

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНИХ  
РОБІТ  
З ДИСЦИПЛІНИ  
ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

**Харків 2017**

Мета методичних вказівок – допомогти курсантам і студентам у самостійній роботі з оволодіння теоретичними та практичними знаннями з дисципліни «Поводження з радіоактивними матеріалами» шляхом розв'язання розрахункових задач. Методичні вказівки вміщують: програму курсу, список рекомендованої літератури, приклади розв'язання типових задач, умови задач до практичних і контрольних робіт, питання для самоконтролю та довідкові матеріали.

## Програма

### **Модуль 1. Властивості радіоактивних речовин та іонізуючих випромінювань.**

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

Кількісні характеристики іонізуючих випромінювань. Дозиметрія іонізуючих випромінювань. Проникаюча здатність різних видів іонізуючих випромінювань.

Природний радіаційний фон. Опромінювання від штучних джерел радіації. Джерела іонізуючих випромінювань, що використовуються в медицині. Основні джерела радіаційного забруднення навколишнього середовища. Атомна енергетика. Професійне опромінювання. Міграція радіаційних забруднень.

Фізична дія іонізуючих випромінювань. Поняття про радіаційне матеріалознавство і радіаційні дефекти. Хімічна дія іонізуючих випромінювань. Поняття про радіохімію. Біологічна дія іонізуючих випромінювань. Механізм біологічної дії радіації.

Фізико-дозиметричні аспекти дії іонізуючих випромінювань на організм людини. Вплив радіації низького і високого рівня на здоров'я людини. Гострі ураження. Летальні дози. Генетичні наслідки опромінювання. Зовнішнє та внутрішнє опромінення. Еволюція біосфери і дія малих доз випромінювання.

### **Модуль 2. Технології поводження з радіоактивними матеріалами і джерелами іонізуючих випромінювань.**

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.

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».

## ЛІТЕРАТУРА

1. Батлук В.А. Радіаційна екологія. К. Знання. 2009.- 309. с.
2. Рудичев В.Г. и др. Безопасность сухого хранения ядерного топлива. Х.: ХНУ.- 2013.- 200с.
3. Перепелятников Г.П. Основы загалльної радіоекології. К.: Атіка, 2012.- 440 с.
4. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Ю.О. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін та ін. Х.: АЦЗУ. 2005.–530 с.
5. Шоботов В.М. Цивільна оборона. К.: 2004.–438 с.
6. Чернявский І.Ю., Марушенко В.В., Мартинюк І.М. Військова дозиметрія. Х.: ХП.-2012.-560 с.
7. Грек А.М. Аварії на радіаційно, хімічно та біологічно небезпечних об'єктах. Х.: ХП.-2012.-172 с.

## Приклади розв'язання задач

### Приклад 1.

Які виділяють види небезпечних факторів за характером походження?

Розв'язання.

Небезпечні та шкідливі фактори за своїм походженням поділяються на: фізичні, хімічні біологічні та психофізіологічні.

### Приклад 2.

Які види вражаючих факторів виділяють за характером дії на організм людини?

Розв'язання.

Залежно від наслідків впливу конкретних вражаючих факторів на організм людини вони поділяються на шкідливі та небезпечні.

Небезпечний фактор – природний чи техногенний чинник, вплив якого на людину за певних умов призводить до травм, гострого отруєння або іншого раптового погіршення стану здоров'я або смерті.

Шкідливий фактор – природний чи техногенний чинник, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності і (або) негативного впливу на здоров'я людини чи її нащадків.

### Приклад 3.

Які кількісні характеристики швидкості радіоактивного розпаду використовуються?

Розв'язання.

