

**ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ  
З ДИСЦИПЛІНИ  
ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

**Харків 2017**

# ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1

### Програмні питання

1. Основні терміни і визначення.
2. Природа радіації.
3. Види іонізуючих випромінювань:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  і нейтронне.
4. Джерела іонізуючих випромінювань.
5. Види радіаційного розпаду.
6. Природні і штучні радіоактивні нукліди. Радіоактивні ряди.
7. Кінетика радіоактивного розпаду, період напіврозпаду.

### Питання для самоконтролю

1. Предмет дисципліни «Поводження з радіоактивними матеріалами» та її зв'язок з іншими науками.
2. Основні поняття дисципліни.
3. Основні небезпеки радіаційного походження.
4. Поняття про природну радіацію.
5. Роль дисципліни в цивільній безпеці.

### Типові задачі

Приклад 1.

Які кількісні характеристики швидкості радіоактивного розпаду використовуються?

Розв'язання.

Для характеристики швидкості радіоактивного розпаду використовують:

–  $\lambda$  – стала розпаду, яка має смисл – вірогідності розпаду в одиницю часу;

– обернену до неї величиною, яка має смисл середнього часу життя нукліда  $\tau = 1/\lambda$ ;

– період напіврозпаду ( $T_{1/2}$ ) це проміжок часу за який розпадається половина кількості ядер даного ізотопу.

Приклад 2.

Закінчити рівняння реакцій ядерних перетворень:

, .

Розв'язання.

, .

Приклад 3.

Виразити 1 атомну одиницю маси в кг.

Розв'язання.

Маса одного атома ізотопу карбону прийнята точно рівною 12 а.о.м. Один моль атомів карбону має масу точно 12 г и містить  $N_A = 6,02205 \cdot 10^{23}$  атомів.

Маса 1 атома карбону дорівнює  $12 / 6,02205 \cdot 10^{23} = 1,99268 \cdot 10^{-23} \text{ г} = 1,99268 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ .

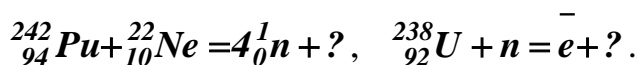
Тоді 1 а.о.м. відповідає  $1,99268 \cdot 10^{-26} / 12 = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

### Задачі для самостійного розв'язання

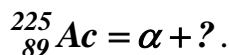
1. Розрахувати енергію зв'язку в ядрі атому  ${}^2_1\text{H}$  ( $m = 2,01374$  а.о.м.), якщо відомо що:  $m(p) = 1,00728$  а.о.м.,  $m(n) = 1,00866$  а.о.м.,  $m(e) = 0,000549$  а.о.м.

2. Визначити масу ядра  ${}^{16}_8\text{O}$ , якщо відомо, що енергія зв'язку в ядрі дорівнює 128 МеВ, а  $m(p) = 1,00728$  а.о.м.,  $m(n) = 1,00866$  а.о.м.

3. Закінчити рівняння реакцій ядерних перетворень:



4. Закінчити рівняння реакцій ядерних перетворень:  ${}^{99}_{42}\text{Mo} = \bar{e} + ?$ ,



5. Визначити середній час життя ядра елемента час напіврозпаду якого дорівнює 23 дні.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

### Програмні питання

1. Кількісні характеристики іонізуючих випромінювань.
2. Дозиметрія іонізуючих випромінювань.
3. Проникаюча здатність різних видів іонізуючих випромінювань.
4. Природний радіаційний фон.
5. Опромінювання від штучних джерел радіації.
6. Джерела іонізуючих випромінювань, що використовуються в медицині.
7. Основні джерела радіаційного забруднення навколишнього середовища. Атомна енергетика.
8. Професійне опромінювання. Міграція радіаційних забруднень.

### Питання для самоконтролю

1. Кількісні характеристики іонізуючих випромінювань.
2. Дозиметрія іонізуючих випромінювань.
3. Проникаюча здатність різних видів іонізуючих випромінювань.

