

Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів

Чи можна дізнатися, яке саме ядро в певній радіоактивній речовині розпадеться першим?

Фізики стверджують, що дізнатися про це неможливо: розпад того чи іншого ядра радіонукліда – подія випадкова. Разом із тим поведінка радіоактивної речовини в цілому підлягає чітко визначеним закономірностям.

1. Період піврозпаду

Якщо взяти закриту скляну колбу, що містить певну кількість Радону-220, то виявиться, що приблизно через 56 с кількість радону в колбі зменшиться вдвічі. Ще через 56 с із решти атомів знову залишиться половина і т. д. Отже, зрозуміло, чому інтервал часу 56 с був названий *періодом піврозпаду* Радону-220.

Період піврозпаду $T_{1/2}$ – це фізична величина, що характеризує радіонуклід і дорівнює часу, протягом якого розпадається половина наявної кількості ядер даного радіонукліда.

$$[T_{1/2}] = 1 \text{ с}$$

Період піврозпаду деяких радіонуклідів

Радіонуклід	Період піврозпаду $T_{1/2}$
Йод-131	8 діб
Карбон-14	5700 років
Кобальт-60	5,3 року
Плутоній-239	24 тис. років
Радій-226	1600 років
Радон-220	56 с
Радон-222	3,8 доби
Уран-235	0,7 млрд років
Уран-238	4,5 млрд років
Цезій-137	30 років

2. Активність радіоактивного джерела

• Якщо кількість атомів Урану-238 і Радію-226 є однаковою, з якого зразка за 1 с вилетить більше α -частинок?

(Періоди піврозпаду даних радіонуклідів відрізняються майже у 3 млн разів, за той самий час у зразку радію відбудеться набагато більше α -розпадів, ніж у зразку урану)

Активність радіоактивного джерела – це фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості розпадів, що відбуваються в певному радіоактивному джерелі за одиницю часу.

Одиниця активності в СІ – бекерель.

1 Бк – це активність такого радіоактивного джерела, в якому за 1 с відбувається 1 акт розпаду:

$$[A] = 1 \text{ Бк} = 1 \frac{\text{розп}}{\text{с}} = 1 \text{ с}^{-1}$$

Позасистемна одиниця активності – кюрі (Ки): $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$

Якщо зразок містить *атоми лише одного радіонукліда*, то активність цього зразка можна визначити за формулою:

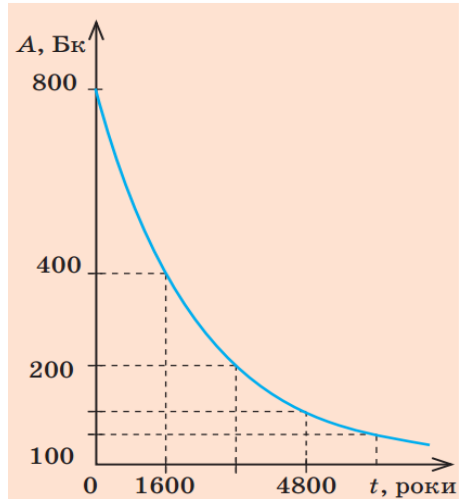
$$A = \lambda N$$

N – кількість атомів радіонукліда в зразку на даний час

λ – стала радіоактивного розпаду радіонукліда

$$\lambda = \frac{0,69}{T_{1/2}}; \quad [\lambda] = 1 \text{ с}^{-1}$$

З плином часу в радіоактивному зразку кількість ядер радіонуклідів, що не розпалися, зменшується, відповідно й зменшується й активність зразка.



3. Застосування радіоактивних ізотопів

Два напрями використання радіоактивних ізотопів:

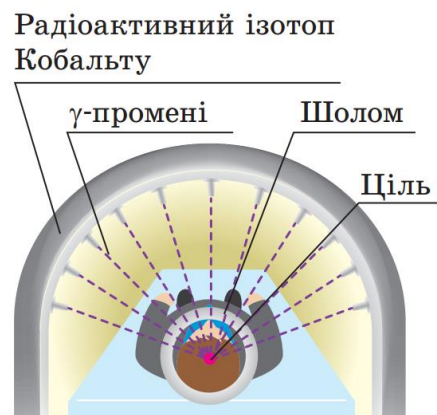
1. Використання радіоактивних ізотопів як індикаторів. Радіоактивність є своєрідною міткою, за допомогою якої можна виявити наявність елемента, простежити за поведінкою елемента під час фізичних і біологічних процесів.

Наприклад, щоб з'ясувати, як рослини засвоюють фосфорні добрива, до цих добрив додають радіоактивний ізотоп Фосфору, а потім досліджують рослини на радіоактивність і виявляють кількість засвоєного фосфору.

2. Використання радіоактивних ізотопів як джерел γ -випромінювання.

Розглянемо кілька прикладів.

