



ПРАКТИЧНА РОБОТА 3 - 4 РАДІОАКТИВНІСТЬ

- ❖ **Мета роботи:** ознайомитися з поняттям радіоактивності.
- ❖ **Завдання роботи:** знати закон радіоактивного розпаду; вміти визначати активність радіонукліду через певний проміжок часу та його масу.



Теоретична частина

Радіоактивність – це процес довільного спонтанного перетворення ядер атомів з перетворенням їх в атоми інших елементів або в ізотопи того ж самого елемента, що супроводжується виділенням енергії у вигляді іонізуючого випромінювання.*

Одиниці радіоактивності – це одиниці вимірювання активності радіоактивних речовин у різних середовищах.

За одиницю радіоактивності у міжнародній системі одиниць СІ прийнято бекерель (Бк) – від прізвища Анрі Бекереля.

Активність радіоактивного джерела в 1 Бк дорівнює такій радіоактивності, при якій в джерелі відбувається один спонтанний розпад за одну секунду.

Позасистемною одиницею радіоактивності є кюрі (Ки) – від прізвища П'єра Кюрі та Марії Склодовської-Кюрі.

$$1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ розпадів/сек або } 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$$

* ЦІКАВІ ФАКТИ



Після відкриття Рентгеном X-променів Томас Едісон організував виставку, на якій всі бажали могли роздивитися свої кінцівки у рентгенівських променях. Але після того, як працівник отримав радіаційній опіки і помер від дії цих променів демонстрації припинили

Таку активність має 1 грам радію, дослідженнями якого займалося подружжя Кюрі. Позасистемні одиниці (кюрі) використовували після 1910 р., після прийняття системи СІ у 1960 р. основною одиницею вимірювання активності радіоактивних речовин є бекерель.

Для перерахунку із позасистемних одиниць у системні використовують співвідношення: $1\text{Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11}\text{Кі}^*$.

Для визначення радіоактивності різних середовищ користуються величинами питомої, об'ємної та поверхневої радіоактивності.

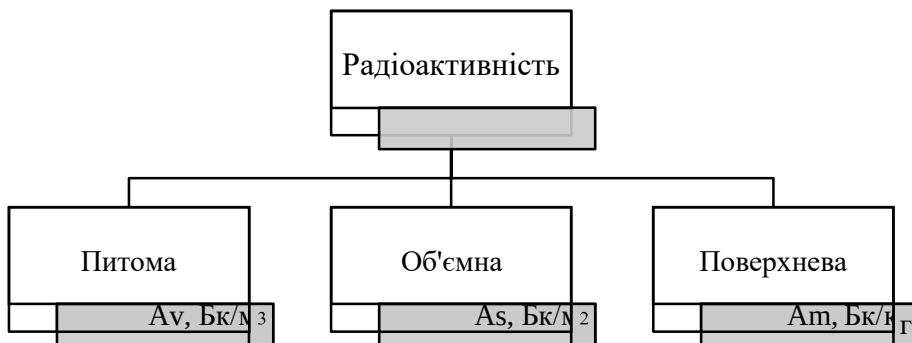


Рис. 1.1. Види радіоактивності

Об'ємну активність використовують для характеристики радіаційного забруднення повітря або рідини.

Поверхневу радіоактивність – відношення активності до площі поверхні – зручно застосовувати для характеристики забруднення робочих поверхонь або щільності забруднення ґрунту радіоактивними речовинами.

* ЦІКАВІ ФАКТИ

Після відкриття подружжя Кюрі радій став дуже популярним і затребуваним. На початку ХІІ ст. ціна на нього перевищила вартість алмазів. Йому приписували ряд корисних та цілющих властивостей, компанії-виробники додавали радій до складу питної води, пива, продуктів харчування, сигар, мила, вітамінів; із додаванням радію виготовляли лікарські засоби, косметику і одяг, що світилися у темряві

Питома радіоактивність характеризує активність одиниці маси речовини. Вона використовується, наприклад, для характеристики радіаційного забруднення харчових продуктів.

Розпад ядер атомів речовин відбувається поступово. Кожній радіоактивній речовині притаманна своя швидкість розпаду атомів, середня швидкість розпаду при цьому постійна*.

Кількість радіоактивних атомів радіонукліда зменшується з часом за експоненціальним законом, відповідно до якого число атомів (ядер) N_0 , які розпадаються за нескінченно малий проміжок часу Δt , пропорційне числу атомів N_t , яке є на момент часу t .

Закон розпаду виражається таким рівнянням (формула 1.1):

$$N_t = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t) \quad (1.1)$$

У формулі 1.1 використовується *стала радіоактивного розпаду* λ , яка є кількісною характеристикою швидкості розпаду радіоактивних елементів, і відображає частку атомів від їх загальної кількості, що розпадається за одиницю часу (с^{-1}). Між сталою розпаду та швидкістю розпаду існує прямо пропорційна залежність.