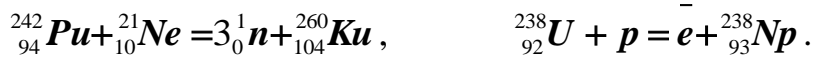
### Типові задачі

Приклад 4.

Закінчити рівняння реакцій ядерних перетворень:



Розв'язання.



Приклад 5.

Виразити 1 атомну одиницю маси в кг.

Розв'язання.

Маса одного атома ізотопу карбону  ${}_{6}^{12}\text{C}$  прийнята точно рівною 12 а.о.м.

Один моль атомів карбону має масу точно 12 г и містить  $N_A = 6,02205 \cdot 10^{23}$  атомів.

Маса 1 атома карбону дорівнює  $12 / 6,02205 \cdot 10^{23} = 1,99268 \cdot 10^{-23}$  г =  $= 1,99268 \cdot 10^{-26}$  кг.

Тоді 1 а.о.м. відповідає  $1,99268 \cdot 10^{-26} / 12 = 1,66057 \cdot 10^{-27}$  кг.

Приклад 6.

Розрахувати енергію зв'язку в ядрі атому  ${}_{9}\text{F}$  ( $m = 18,9984$  а.о.м.), якщо відомо що:  $m(\text{p}) = 1,00728$  а.о.м.,  $m(\text{n}) = 1,00866$  а.о.м.,  $m(\text{e}) = 0,000549$  а.о.м.

Розв'язання.

Атом фтору складається з 9 протонів, 10 нейтронів і 9 електронів. Сумарна маса цих елементарних частинок буде дорівнювати:  $9 \cdot 1,00728 + 10 \cdot 1,00866 + 9 \cdot 0,000549 = 19,15703$  а.о.м.

Дефект маси складає:  $\Delta m = 19,15703 - 18,9984 = 0,15863$  а.о.м. =  $2,63416 \cdot 10^{-28}$  кг.

Енергія зв'язку складе:  $E_{\text{зв'язк}} = \Delta m \cdot c^2 = 2,63416 \cdot 10^{-28} \cdot (2,99792 \cdot 10^8)^2 = 2,3675 \cdot 10^{-11}$  Дж.

Приклад 7.

Скільки атомів  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  розпадеться за 1 годину, якщо зразок матеріалу містить 1 г атомів цього нукліду? Час напіврозпаду  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  складає 24,1 дня?

Розв'язання.

Кількість атомів  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  дорівнює  $N_0 = (m \cdot N_A) / A = (1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) / 234 = 2,573 \cdot 10^{21}$  атомів.

Запишемо закон радіоактивного розпаду:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot e^{-(0,693 \cdot t) / T_{1/2}} = 2,573 \cdot 10^{21} \cdot e^{-(0,693 \cdot 60 \cdot 60) / 24,1 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 2,5699 \cdot 10^{21}$$

$$N_0 - N_t = 2,573 \cdot 10^{21} - 2,567 \cdot 10^{21} = 6 \cdot 10^{18} \text{ атомів.}$$

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Запишіть закони радіоактивного розпаду в диференційному та інтегральному вигляді.
2. Що таке період напіврозпаду і постійна розпаду?

3. Що називають віковою рівновагою?
4. Дати визначення активності нукліда.
5. Які існують види радіоактивного розпаду?

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3

#### Програмні питання

1. Фізична дія іонізуючих випромінювань.
2. Поняття про радіаційне матеріалознавство і радіаційні дефекти.
3. Хімічна дія іонізуючих випромінювань.
4. Поняття про радіохімію.
5. Біологічна дія іонізуючих випромінювань.
6. Механізм біологічної дії радіації.
7. Фізико-дозиметричні аспекти дії іонізуючих випромінювань на організм людини.
8. Вплив радіації низького і високого рівня на здоров'я людини.
9. Гострі ураження.
10. Летальні дози.
11. Генетичні наслідки опромінювання.
12. Зовнішнє та внутрішнє опромінювання.
13. Еволюція біосфери і дія малих доз випромінювання.
- 14.

