

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

**“ ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ”**

за спеціальністю 183 “Технології захисту навколишнього середовища”
Рівень вищої освіти - магістр

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи з дисципліни

**“ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА ”**

за спеціальністю “**Технології захисту навколишнього середовища**”

Рівень вищої освіти - магістр

Узгоджено
у деканаті факультету
магістерської та
аспірантської
підготовки

Одеса 2017

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища ” для студентів факультету МАП за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища», Одеса, ОДЕКУ, 2017р., 53 с. укр. мова

Укладач: канд. фіз.-мат.наук, доцент Курятников В.В.

Зміст

Вступ.	4
1. Загальна частина.	4
1.1 Мета і задачі курсу.	4
1.2 Перелік тем практичних занять	5
1.3 Перелік навчальної літератури.	6
2. Повчання по виконанню практичних завдань. Теми та зміст практичних занять.	7
2.1 Тема 1 Сучасні інженерно-фізичні задачі екологічної безпеки та моніторингу навколишнього середовища	7
2.2 Тема 2 Розрахунки ступеня очищення об'єктів навколишнього середовища в сучасних технологічних установках	14
2.3 Тема 3 Радіаційне забруднення. Захист від радіації	21
2.4 Тема 4 Розрахунки доз та потужностей доз випромінювання в умовах підвищеної радіаційної безпеки.	28
2.5 Тема 5 Екологічні прилади та системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій.	33
3 Контрольні заходи на практичних заняттях з дисципліни “Інженерно- фізичні аспекти захисту навколишнього середовища”	44
4. Приклади тестових завдань для самоперевірки знань	44
Додатки	50

Вступ

Мета цих методичних вказівок - допомогти студентам факультету магістерської підготовки спеціальності “Технології захисту навколишнього середовища” в практичній роботі при вивченні дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища”.

Практичні заняття з цієї дисципліни потребують:

- підготовку до практичних занять;
- підготовку до усного опитування під час занять;
- підготовку до залікової контрольної роботи;
- підготовку до виступів на студентській науковій конференції.

В загальній частині цих методичних вказівок наведені мета і задачі практичної частини дисципліни, які відповідають навчальному плану і робочій програмі курсу. Дається перелік основної та додаткової навчальної літератури та перелік знань і вмінь, якими повинен володіти студент після проходження практичної підготовки з даної дисципліни.

Другий розділ цих методичних вказівок "Організація самостійної роботи студентів " містить:

- перелік завдань по практичним заняттям;
- повчання по виконанню практичних завдань за дисципліною “ Технології захисту навколишнього середовища ”.

1. Загальна частина

Навчальна дисципліна “ дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища ” є обов’язковою, професійно орієнтованою для спеціальності - 183 “ Технології захисту навколишнього середовища”.

1.1 Мета і задачі курсу

Мета і задачі практичної підготовки з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища” полягає у формуванні у студентів практичних знань інженерно-фізичних аспектів захисту об’єктів навколишнього середовища, здатності застосовувати адекватні до умов галузі сучасні технології захисту екосистем.

Задачі практичної частини курсу: засвоєння знань інженерних принципів захисту об’єктів навколишнього середовища, практичних знань засобів та методів діагностики екологічно-небезпечних зовнішніх збурень, придбання навичок використання приладів для фізичних вимірювань параметрів навколишнього середовища, вмінь щодо ліквідації наслідків забруднення довкілля та організації безпечної життєдіяльності людей в умовах підвищеного екологічного ризику.

Перелік вмінь та навичок

В результаті вивчення матеріалу дисципліни студент забов'язаний:

Вміти:

- оцінювати рівень небезпеки забруднення навколишнього середовища;
- розраховувати режими роботи очисного обладнання для екологічно безпечного природокористування;
- аналізувати шляхи міграції радіонуклідів у природних середовищах і екосистемах ;
- організовувати життєдіяльність в умовах радіоактивного забруднення, що забезпечує мінімізацію дозових навантажень;

придбати навички:

- у користуванні дослідницькими приладами для вимірювання рівня забруднення навколишнього середовища;
- на основі інженерно-фізичних принципів захисту навколишнього середовища ліквідування наслідків забруднення навколишнього середовища.

Компетенції (шифри основних фахових компетенцій у ОПП - КСП-07, КСП-08, КСП-09):

КСП-07 - Знання інженерних принципів захисту об'єктів навколишнього середовища. Здатність застосовувати адекватні до умов галузі сучасні технології захисту екосистем;

КСП-08 - Знання новітніх технологій (геоінформаційних, нанотехнологій, біотехнологій та ін.) для захисту екосистем;

КСП-09 - Володіння методами діагностики екологічно-небезпечних зовнішніх збурень і навичками використання приладів для фізичних вимірювань.

