

35. Nagy László Fizikaverseny
Szalézi Szent Ferenc Gimnázium, Kazincbarcika
2020. február 27 – 28.

J a v í t ó k u l c s

12. osztály

4. feladat

Adatok:

$$T_{1/2} = 8,02 \text{ nap} = 6,93 \cdot 10^5 \text{ s}$$

$$t_1 = 5 \text{ nap}$$

$$\tau = 1 \text{ perc}$$

$$t_2 = 5 \text{ nap} + 4 \text{ hét} = 33 \text{ nap}$$

$$A_0 = 2620 \text{ MBq} = 2,62 \text{ GBq} = 2,62 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{s}}$$

$$N_0 = ?$$

$$A_1 = ?$$

$$p = ?$$

$$N_2 = ?$$

1+1 pont

a)

Ismeretes, hogy egy radioaktív izotóp aktivitása, részecskeszáma és felezési ideje között az alábbi összefüggés érvényes: $A = 0,693 \cdot \frac{N}{T_{1/2}}$ 1 pont

Ebben az esetben az $A_0 = 0,693 \cdot \frac{N_0}{T_{1/2}}$ egyenletből N_0 -ra van szükségünk: $N_0 = \frac{T_{1/2} \cdot A_0}{0,693}$ 1 pont

$$\text{Az adatokkal: } N_0 = \frac{6,93 \cdot 10^5 \text{ s} \cdot 2,62 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{s}}}{0,693} = 2,62 \cdot 10^{15}$$

1 pont

Tehát $2,62 \cdot 10^{15}$ jódatomot vittek be a páciens szervezetébe.

b)

Az a) kérdésre adott válaszból látható, hogy a még meglévő radioaktív atomok száma és azok aktivitása egy adott izotóp esetében egyenes arányban van egymással. Ezért az ismert radioaktív bomlástörvényt átírhatjuk az aktivitások közötti összefüggésre is:

$$N_t = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T_{1/2}}} \text{ helyett } A_t = A_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T_{1/2}}}$$

2 pont

Az adatokkal:

$$A_1 = A_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T_{1/2}}} = 2,62 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{s}} \cdot 2^{-\frac{5 \text{ nap}}{8,02 \text{ nap}}} = 2,62 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{s}} \cdot 2^{-0,6234} = \frac{2,62 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{s}}}{2^{0,6234}} = \frac{2,62 \cdot 10^9}{1,54} \frac{1}{\text{s}} = 1,7 \text{ GBq}$$

3 pont

Tehát 5 nap elteltével a szervezetben lévő $^{131}_{53}\text{I}$ aktivitása 1,7 GBq.

c)

A kért valószínűségi adat kiszámításához az 1 perc alatt elbomló atommagok számára is szükségünk van.

$$N_\tau = N_1 \cdot 2^{-\frac{\tau}{T_{1/2}}} \text{ (ennyi atommag van még jelen } \tau \text{ idő eltelte után } N_1 \text{ kiindulási mag közül)}$$

2 pont

Az adatokkal:

A b) kérdésre adott válasz alapján (mivel N_1 nem ismert adat), a képletet az arányosság miatt átírhatjuk az aktivitásokra is: $A_\tau = A_1 \cdot 2^{-\frac{\tau}{T_{1/2}}} = A_1 \cdot 2^{-\frac{5 \text{ perc}}{8,02 \text{ nap}}} = A_1 \cdot 2^{-\frac{5 \text{ perc}}{11549 \text{ perc}}} = A_1 \cdot 2^{-4,33 \cdot 10^{-4}} = \frac{A_1}{2^{4,33 \cdot 10^{-4}}}$ 2 pont

(Az A_1 számszerű adattal nem kell számolnunk, mert a valószínűség számításakor egyszerűsítenünk lehet majd vele!)

$$\text{Az adatokkal: } A_\tau = \frac{A_1}{1,0003} = 0,9997 A_1$$

$$\text{A } \tau \text{ idő alatt elbomlott atommagok száma tehát: } \Delta N = N_1 - N_\tau = (1 - 0,9997) A_1 = 0,0003 \cdot A_1$$

1 pont

$$\text{A kért valószínűség: } p = \frac{\Delta N}{A_1} = \frac{0,0003 \cdot A_1}{A_1} = 0,0003$$

Tehát annak valószínűsége, hogy a kért 5 perc alatt bomlás történjen, 0,03 %

1 pont

d)

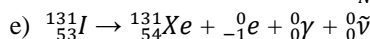
$$\text{A radioaktív bomlástörvény szerint } N_2 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_2}{T_{1/2}}}$$

$$\text{Az adatokkal: } N_2 = 2,62 \cdot 10^{15} \cdot 2^{-\frac{33 \text{ nap}}{8,02 \text{ nap}}} = 2,62 \cdot 10^{15} \cdot 2^{-4,11} = \frac{2,62 \cdot 10^{15}}{2^{4,11}} = \frac{2,62 \cdot 10^{15}}{17,27} = 1,52 \cdot 10^{14}$$

1 pont

$$\text{A kért százalékos arány: } \frac{N_2}{N_0} \cdot 100 = \frac{1,52 \cdot 10^{14}}{2,62 \cdot 10^{15}} \cdot 100 = 5,8 (\%)$$

1 pont



2 pont

Összesen: 20 pont

Kérem a megoldást ismertető kollégát, hogy ismertesse a versenyzőkkel az alábbiakat is:

- Az első radiojódos kezelés után fél évvel gyakran meg szokták ismétetni a fentihez hasonló radioterápiát, hogy az esetleg bent maradt nemkívánatos testszöveteket elpusztítsák.
- A jód-131 izotópot korábban a pajzsmirigy betegségeinek diagnosztizálására is használták, de az izotóp „hibája”, hogy béta-sugárzó, és a sugárzást kísérő gamma-fotonok túlnyomórészt 364 keV energiájúak, amely energiát ma már túl nagyoknak tartják az orvosi vizsgálatokhoz. (Diagnosztikai célra ma már inkább a jód-123 izotópot használják.)
- A jód-131 bomlásával együtt járó béta részecskék energiája -egy bizonyos tartományon belül- folytonos. Átlagosan 0,971 MeV energiájúak.
- A jód-131 izotóp az urán-235 hasadásakor keletkező egyik közepes tömegszámú mag. A hasonlóan keletkező sokféle jódiotóp közül ez a legveszélyesebb: Atomrobbantáskor, vagy atomerőművi balesetek során kerül a légkörbe.
- A terápiás célokhoz szükséges jód-131 izotópokat kutatóreaktorokban állítják elő. Tellur-130 izotópot körülbelül egy hónapra neutron-besugárzásnak teszik ki, és a keletkezett tellur-131-et és jód-131-et kémiai eljárással elválasztják egymástól.