#### Питання для самоконтролю

1. Як тепловий ефект реакції залежить від температури?
2. Що таке теплота утворення?
3. Що таке теплота згоряння?
4. Що таке теплота розчинення і теплота розведення?
5. Які види теплот розчинення Вам відомі?

#### Типові задачі

Приклад 7.

Скільки атомів  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  розпадеться за 1 годину, якщо зразок матеріалу містить 1 г атомів цього нукліду? Час напіврозпаду  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  складає 24,1 дня?

Розв'язання.

Кількість атомів  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  дорівнює  $N_0 = (m \cdot N_A) / A = (1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) / 234 = 2,573 \cdot 10^{21}$  атомів.

Запишемо закон радіоактивного розпаду:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot e^{-(0,693 \cdot t) / T_{1/2}} = 2,573 \cdot 10^{21} \cdot e^{-(0,693 \cdot 60 \cdot 60) / 24,1 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}$$

$$= 2,5699 \cdot 10^{21}$$

$$N_0 - N_t = 2,573 \cdot 10^{21} - 2,567 \cdot 10^{21} = 6 \cdot 10^{18} \text{ атомів.}$$

Приклад 8.

Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,4 м його інтенсивність зменшилася на 65%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.

Розв'язання.

Послаблення  $\gamma$  – випромінювання відповідає експоненціальному закону:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot l},$$

де  $I$  – інтенсивність випромінювання після проходження крізь речовину,

$I_0$  – початкова інтенсивність випромінювання,

$l$  – довжина шляху випромінювання в середовищі,

$\mu$  – лінійний коефіцієнт послаблення  $\gamma$  – випромінювання.

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1 - 0,65}{1} = 0,35. \quad \frac{I}{I_0} = e^{-\mu \cdot l} = e^{-(0,693 \cdot l) / T_{1/2}} = 0,35.$$

$$-(0,693 \cdot l) / T_{1/2} = \ln 0,35 = -1,0498. \quad T_{1/2} = 0,693 \cdot 0,4 / 1,0498 = 0,26 \text{ м}$$

1. Визначити абсолютну радіоактивність зразка матеріалу, що містить  $10^{-4}$  г  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ .  $T_{1/2} = 138,4$  дня.
2. Визначити швидкість руху  $\alpha$ - частинки, енергія якої дорівнює 5,31 МеВ.
3. Визначити масу радіоактивного ізотопу  ${}^{209}_{82}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 3,22$  години) який міститься в зразку нерадіоактивного матеріалу, якщо абсолютна радіоактивність його становить  $1,8 \cdot 10^6$  Бк.
4. У зразку нерадіоактивного матеріалу міститься  $10^{17}$  атомів ізотопу радіоактивного елемента. Абсолютна радіоактивність цього зразка становить  $7,14 \cdot 10^7$  Бк. Визначити період напіврозпаду цього радіоактивного елемента.
5. За який час кількість атомів ізотопу  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$  ( $T_{1/2} = 3,82$  дня) зменшиться в 10 разів?

### Задачі для самостійного розв'язання

1. За який час кількість атомів ізотопу  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$  ( $T_{1/2} = 3,82$  дня) зменшиться в 10 разів?
2. Який час потрібно для зменшення активності ізотопу  ${}^{209}_{82}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 3,22$  години) в 1000 разів?
3. Який час потрібно для зменшення вмісту  ${}^{238}_{92}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  років) на 10 %?

4. Яке ядро утвориться під час  $\alpha$ -розпаду ізотопу  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  ?
5. Яке ядро утвориться під час  $\beta$ -розпаду ізотопу  ${}^{32}_{15}\text{P}$  ?
6. Яка енергія виділиться під час анігіляції електрона і позитрона?
7. Яка частота і довжина хвилі відповідає  $\gamma$ -кванту з енергією  $2,7 \cdot 10^6$  еВ?
8. Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,52 м його інтенсивність зменшилася на 15%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.