До основних методів (технологій) навчання належать:

- елементи проблемного навчання, що реалізуються на практичних заняттях;
- компетентностний підхід, що реалізується на практичних заняттях;
- навчально-дослідна діяльність, що реалізується на практичних заняттях;

Дисципліна містить 1 практичний модуль. Формою підсумкового контролю є залік. Студенти виконують залікову контрольну роботу.

1.2 Перелік тем практичних занять

1. Тема 1 Сучасні інженерно-фізичні задачі екологічної безпеки та моніторингу навколишнього середовища.

2.Тема 2 Розрахунки ступеня очищення об'єктів навколишнього середовища в сучасних технологічних установках.

3. Тема 3 Радіаційне забруднення. Захист від радіації.

4. Тема 4 Розрахунки доз та потужностей доз випромінювання в умовах підвищеної радіаційної безпеки.

5. Тема 5 Екологічні прилади та системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій.

1.3 Перелік навчальної літератури

Основна:

1. Ветошкин А.Г. Таранцева К.Р. Технологии защиты окружающей среды. (Теоретические основы) Учебное пособие. . /Под ред. доктора технических наук, профессора, академика МАНЭБ и АТП РФ А.Г.Ветошкина-Пенза, 2004, <http://window.edu.ru/resource/888/36888/files/stup114.pdf>
2. Рыбаков Ю.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: конспект лекцій. Екатеринбург, 2005, 196с. Електронне - <http://www.twirpx.com/file/1472984/>
3. Кобзарь И.Г., Козлова В.В Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Курс лекций по дисциплине "Процессы и аппараты защиты окружающей среды". - Ульяновск: УлГТУ, 2007. - 68 с Електронне - <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2007/140.pdf>
4. Современные решения задач безопасности в квалификационных инженерных работах : учебное пособие /В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, В.Н. Макарова, Е.А. Сергеева, Л.А. Харкевич. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн.ун-та, 2010. – 140 с

Додаткова:

1. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997.
2. Герасимов.О.І.,Кільян.А.М. Елементи фізики доквілля: Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2003
3. Герасимов О.І. Фізика доквілля. Навчальний посібник. Одеса, ТЕС, 2004, 144с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
5. Кармельюк Г.І. Теорія ймовірностей та математична статистика. Посібник з розв'язування задач.К.:Центр учбової літератури, 2007.- 576с
6. Під ред. ПорєваВ.А. Аналітичні екологічні прилади та системи. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009, — 336 с.
7. Герасимов О.І. Фізика гранульованих матеріалів. Одеса: ТЕС, 2015,- 264с.
8. Черный А.А. Принципы инженерного творчества: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. - 43 с.: библиогр. 14 назв.
9. www.library-odeku.16mb.com

2. Повчання по виконанню практичних завдань. Теми та зміст практичних занять

Сучасні задачі екологічної безпеки, контролю стану та захисту навколишнього середовища стосуються методів та апаратури, інженерних рішень в питаннях технологій захисту навколишнього середовища.

Основними, найбільш значими природними екологічними системами є атмосферне повітря, водні системи та система «грунт-рослинний покрив».

Інженерні аспекти захисту цих систем включають природоохоронні технології та апарати, прилади та системи захисту навколишнього середовища. Це – пилоуловлювачі, сепараційні пристрої, циклони, очисні споруди, дамби та ін.

Режими роботи таких пристроїв та споруд потребує певних розрахунків на основі загальних інженерно-фізичних принципів.

З врахуванням екологічних проблем та проблем радіаційного забруднення розглянемо ці питання на прикладі відповідних розрахунків.

Приклади розрахунків таких систем приведені у даному розділі у вигляді розв'язання конкретних задач.

2.1 Тема 1. Сучасні інженерно-фізичні задачі екологічної безпеки та моніторингу навколишнього середовища

Серед сучасних інженерно-фізичних задач екологічної безпеки та захисту навколишнього середовища є створення технологій та систем захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень.

Одна з основних таких задач – це екологічний (радіаційний) моніторинг.

Це одна з сучасних технологій захисту навколишнього середовища.

Проведення екологічного моніторингу – це комплекс заходів, які включають до себе:

- отримання надійної інформації, даних вимірювань;
- розрахунки статистичних характеристик поля забруднення по даних радіаційного моніторингу на території радіаційного об'єкту;
- аналіз адекватності радіаційного стану середовища встановленим на Україні нормативам;
- статистичний аналіз надійності методів та засобів радіаційного контролю середовища при значеннях параметрів, що контролюються, порядку фонових.

Статистичні закони розподілу.

Похибка – різниця між вимірюваним і справжнім значеннями. Є два види похибок: 1) систематична похибка; 2) статистична похибка.

