

## § 57. ПЕРІОД ПІВРОЗПАДУ. АКТИВНІСТЬ РАДІОНУКЛІДА



На відміну від, скажімо, світла, радіоактивність не фіксується нашими органами чуття. Тож, коли кінорежисер або письменник хоче продемонструвати, що приміщення радіоактивно забруднене, він показує людину з приладом, який видає характерні звуки. А чи є певні закономірності в інтенсивності цих звуків? Почнемо розбиратися.



### Що таке період піврозпаду

Уявіть собі певну кількість радіоактивної речовини. Це може бути, наприклад, шматок солі урану або газ радон, поміщений у скляну колбу. Певними приладами можна зафіксувати, що даний об'єкт є радіоактивним. А чи можна дізнатися, яке саме ядро в речовині, що ми розглядаємо, розпадеться першим? А яке ядро виявиться «довгожителем» і розпадеться останнім? На жаль, дізнатися про це неможливо: розпад того чи іншого ядра радіонукліда — подія випадкова. Водночас поведінка радіоактивної речовини загалом підлягає чітко визначеній закономірності. Якщо взяти закриту скляну колбу, що містить певну кількість радону, виявиться, що приблизно за 57 с кількість радону в колбі зменшиться вдвічі.

Сталі радіоактивного розпаду  
деяких радіонуклідів

Радіонуклід	Стала радіоактивного розпаду $\lambda, \frac{1}{\text{с}}$
Йод-131	$9,98 \cdot 10^{-7}$
Кобальт-60	$4,15 \cdot 10^{-9}$
Плутоній-239	$9,01 \cdot 10^{-13}$
Радій-226	$1,37 \cdot 10^{-11}$
Радон-220	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Уран-235	$3,14 \cdot 10^{-17}$
Цезій-137	$7,28 \cdot 10^{-10}$

Ще через 57 с із решти залишиться теж половина і т. д. Тому природно, що інтервал часу 57 с був названий періодом піврозпаду Радону.



**Період піврозпаду** — це фізична величина, що дорівнює часу, протягом якого розпадається половина наявної кількості ядер певного радіонукліда.

Для характеристики радіоактивного розпаду частіше використовують величину, яку називають *сталою радіоактивного розпаду радіонукліда* (див. таблицю) і позначають символом  $\lambda$ . Стала радіоактивного розпаду пов'язана з періодом піврозпаду

співвідношенням:  $\lambda = \frac{0,69}{T}$ .

## 2 Як пов'язана стала піврозпаду з інтенсивністю радіоактивного випромінювання певного зразка

Із практичної точки зору важливою характеристикою процесу радіоактивного розпаду є *швидкість, із якою розпадається той чи інший радіонуклід*.

Фізичну величину, яка чисельно дорівнює кількості розпадів, що відбуваються в певному радіонуклідному зразку за одиницю часу, називають **активністю радіонуклідного зразка**.

Активність радіонуклідного зразка позначають символом  $A$ . *Одиниця активності в СІ — бекерель (Бк). 1 Бк — це активність такого зразка, в якому за 1 с відбувається 1 акт розпаду. Але 1 Бк — це дуже мала активність, тому використовують позасистемну одиницю активності — кюрі (Ки):  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .*

Якщо на певний момент часу в зразку міститься деяка кількість  $N$  атомів радіонукліда, то активність  $A$  цього радіонуклідного зразка можна обчислити за формулою:

$$A = \lambda N,$$

де  $\lambda$  — стала радіоактивного розпаду радіонукліда.

## 3 Учимося розв'язувати задачі

**Задача.** Визначте масу Радію-226, що міститься в радіонуклідному зразку, якщо активність Радію становить 5 Ки.

$m$  — ?