#### **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4**

##### **Контрольна робота №1**

##### **Теоретичні питання**

1. З яких елементарних частинок складається ядро атома?
2. Які Вам відомі природні радіоактивні елементи?
3. Що таке – радіоактивні сімейства?
4. Що таке радіоактивний розпад?
5. Запишіть закони радіоактивного розпаду в диференційному та інтегральному вигляді.
6. Що таке період напіврозпаду і постійна розпаду?
7. Що називають віковою рівновагою?
8. Дати визначення активності нукліда.
9. Які існують види радіоактивного розпаду?
10. Які процеси називають ядерними реакціями?
11. Які особливості взаємодії  $\alpha$ -частинок з речовинами?
12. Які особливості взаємодії  $\beta$ -частинок з речовинами?
13. Взаємодія  $\gamma$ -квантів з речовинами.
14. Які Вам відомі хімічні ефекти іонізуючих випромінювань?
15. Що таке радіоліз води ?
16. Які продукти утворюються при радіолізі органічних сполук?
17. Які процеси відбуваються під час дії випромінювань на тверді тіла?
18. Які процеси відбуваються під час дії випромінювання на полімери?
19. В чому закладається біологічна дія іонізуючих випромінювань?
20. Які Вам відомі джерела радіаційного випромінювання на живі організми?
21. Який тип опромінювання – зовнішнє або внутрішнє більш небезпечно для людини?
22. Які шляхи проникнення радіоактивних речовин в організм Вам відомі?
23. Що таке – радіочутливість органів?

24. Ядерна енергетика. Ланцюгова реакція поділу урану.
25. Що таке – ядерно-паливний цикл?
26. Як впливає ядерна енергія на навколишнє середовище?
27. Які методи переробки опроміненого ядерного палива Вам відомі?
28. Що таке ядерні відходи?
29. Які методи реєстрації випромінювання існують?
30. Що таке радіаційна безпека?
31. Основні поняття й терміни радіаційної безпеки.
32. Дати визначення таких понять: поглинена доза випромінювання, еквівалентна доза випромінювання, ефективна доза випромінювання, гранично допустима доза випромінювання.
33. Джерела радіоактивності в навколишньому середовищі: природні, техногенні, антропогенні.
34. Що таке природний радіаційний фон?
35. Що таке технологічний радіаційний фон?

#### Розрахункові задачі

1. Розрахувати енергію зв'язку в ядрі атому  ${}^2_1\text{H}$  ( $m = 2,01374$  а.о.м.), якщо відомо що:  $m(p) = 1,00728$  а.о.м.,  $m(n) = 1,00866$  а.о.м.,  $m(e) = 0,000549$  а.о.м.
2. Визначити масу ядра  ${}^{16}_8\text{O}$ , якщо відомо, що енергія зв'язку в ядрі дорівнює 128 МеВ, а  $m(p) = 1,00728$  а.о.м.,  $m(n) = 1,00866$  а.о.м.
3. Закінчити рівняння реакцій ядерних перетворень:  
 ${}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} = 4{}_0^1n + ?$ ,  ${}^{238}_{92}\text{U} + n = e^- + ?$ .
4. Закінчити рівняння реакцій ядерних перетворень:  ${}^{99}_{42}\text{Mo} = e^- + ?$ ,  
 ${}^{225}_{89}\text{Ac} = \alpha + ?$ .
5. Визначити середній час життя ядра елемента час напіврозпаду якого дорівнює 23 дні.
6. Визначити імовірність розпаду протягом 1с ядра атома з часом напіврозпаду 3,4 години.
7. Як зміниться число ядер атома  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  за 1 годину, якщо  $T_{1/2} = 24,1$  дні?
8. Визначити час напіврозпаду елемента, якщо відомо, що за 10 годин його активність зменшилась на 22%.
9. Визначити абсолютну радіоактивність зразка матеріалу, що містить  $10^{-4}$  г  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ .  $T_{1/2} = 138,4$  дня.
10. Визначити швидкість руху  $\alpha$ - частинки, енергія якої дорівнює 5,31 МеВ.
11. Визначити масу радіоактивного ізотопу  ${}^{209}_{82}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 3,22$  години) який міститься в зразку нерадіоактивного матеріалу, якщо абсолютна радіоактивність його становить  $1,8 \cdot 10^6$  Бк.



