

17-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
15-oji užduotis Nr. FT17-15 / 2024 05 13 – 2024 06 09

Jodo radioaktyvusis skilimas

Sąlyga / FT17-15 ▼

Radioaktyvaus elemento jodo izotopas $^{131}_{53}\text{I}$, susidarantis skylant uranui arba branduoliniame reaktoriuje neutronais bombarduojant telūrą, yra naudojamas branduolinės medicinos metodikose skydliaukės ligų gydymui. Šio izotopo pusėjimo trukmė dėl branduolių elektroninio beta skilimo ir gama spinduliuotės $T = 192$ h. (Efektinė pusėjimo trukmė skydliaukėje yra apie tris kartus didesnė).

Tegu izotopo pradinė masė preparate $m = 1,5 \mu\text{g}$. Raskite:

- 1) Skilimo konstantą (s^{-1});
- 2) Pradinį aktyvumą (GBq);
- 3) Iki laiko momento $t_1 = 48$ h įvykusių skilimų skaičių;
- 4) Aktyvumą tuo laiko momentu (GBq);
- 5) Vidutinę gyvavimo trukmę (h).

Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 05 13.

Aiškinamasis sprendimas / FT17-15 ▼

Duota: $m = 1,5 \cdot 10^{-9}$ kg; $T = 192$ h; $t_1 = 48$ h; $M = 0,131$ kg/mol; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$.

Rasti: λ ; a_0 ; ΔN ; a_1 ; τ .

Pagal radioaktyviojo skilimo dėsnį nesuskilusių atomų branduolių skaičiaus N priklausomybę nuo laiko t yra eksponentinė:

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

Pradiniu laiko momentu ($t = 0$):

$$N = N_0 = \frac{m}{M} N_A.$$

Laiko momentu, lygiu pusėjimo trukmei ($t = T$), $N = 0,5N_0$ ir randame skilimo konstantą:

$$0,5 = e^{-\lambda T}; \quad -\ln 2 = -\lambda T; \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T}; \quad \lambda = \frac{\ln 2}{192 \cdot 3600} \approx 1 \cdot 10^{-6} \text{ (s}^{-1}\text{)}.$$

Radioaktyviojo elemento aktyvumas išreiškiamas jo skilimų skaičiumi per laiko vienetą:

$$a = -\frac{dN}{dt} = \lambda N; \quad a_0 = \lambda N_0 = \lambda \frac{m}{M} N_A;$$

$$a_0 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1,5 \cdot 10^{-9}}{0,131} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \approx 6,9 \text{ (GBq)}.$$

Skilimų skaičių randame iš pradinio skaičiaus N_0 atėmę nesuskilusių atomų branduolių skaičių N_1 laiko momentu t_1 :

$$\Delta N = N_0 - N_1 = \frac{m}{M} N_A \left(1 - 2^{-\frac{t_1}{T}}\right);$$

$$\Delta N = \frac{1,5 \cdot 10^{-9}}{0,131} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \left(1 - 2^{-\frac{48}{192}}\right) \approx 1,1 \cdot 10^{15}.$$

Jodo izotopo aktyvumas laiko momentu t_1 :

$$a_1 = \lambda N_1 = a_0 2^{-\frac{t_1}{T}}; \quad a_1 = 6,9 \cdot 2^{-\frac{48}{192}} \approx 5,8 \text{ (GBq)}.$$

Jodo izotopo vidutinė gyvavimo trukmė – atvirkštinis skilimo konstantai dydis:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ln 2}; \quad \tau = \frac{192}{\ln 2} \approx 277 \text{ (h)}.$$

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 06 11.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT17-15 ▼

Teisingą sprendimą pateikė vienas iš belikusių turnyro dalyvių, kiti klydo skaičiavimuose.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 06 11.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT17-15 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Skilimo konstanta	2
2.	Pradinis aktyvumas	2
3.	Skilimų skaičius	2
4.	Sumažėjęs aktyvumas	2
5.	Vidutinė gyvavimo trukmė	2
6.	Nerodomi skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-5)	-0,5
7.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-5)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2024 06 11.