_0}{a} = 0,693 \frac{11,4}{14,3} = 0,2399$$

$$a = \frac{a_0}{1,737} = 20,15 \text{ Bq/cm}^3$$

3. Számítsuk ki a ^{226}Ra bomlási állandóját és 1 g rádium aktivitását. A ^{226}Ra felezési ideje 1600 év, azaz $1600 \cdot 365 \cdot 86400 \text{ s} = 5,05 \cdot 10^{10} \text{ s}$.

$$\lambda = \frac{0,693}{5,05 \cdot 10^{10}} \text{ s}^{-1} \approx 1,37 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

1 g rádiumban $\frac{1}{226} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$, vagyis $2,66 \cdot 10^{21}$ db mag van. Mivel

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N, \text{ az aktivitás,}$$

$$A = 1,37 \cdot 10^{-11} \cdot 2,66 \cdot 10^{21} \text{ s}^{-1} = 3,6 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}.$$

Tehát egy gramm rádiumban másodpercenként kb. $3,6 \cdot 10^{10}$ bomlás megy végbe, azaz aktivitása 36 GBq.

4. Számítsuk ki az emberi test radioaktív káliumtartalmából származó aktivitást. Kiindulási adataink: legyen a test tömege 75 kg, ebből 0,35% kálium. A káliumban a radioaktív ^{40}K -izotóp koncentrációja 0,012%, felezési ideje $1,13 \cdot 10^9$ év, bomlási állandója tehát $1,95 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1}$.

$$A = \lambda N = 1,95 \cdot 10^{-17} \cdot 75 \cdot 1000 \cdot \frac{0,35}{100} \cdot \frac{0,012}{100} \cdot \frac{1}{40} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 9244 \text{ Bq}$$

5. Számítsuk ki, hogy az eredetinek hányad részére csökken a ^{32}P β^- -sugárzásának részecskeintenzitása, ha a β^- -sugarak 0,01 cm vastagságú alumínium-rétegen ($\rho_{\text{Al}} = 2,70 \text{ g/cm}^3$) és 5 cm vastagságú levegőrétegen ($\rho_{\text{lev}} = 0,0013 \text{ g/cm}^3$) haladnak keresztül. A ^{32}P β^- -sugárzásának felezési rétegvastagsága $64,7 \text{ mg/cm}^2 = 0,0647 \text{ g/cm}^2$.

Az összes rétegvastagság

$$d = \sum x_i \rho_i = 0,01 \cdot 2,70 + 5 \cdot 0,0013 = 0,0335 \text{ g/cm}^2.$$

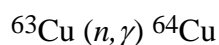
Mivel

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d} = I_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{d_{1/2}} d}$$

$$\frac{I}{I_0} = \exp\left[-\frac{(\ln 2)d}{d_{1/2}}\right] = -\frac{0,693 \cdot 0,0335}{0,0647} = 0,6985.$$

Tehát a kölcsönhatások következtében az intenzitás az eredetinek 69,85%-ára csökkent.

6. Mekkora a ^{64}Cu aktivitása 12 órás aktiválás, illetve másfél nappal a felaktiválás után, ha a neutronfluxus $10^{12} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$? A céltárgyban a magreakcióban részt vevő 63-as tömegszámú magok aránya 69 %. A magreakció hatáskeresztmetszete $3 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$, a keletkező ^{64}Cu felezési ideje 12,8 óra.



$$m=1\text{g}; \quad f(^{63}\text{Cu})=0,69; \quad M_A=63; \quad \sigma=3 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$$

$$T_{1/2}=12,8 \text{ óra}; \quad \Phi=10^{12} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1};$$

Az aktivitás a 12 órás besugárzás végén:

$$A = \frac{10^{12} \cdot 3 \cdot 10^{-24} \cdot 0,69 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{63} \left[1 - \exp\left(-\frac{0,693}{12,8} \cdot 12\right) \right] \approx 10^{10} \text{ Bq}$$

ill. 1,5 nappal (36 óra) annak befejezése után

$$A' = A \cdot \exp\left(-\frac{0,693}{12,8} \cdot 36\right) \approx 10^9 \text{ Bq.}$$