12. У зразку нерадіоактивного матеріалу міститься  $10^{17}$  атомів ізотопу радіоактивного елемента. Абсолютна радіоактивність цього зразка становить  $7,14 \cdot 10^7$  Бк. Визначити період напіврозпаду цього радіоактивного елемента.
13. За який час кількість атомів ізотопу  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$  ( $T_{1/2} = 3,82$  днів) зменшиться в 10 разів?
14. Який час потрібно для зменшення активності ізотопу  ${}^{209}_{82}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 3,22$  години) в 1000 разів?
15. Який час потрібно для зменшення вмісту  ${}^{238}_{92}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  років) на 10 %?
16. Яке ядро утвориться під час  $\alpha$ -розпаду ізотопу  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ ?
17. Яке ядро утвориться під час  $\beta$ -розпаду ізотопу  ${}^{32}_{15}\text{P}$ ?
18. Яка енергія виділиться під час анігіляції електрона і позитрона?
19. Яка частота і довжина хвилі відповідає  $\gamma$ -кванту з енергією  $2,7 \cdot 10^6$  еВ?
20. Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,52 м його інтенсивність зменшилася на 15%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5

#### Програмні питання

- Захист від дії радіаційного випромінювання.
- Профілактичні міри захисту від природного опромінювання.
- Нормування радіаційної безпеки.
- Боротьба з радіаційним пилом.
- Засоби індивідуального захисту від радіації.
- Фізико-хімічні основи процесу дезактивації.
- Правила роботи з джерелами іонізуючого випромінювання.
- Правила ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів.

#### Типові задачі

Приклад 8.

Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,4 м його інтенсивність зменшилася на 65%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.

Розв'язання.

Послаблення  $\gamma$  – випромінювання відповідає експоненціальному закону:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot l},$$

де  $I$  – інтенсивність випромінювання після проходження крізь речовину,  
 $I_0$  – початкова інтенсивність випромінювання,

$l$  – довжина шляху випромінювання в середовищі,  
 $\mu$  – лінійний коефіцієнт послаблення  $\gamma$  – випромінювання.

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1 - 0,65}{1} = 0,35. \quad \frac{I}{I_0} = e^{-\mu l} = e^{-(0,693l)/l_{1/2}} = 0,35.$$

$$-(0,693 \cdot l)/l_{1/2} = \ln 0,35 = -1,0498. \quad l_{1/2} = 0,693 \cdot 0,4 / 1,0498 = 0,26 \text{ м}$$

Приклад 9.

Чому дорівнює еквівалентна доза  $\alpha$ -опромінювання людини, що знаходилась в області де потужність поглинутої дози складала  $2 \cdot 10^{-6}$  Гр/с протягом 2,5 години. Коефіцієнт якості  $\alpha$ -випромінювання дорівнює 20.

Розв'язання.

$$\text{Еквівалентна доза дорівнює: } D_{\text{екв}} = k \cdot D_{\text{погл}},$$

де  $k$  – коефіцієнт якості випромінювання.

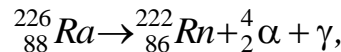
$$\text{Поглинена доза дорівнює: } D_{\text{погл}} = P \cdot t,$$

де  $P$  – потужність дози, що поглинута,  $t$  – час опромінювання.

$$D_{\text{екв}} = k \cdot D_{\text{погл}} = k \cdot P \cdot t = 20 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 3600 = 0,36 \text{ Зв.}$$

Приклад 10.

Розрахувати початкову швидкість  $\alpha$ -частинки, яка утворюється під час розпаду Радію:



Якщо енергія  $\alpha$ -частинки дорівнює 4,8 Мев.