Однак в практичній діяльності в якості альтернативи сталій розпаду для характеристики швидкості розпаду радіоактивних елементів використовують період напіврозпаду $T_{1/2}$.

Період напіврозпаду – проміжок часу, за який розпадається половина початкової кількості ядер радіоактивної речовини. Тривалість періоду напіврозпаду різних радіонуклідів може дуже сильно відрізнятись (таблиця 1.1.)

Між $T_{1/2}$ і λ існує прямий зв'язок (формула 1.2):

* ЦІКАВІ ФАКТИ



Марія Кюрі працювала із радіоактивними речовинами без застосування засобів захисту, в результаті чого її записи, одяг, особисті речі зазнали значного радіаційного забруднення. Через більше ніж сто років після досліджень Марії Кюрі її речі мали підвищену радіоактивність, оскільки період напіврозпаду ^{226}Ra становить 1600 років, радіаційна небезпека від якого буде зберігатися ще тривалий час

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{T_{1/2}} \quad (1.2)$$

Таблиця 1.1

Періоди напіврозпаду деяких радіонуклідів

Радіонуклід	Період напіврозпаду	Радіонуклід	Період напіврозпаду
^{14}C	5700 років	^{214}Po	0,000164 секунди
^{32}P	14,3 діб	^{220}Rn	56 секунд
^{40}K	1,248 млрд. років	^{222}Rn	3,8 діб
^{60}Co	5,27 років	^{226}Ra	1600 років
^{90}Sr	29,12 років	^{232}Th	14 млрд. років
^{131}I	8,06 діб	^{235}U	0,7 млрд. років
^{134}Cs	2,062 років	^{238}U	4,5 млрд. років
^{137}Cs	30 років	^{239}Pu	24500 років
^{210}Po	138,4 діб	^{241}Pu	14,4 років
^{210}Pb	22,3 років	^{241}Am	432,7 років

Отже, закон радіоактивного розпаду можна виразити і таким чином (формула 1.3):

$$N_t = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}} \quad (1.3)$$

Використовуючи закон радіоактивного розпаду, можна визначити зменшення активності радіонукліда за певний проміжок часу (формула 1.4):

$$A_t = A_0 \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}} \quad (1.4)$$

де A_t – активність радіонукліда через час t .

Між активністю (Бк) і масою радіонукліда існує чітко визначений зв'язок.

Маса речовини визначається виразом (формула 1.5):

$$m = A \cdot 0,24 \cdot 10^{-23} \cdot A_r \cdot T_{1/2} \quad (1.5)$$

де m – маса речовини, г;

A – активність радіонукліда, Бк;

A_t – атомна маса даного радіонукліда, у.о.м.;

$T_{1/2}$ – період напіврозпаду радіонукліда, с.

І навпаки, знаючи масу радіонукліда, можна визначити його активність за наступним виразом (формула 1.6):

$$A [Бк / кг] = m \cdot \frac{4,17 \cdot 10^{23}}{A_t \cdot T_{1/2}} \quad (1.6)$$



Список літературних та інформаційних джерел

1. Анненков Б. Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии: учеб. Пособие для вузов по агр. спец. И спец. «Зоотехния». Москва: Агропромиздат, 1991. 288 с.
2. Гайченко В. А., Гудков І. М., Кашпаров В. О., Кічно В. О., Лазарєв М. М. Практикум з радіобіології та радіоекології: навч. посібник (вид. 2-е доповнене). Херсон: Олді-плюс, 2017. – 278 с.
3. Гродзинський Д. М. Радіобіологія: підручник. Київ: Либідь, 2000. 448 с.
4. Гудков І. М., Віннічук М. М. Сільськогосподарська радіобіологія: навч. посібник. Житомир: ДАУ, 2003. 470 с.
5. Константінов М. П., Журбенко О. А. Радіаційна безпека: навч. посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. 151 с.
6. Пристер Б. С., Лошилов Н. А., Немец О. Ф., Поярков В. А. Основы сельскохозяйственной радиологии: монография. Киев: Урожай, 1991. 472 с.
7. Славов В. П., Біденко В. М., Дідух М. І., Трохименко В. З., Лукомський О. М. Сільськогосподарська радіобіологія з основами радіоекології. Теоретичні основи та лабораторно-розрахунковий практикум: навч. Посібник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2015. 312 с.



Практична частина

Запитання для самостійного контролю знань

1. Наведіть визначення терміну «радіоактивність».

2. Які системні та позасистемні одиниці вимірювання радіоактивності? Як вони співвідносяться між собою?

3. Які види радіоактивності Вам відомі?

4. Для чого використовують об'ємну, питому та поверхневу радіоактивності? Наведіть приклади.

5. За допомогою якого рівняння виражається закон розпаду?

6. Яка залежність існує між сталою розпаду та швидкістю розпаду?

7. Що таке період напіврозпаду? Назвіть періоди напіврозпаду радіонуклідів, які вам відомі.

8. Якою формулою виражається закон радіоактивного розпаду?

9. Як можна визначити зменшення активності радіонукліда за певний проміжок часу? Наведіть формулу.