Для характеристики швидкості радіоактивного розпаду використовують:

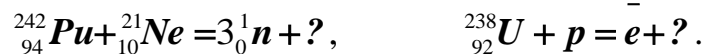
–  $\lambda$  – *сталу розпаду*, яка має смисл – вірогідності розпаду в одиницю часу;

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

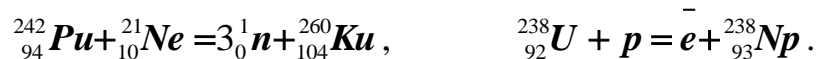
– *період напіврозпаду* ( $T_{1/2}$ ) це проміжок часу за який розпадається половина кількості ядер даного ізотопу.

### Приклад 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:  $m(p) = 1,00728$  а.о.м.,  $m(n) = 1,00866$  а.о.м.,  $m(e) = 0,000549$  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  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  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.

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

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

### 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  $\alpha$ -випромінення дорівнює 20.

Розв'язання.

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

де  $k$  – коефіцієнт якості випромінювання.

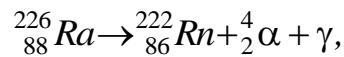
$$\text{Поглинена доза дорівнює: } D_{\text{погл}} = P \cdot t,$$

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

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

### Приклад 10.

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



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

Розв'язання.

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

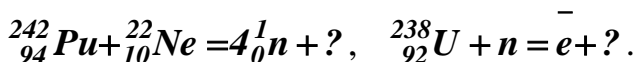
$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,8 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}} = 1,522 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 15220 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

### Задачі для самостійного розв'язання

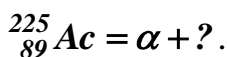
1. Розрахувати енергію зв'язку в ядрі атому  ${}^2_1\text{H}$  ( $m = 2,01374$  а.о.м.), якщо відомо що:  $m(p) = 1,00728$  а.о.м.,  $m(n) = 1,00866$  а.о.м.,  $m(e) = 0,000549$  а.о.м.

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:  ${}_{42}^{99}\text{Mo} = e + ?$ ,



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

6. Визначити середній час життя ядра елемента час напіврозпаду якого дорівнює 23 хвилини.

7. Визначити імовірність розпаду протягом 1с ядра атома з часом напіврозпаду 3,4 години.

8. Визначити імовірність розпаду протягом 1с ядра атома з часом напіврозпаду 6,2 роки.

9. Як зміниться число ядер атома  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  за 1 годину, якщо  $T_{1/2} = 24,1$  дні?

10. Визначити час напіврозпаду елемента, якщо відомо, що за 10 годин його активність зменшилась на 22%.

11. Визначити час напіврозпаду елемента, якщо відомо, що за 10 років його активність зменшилась на 50%.

12. Визначити абсолютну радіоактивність зразка матеріалу, що містить  $10^{-4}$  г  ${}_{84}^{210}\text{Po}$ .  $T_{1/2} = 138,4$  дня.

13. Визначити швидкість руху  $\alpha$ - частинки, енергія якої дорівнює 5,31 МеВ.

14. 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.
15. 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.
16. За який час кількість атомів ізотопу  $^{220}_{86}\text{Rn}$  ( $T_{1/2} = 3,82$  дня) зменшиться в 10 разів?
17. Який час потрібно для зменшення активності ізотопу  $^{209}_{82}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 3,22$  години) в 1000 разів?
18. Який час потрібно для зменшення вмісту  $^{238}_{92}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  років) на 10 %?
19. Яке ядро утвориться під час  $\alpha$ -розпаду ізотопу  $^{210}_{84}\text{Po}$  ?
20. Яке ядро утвориться під час  $\beta$ -розпаду ізотопу  $^{32}_{15}\text{P}$  ?
21. Яка енергія виділиться під час анігіляції електрона і позитрона?
22. Яка частота і довжина хвилі відповідає  $\gamma$ -кванту з енергією  $2,7 \cdot 10^6$  еВ?
23. 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.
24. Під час проходження  $\gamma$ -випромінювання крізь матеріал товщиною 0,22 м його інтенсивність зменшилася на 5%. Визначити шлях половинного послаблення  $\gamma$ -випромінювання для цього випадку