Розв'язання.

$$\text{Кінетична енергія } \alpha\text{-частинки дорівнює } E = \frac{mv^2}{2}.$$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,8 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}} = 1,522 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 15220 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

#### Задачі для самостійного розв'язання

1. Яке ядро утвориться під час  $\alpha$ -розпаду ізотопу  ${}_{84}^{210}\text{Po}$ ?
2. Яке ядро утвориться під час  $\beta$ -розпаду ізотопу  ${}_{15}^{32}\text{P}$ ?
3. Яка енергія виділиться під час анігіляції електрона і позитрона?
4. Яка частота і довжина хвилі відповідає  $\gamma$ -кванту з енергією  $2,7 \cdot 10^6$  еВ?
5. Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,52 м його інтенсивність зменшилася на 15%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

### Програмні питання

Технології збирання та захоронення радіоактивних відходів.

Очистка газо-аерозольних викидів АЕС.

Концентрування і отвердження рідких радіоактивних відходів.

Сховища радіоактивних відходів.

Контейнери для радіоактивних відходів.

Відпрацьоване ядерне паливо.

Міжнародні правила переміщення відпрацьованого ядерного палива.

Радіаційні аварії та їх наслідки.

Оцінка радіаційної обстановки.

Оцінка віддалених наслідків аварій.

Захист населення при радіоактивному забрудненні. Ліквідація наслідків радіаційних аварій. Аварія на ЧАЕС. Об'єкт «Укриття».

### Типові задачі

Приклад 8.

Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,4 м його інтенсивність зменшилася на 65%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.

Розв'язання.

Послаблення  $\gamma$  – випромінювання відповідає експоненціальному закону:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot l},$$

де  $I$  – інтенсивність випромінювання після проходження крізь речовину,

$I_0$  – початкова інтенсивність випромінювання,

$l$  – довжина шляху випромінювання в середовищі,

$\mu$  – лінійний коефіцієнт послаблення  $\gamma$  – випромінювання.

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1 - 0,65}{1} = 0,35. \quad \frac{I}{I_0} = e^{-\mu \cdot l} = e^{-(0,693 \cdot l) / l_{1/2}} = 0,35.$$

$$-(0,693 \cdot l) / l_{1/2} = \ln 0,35 = -1,0498. \quad l_{1/2} = 0,693 \cdot 0,4 / 1,0498 = 0,26 \text{ м}$$

Приклад 9.

Чому дорівнює еквівалентна доза  $\alpha$ -опромінення людини, що знаходилась в області де потужність поглинутої дози складала  $2 \cdot 10^{-6}$  Гр/с протягом 2,5 години. Коефіцієнт якості  $\alpha$ -випромінювання дорівнює 20.

Розв'язання.

$$\text{Еквівалентна доза дорівнює: } D_{\text{екв}} = k \cdot D_{\text{погл}}$$

де  $k$  – коефіцієнт якості випромінювання.

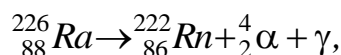
$$\text{Поглинена доза дорівнює: } D_{\text{ноз}} = P \cdot t,$$

де  $P$  – потужність дози, що поглинута,  $t$  – час опромінення.

$$D_{екв} = k \cdot D_{нози} = k \cdot P \cdot t = 20 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 3600 = 0,36 \text{ Зв.}$$

Приклад 10.

Розрахувати початкову швидкість  $\alpha$ -частинки, яка утворюється під час розпаду Радію:



Якщо енергія  $\alpha$ -частинки дорівнює 4,8 Мев.

Розв'язання.

Кінетична енергія  $\alpha$ -частинки дорівнює  $E = \frac{mv^2}{2}$ .

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,8 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}} = 1,522 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 15220 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

### Задачі для самостійного розв'язання

1. У зразку нерадіоактивного матеріалу міститься  $10^{17}$  атомів ізотопу радіоактивного елемента. Абсолютна радіоактивність цього зразка становить  $7,14 \cdot 10^7$  Бк. Визначити період напіврозпаду цього радіоактивного елемента.
2. За який час кількість атомів ізотопу  ${}_{86}^{220}\text{Rn}$  ( $T_{1/2} = 3,82$  дня) зменшиться в 10 разів?
3. Який час потрібно для зменшення активності ізотопу  ${}_{82}^{209}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 3,22$  години) в 1000 разів?
4. Який час потрібно для зменшення вмісту  ${}_{92}^{238}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  років) на 10 %?
5. Яке ядро утвориться під час  $\alpha$ -розпаду ізотопу  ${}_{84}^{210}\text{Po}$ ?
6. Яке ядро утвориться під час  $\beta$ -розпаду ізотопу  ${}_{15}^{32}\text{P}$ ?
7. Яка енергія виділиться під час анігіляції електрона і позитрона?