Дано:

$$A = 5 \text{ Ки} = 18,5 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$$

$$\lambda = 1,37 \cdot 10^{-11} \text{ 1/с}$$

$$M = 226 \text{ г/моль} =$$

$$= 226 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$$

*Аналіз фізичної проблеми, пошук математичної моделі. Для розв'язання задачі скористаємося формулою активності радіонуклідного зразка:  $A = \lambda N$ . Сталу радіоактивного розпаду  $\lambda$  знайдемо в таблиці. Знаючи активність зразка, визначимо кількість  $N$  атомів Радію, що містяться в радіонуклідному зразку.*

*Як відомо з курсу хімії,  $N = \nu N_A$ , де  $\nu$  — кількість речовини,  $N_A$  — число Авогадро.*

Визначивши кількість речовини та скориставшись формулою  $\nu = \frac{m}{M}$ , де  $M$  — молярна маса Радію, знайдемо масу  $m$  Радію.

*Розв'язання.* Активність зразка дорівнює:  $A = \lambda N$ .

Оскільки  $N = \nu N_A$ , а  $\nu = \frac{m}{M}$ , то  $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ . Підставимо вираз

для  $N$  у формулу активності:  $A = \frac{\lambda m N_A}{M}$ . Звідси  $m = \frac{AM}{\lambda N_A}$ .

Визначимо значення шуканої величини:

$$[m] = \frac{\text{Бк} \cdot \text{кг/моль}}{(1/\text{с}) \cdot (1/\text{моль})} = \frac{(1/\text{с}) \cdot \text{кг}}{1/\text{с}} = \text{кг};$$

$$\{m\} = \frac{18,5 \cdot 10^{10} \cdot 226 \cdot 10^{-3}}{1,37 \cdot 10^{-11} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 5,07 \cdot 10^{-3}, \quad m = 5,07 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 5,07 \text{ г}.$$

**Відповідь:** у радіоактивному зразку міститься 5,07 г Радію-226.



**4****Отримання та застосування радіонуклідів**

Радіоактивні ізотопи можна одержати в результаті опромінювання речовини частинками високих енергій (електронами, протонами, нейтронами). Одержані штучні матеріали широко застосовують у медичних дослідженнях як індикатори. Річ у тім, що організм людини має властивість збирати у своїх тканинах певні хімічні речовини, — наприклад, щитовидна залоза накопичує у своїй тканині йод. Його радіоактивний ізотоп своїм більш інтенсивним за норму випромінюванням повідомить лікареві про хворобу пацієнта. Інші радіоактивні ізотопи (наприклад,  $\text{Co}^{60}$ ) використовують як джерела вторинного випромінювання для стерилізації. Доволі докладно це питання ви вивчали в курсі фізики 9-го класу.★

**Підбиваємо підсумки**

Період піврозпаду — це фізична величина, що дорівнює часу, протягом якого розпадається половина наявної кількості ядер певного радіонукліда.

Активність радіонуклідного зразка — фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості розпадів, що відбуваються в певному радіонуклідному зразку за одиницю часу:  $A = \lambda N$ , де  $N$  — кількість атомів радіонукліда в зразку на певний момент часу;  $\lambda$  — стала радіоактивного розпаду радіонукліда.

**Контрольні запитання**

1. Що таке період піврозпаду? Як він пов'язаний зі сталою розпаду? 2. Що таке активність радіонуклідного зразка? 3. У яких одиницях вимірюють активність?

**Вправа № 41**

- Період піврозпаду Цезію-137 становить 30 років. Скільки відсотків атомів цього ізотопу розпадається за 240 років?
- Визначте (у тис. років) вік залишків стародавнього поселення, якщо в деревині, знайденої на місці розкопок, залишилося 25 % радіоактивного Карбону  $^{14}_6\text{C}$  від його початкової кількості. Період піврозпаду радіоактивного Карбону  $^{14}_6\text{C}$  становить 5700 років.
- Період піврозпаду ізотопу Радію  $^{226}_{88}\text{Ra}$  становить 1600 років. Скільки ядер ізотопу розпадеться за 3200 років, якщо початкова кількість радіоактивних ядер  $N_0 = 10^9$ ?
- В організмі людини вміст калію становить приблизно 0,19 % від її маси. Радіоактивний ізотоп  $^{40}_{19}\text{K}$  у природній суміші ізотопів становить 0,012 %, період його піврозпаду — 1,24 млрд років. Скільки ядер ізотопу Калію  $^{40}_{19}\text{K}$  розпадається за 1 с у тканинах організму людини, якщо її маса становить 50 кг?