10. Чи існує зв'язок між активністю і масою радіонукліда?

11. За якою формулою можна визначити масу речовини, знаючи її активність?

12. Наведіть формулу, за якою можна визначити активність радіонукліду, знаючи його масу?



Завдання для самостійного контролю знань

Завдання 1. Активність ^{131}I на даний час становить 7 Бк (див. індивідуальні завдання в таблиці 1.2.). Визначити його активність через дві доби (в умові завдання використовуються дані приведені для першого варіанту).

Хід виконання

Знаходимо відповідне для свого варіанту значення початкової активності ^{131}I . Наприклад, це буде 22 Бк.

Користуючись формулою 1.4 визначаємо його активність через дві доби, підставляючи відповідні значення t (2 доби) і $T_{1/2}$ (для ^{131}I 8,06 діб – див. табл. 1.1.).

$$A_t = A_0 \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}}$$

$$A_t = 22 \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{2}{8,06}} = 22 \cdot 2,72^{-0,17} = 22 \cdot 0,84 = 18,48 \text{ Бк}$$

Отже, за дві доби активність ^{131}I зменшилась із 22 до 18,48 Бк.

Таблиця 1.2

Вихідні дані до завдання 1

Варіант	Активність ^{131}I , Бк	Період часу, діб	Варіант	Активність ^{131}I , Бк	Період часу, діб
1	7	2	14	20	16
2	8	22	15	21	9
3	9	6	16	25	14
4	10	23	17	14	9
5	11	5	18	19	26
6	12	21	19	27	7
7	13	8	20	24	13
8	14	10	21	26	4
9	15	24	22	49	18
10	16	11	23	46	25
11	17	15	24	54	3
12	18	20	25	25	19
13	19	12			

Завдання 2. Активність ^{137}Cs на даний час становить 18 Бк (див. індивідуальні завдання в таблиці 1.3). Визначити його активність через шість років.

Хід виконання

Порядок дій аналогічний до завдання 1.

Знаходимо відповідне для свого варіанту значення початкової активності ^{137}Cs .

Користуючись формулою визначаємо його активність через шість років, підставляючи відповідні значення t і $T_{1/2}$ (див. табл. 1.1.).

Таблиця 1.3

Вихідні дані до завдання 2

Варіант	Активність ^{137}Cs , Бк	Період часу, років	Варіант	Активність ^{137}Cs , Бк	Період часу, років
1	18	6	14	14	12
2	22	11	15	19	16
3	36	19	16	58	8
4	48	5	17	25	13
5	55	14	18	45	15
6	96	20	19	69	10
7	78	7	20	11	3
8	59	21	21	45	24
9	67	9	22	46	25
10	45	18	23	47	23
11	74	1	24	85	4
12	92	17	25	58	22
13	33	2			

Завдання 3. Згідно даних, наведених в таблиці 1.4, визначити масу 1 Бк ^{90}Sr .

Хід виконання

Знаходимо відповідне для свого варіанту значення активності ^{90}Sr . Наприклад, це буде 21 Бк.

Користуючись формулою 1.5, визначаємо його масу m :

$$m = A \cdot 0,24 \cdot 10^{-23} \cdot A_t \cdot T_{1/2}$$

$$m = 21 \cdot 0,24 \cdot 10^{-23} \cdot 90 \cdot 29,12 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 4,16 \cdot 10^{-12} \text{ г.}$$

Таблиця 1.4

Вихідні дані до завдання 3

Варіант	Активність ^{90}Sr , Бк	Варіант	Активність ^{90}Sr , Бк
1	1	14	54
2	1,5	15	47
3	2,6	16	95,4
4	3,9	17	51
5	56	18	2,6

Продовження табл. 1.4

6	28	19	5,8
7	49	20	5,9
8	4,9	21	27
9	18	22	15
10	5,9	23	57
11	7,5	24	49
12	12	25	25
13	86		

Завдання 4. Згідно даних, наведених в таблиці 1.5, визначити активність 10 г ^{134}Cs .

Хід виконання

Знаходимо відповідне для свого варіанту значення маси ^{134}Cs , припустимо це буде 22. Користуючись формулою 1.6 визначаємо активність радіонукліда:

$$A \text{ [Бк/кг]} = \frac{m \cdot 4,17 \cdot 10^{23}}{A_t \cdot T_{1/2}}$$

$$A \text{ [Бк/кг]} = \frac{22 \cdot 4,17 \cdot 10^{23}}{134 \cdot 2,062 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 10,5 \cdot 10^{14} \text{ Бк.}$$

Таблиця 1.5

Вихідні дані до завдання 4

Варіант	Маса ^{134}Cs , г	Варіант	Маса ^{134}Cs , г
1	10	14	9
2	15	15	11
3	11	16	25
4	9	17	17
5	4,5	18	9
6	3	19	36
7	14	20	45
8	25	21	15
9	78	22	18
10	15	23	23
11	45	24	54
12	17	25	33
13	5		