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7

#### Контрольна робота № 2

#### Теоретичні питання

8. Захист від дії радіаційного випромінювання.
9. Профілактичні міри захисту від природного опромінювання.
10. Нормування радіаційної безпеки.
11. Боротьба з радіаційним пилом.
12. Засоби індивідуального захисту від радіації.
13. Фізико-хімічні основи процесу дезактивації.
14. Правила роботи з джерелами іонізуючого випромінювання.

15. Правила ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів.
16. Технології збирання та захоронення радіоактивних відходів.
17. Очистка газо-аерозольних викидів АЕС.
18. Концентрування і отвердження рідких радіоактивних відходів.
19. Сховища радіоактивних відходів.
20. Контейнери для радіоактивних відходів.
21. Відпрацьоване ядерне паливо.
22. Міжнародні правила переміщення відпрацьованого ядерного палива.
23. Радіаційні аварії та їх наслідки.
24. Оцінка радіаційної обстановки.
25. Оцінка віддалених наслідків аварій.
26. Захист населення при радіоактивному забрудненні.
27. Ліквідація наслідків радіаційних аварій.
28. Аварія на ЧАЕС. Об'єкт «Укриття».

#### **Розрахункові задачі**

1. Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,52 м його інтенсивність зменшилася на 15%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.
2. У зразку нерадіоактивного матеріалу міститься  $10^{17}$  атомів ізотопу радіоактивного елемента. Абсолютна радіоактивність цього зразка становить  $7,14 \cdot 10^7$  Бк. Визначити період напіврозпаду цього радіоактивного елемента.
3. Який час потрібно для зменшення активності ізотопу ( $T_{1/2} = 3,22$  години) в 1000 разів?
4. Записати рівняння реакцій які відбуваються під час скловання радіоактивних відходів.
5. Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,2 м його інтенсивність зменшилася на 5%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку.
6. Записати хімічні формули поверхневоактивних речовин які використовуються як компоненти дезактиваційних розчинів.
7. Привести приклади металів які найкраще захищають в ід гама випромінювання.

#### **ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ.**

##### **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1 Вимірювання потужності еквівалентної дози.**

1. Знайомство з правилами охорони праці під час роботи з джерелами іонізуючих випромінювань (30 хв.).

2. Знайомство з вимогами і порядком лабораторного практикуми (20 хв.).
3. Складання заліку з правил охорони праці під час роботи з джерелами іонізуючих випромінювань (30 хв.).
4. Знайомство з роботою дозиметра-радіометра «ТЕРРА» (20 хв.).
5. Вимірювання потужності еквівалентної дози на різних об'єктах (40 хв.).
6. Захист лабораторної роботи (20 хв.).

### **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №2**

#### **Дослідження поглинання ІВ різними матеріалами**

1. Знайомство з правилами охорони праці під час роботи з джерелами іонізуючих випромінювань (20 хв.).
2. Розбір експериментальної частин лабораторної роботи (20 хв.).
3. Виконання експерименту (60 хв.).
4. Проведення розрахунків та оформлення роботи (30 хв.).
5. Захист лабораторної роботи (20 хв.).

### **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №3**

#### **Концентрування і отвердження рідких радіоактивних відходів.**

1. Знайомство з правилами охорони праці під час роботи з джерелами іонізуючих випромінювань (20 хв.).
2. Розбір експериментальної частин лабораторної роботи (20 хв.).
3. Виконання експерименту (70 хв.).
4. Проведення розрахунків та оформлення роботи (20 хв.).
5. Захист лабораторної роботи (20 хв.).