а) Використання γ -випромінювання для лікування онкозахворювань. Щоб γ -промені не знищували здорові клітини, використовують декілька слабких пучків γ -променів, які фокусуються на пухлині.



б) Застосування радіоактивних ізотопів для діагностики захворювань. За кількістю йоду в щитоподібній залозі зручно стежити за допомогою його γ -радіоактивного ізотопу. Якщо щитоподібна залоза в нормі, то через певний час після введення в організм Йоду-131 γ -випромінювання від нього матиме певну оптимальну інтенсивність. А от якщо щитоподібна залоза функціонує з відхиленням від норми, то інтенсивність γ -випромінювання буде аномально високою або, навпаки, низькою. Аналогічний метод застосовують для досліджування обміну речовин в організмі, виявлення пухлин.

в) Визначення віку стародавніх предметів. Поки тварина або рослина живі, вміст радіоактивного Карбону в них залишається незмінним. Після припинення життєдіяльності організму кількість радіоактивного Карбону починає зменшуватися, зменшується й активність β -випромінювання. Знаючи, що період піврозпаду Карбону $^{14}_6\text{C}$ становить 5700 років, можна визначити вік археологічних знахідок.

г) Застосування γ -випромінювання в техніці. Гамма-дефектоскопи, за допомогою яких перевіряють, наприклад, якість зварених з'єднань. Завдяки тому що γ -промені по-різному поглинаються масивною сталлю і сталлю з порожнинами, гамма-дефектоскоп «бачить» тріщини всередині металу, а отже, виявляє брак ще на стадії виготовлення конструкції.

д) Знищення мікробів за допомогою радіації. Певна доза опромінення вбиває організми. Але ж не всі вони корисні для людини. Так, медики невпинно працюють над тим, щоб позбутися хвороботворних мікробів. Такі процедури називають дезінфекцією та стерилізацією.

Розв'язування вправ

1. Період піврозпаду Йод-131 дорівнює 8 діб. Чому рівна стала радіоактивного розпаду даного радіонукліда?

Дано: $T_{1/2} = 8 \text{ діб}$ $= 6,912 \cdot 10^5 \text{ с}$	Розв'язання $8 \text{ діб} = 8 \cdot 24 \text{ год} = 8 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 691200 \text{ с} = 6,912 \cdot 10^5 \text{ с}$
$\lambda - ?$	$\lambda = \frac{0,69}{T_{1/2}}; \quad [\lambda] = \frac{1}{\text{с}} = 1 \text{ с}^{-1}$ $\lambda = \frac{0,69}{6,912 \cdot 10^5} = 0,0998 \cdot 10^{-5} = 9,98 \cdot 10^{-7} (\text{с}^{-1})$
	Відповідь: $\lambda = 9,98 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$.

2. Стала розпаду радіоактивного Кобальту-60 рівна $4,15 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$. Визначте інтервал часу, за який первинна кількість радіоактивних атомів скоротиться удвічі.

Дано: $\lambda = 4,15 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$	Розв'язання $\lambda = \frac{0,69}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{0,69}{\lambda}; \quad [T_{1/2}] = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = \text{с}$
$T_{1/2} - ?$	$T_{1/2} = \frac{0,69}{4,15 \cdot 10^{-9}} \approx 0,166 \cdot 10^9 (\text{с})$ $0,166 \cdot 10^9 \text{ с} = 0,166 \cdot 10^9 \cdot 3,16887646 \cdot 10^{-8} \text{ роки} \approx 5,3 \text{ роки}$
	Відповідь: $T_{1/2} \approx 5,3 \text{ роки}$.

3. Інтервал часу, за який кількість радіоактивних атомів Радію-226 скоротилася вдвічі, у 53 рази більший за аналогічний інтервал часу для радіоактивних атомів Цезію-137. У якого з цих елементів більша стала радіоактивного розпаду? у скільки разів більша?

Дано: $\frac{T_{1/2 \text{ Рад.}}}{T_{1/2 \text{ Цез.}}} = 53$	Розв'язання $\lambda_{\text{Цез.}} = \frac{0,69}{T_{1/2 \text{ Цез.}}}; \quad \lambda_{\text{Рад.}} = \frac{0,69}{T_{1/2 \text{ Рад.}}}$
$\frac{\lambda_{\text{Цез.}}}{\lambda_{\text{Рад.}}} - ?$	$\frac{\lambda_{\text{Цез.}}}{\lambda_{\text{Рад.}}} = \frac{\frac{0,69}{T_{1/2 \text{ Цез.}}}}{\frac{0,69}{T_{1/2 \text{ Рад.}}}} = \frac{T_{1/2 \text{ Рад.}}}{T_{1/2 \text{ Цез.}}} = 53$
	Відповідь: $\frac{\lambda_{\text{Цез.}}}{\lambda_{\text{Рад.}}} = 53$, для цезію стала радіоактивного розпаду в 53 рази більша ніж для радію.