Неперервна випадкова величина (енергія β частинок). Дискретна випадкова величина (число відліків лічильника β частинок).

Випадкові величини можуть бути – незалежними, функціонально залежними, кореляційно залежними.

Частота появи випадкових величин визначається законом розподілу імовірностей випадкових величин $x_i \rightarrow p(x_i)$ - дискретна ,
 $x \rightarrow p(x)$ - неперервна.

Тут $p(x)$ – густина імовірностей x .

Умова нормування:

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(x)dx = 1, \text{ або для дискретної величини } \sum_{i=0}^{\infty} p(x_i) = 1.$$

Середнє значення

$$\mu \equiv M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx, \quad \mu \equiv M(x_i) = \sum_{i=1}^{\infty} x_i p(x_i)$$

Міра розкиду випадкових величин – дисперсія $D(x)$, $(\sigma^2(x))$

$$D(x_i) = (x_i - \mu)^2 = \bar{x}_i^2 - \mu^2$$

$$D(x) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 p(x)dx = \bar{x}^2 - \mu^2$$

$\sigma(x)$ - стандартне (середньоквадратичне) значення

$$P(\mu - g\sigma \leq x \leq \mu + g\sigma) = \int_{\mu - g\sigma}^{\mu + g\sigma} p(x)dx$$

Гаусс знайшов імовірність P :
 1) $g=1$ $P=0,68$
 2) $g=2$ $P=0,95$

Асиметрія розподілу характеризується безрозмірним параметром γ :

$$\gamma = \frac{(x - \mu)^3}{\sigma^3}$$

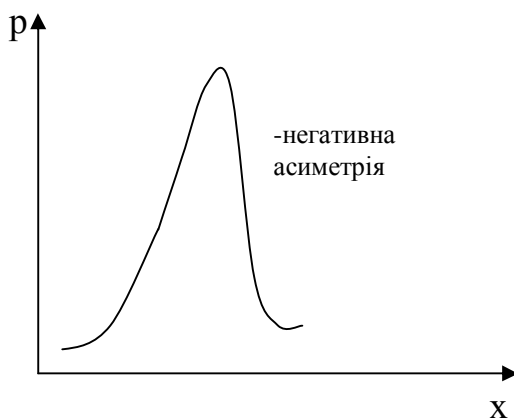


Рис.1



Рис.2

Розподіл дискретної величини описують: - 1) біноміальний розподіл,
 - 2) розподіл Пуассона (радіоактивний розпад підкорюється розподілу Пуассона)

1. Біноміальний розподіл

Імовірність P події має два результати: 0 і 1.

Якщо $P_{\text{спр}}=0$, то $P_{\text{неспр}}=1-0$.

Подія відбувається N разів, $p(x)$ - імовірність того, що подія - сприятлива, а несприятлива подія відбувається $(N-x)$ разів.

Повна імовірність x

$$p(x) = \frac{N!}{x!(N-x)!} \theta^x (1-\theta)^{N-x}$$

N - обмежено.

Приклад: розпад; взаємодія з ядрами.

1) Середнє значення

$$\mu = \frac{b-a}{2}$$

2) Дисперсія

$$D = \frac{(b-a)^2}{12}$$

Біноміальний розподіл використовується:

- при аналізі форми ліній у деяких спектрометрах,
- описує розподіл ядер віддачі при пружному розсіюванні n^0 .

2. Розподіл Гаусса

Це розподіл неперервної величини.

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$p(x)$ залежить від двох параметрів: μ і σ .

Можна показати: 1. $\bar{x} = \mu$; 2. $D = \sigma^2$

Якщо покласти

$$t = \frac{x - \mu}{\sigma}, \text{ то } p(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)$$

Використовується:

- при описі розподілу кутів пружного розсіювання при проходженні заряджених частинок через речовину;
- розподіл пробігів важких заряджених частинок у речовині.

Імовірність попадання в заданий інтервал (α, β) визначається рівністю:

$$P(\alpha \leq X \leq \beta) = \Phi\left(\frac{\beta-a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha-a}{\sigma}\right),$$

де Φ – інтегральна функція Лапласа.

3. Розподіл Пуассона:

$$p_k(\mu) = \frac{\mu^k}{k!} \exp(-\mu)$$

де $\mu = nt$, $p_k(\mu)$ - імовірність, що в інтервалі $(0, t)$ відбудеться k подій.

Приклади $\exp(-nt)$:

- радіоактивний розпад: $e^{-\lambda t}$;
- проходження нейтронів n^0 через речовину: $e^{-\Sigma t}$

$p_k(\mu)$ - характеризується одним параметром - μ

$$\mu - \forall, > 0, k \in \mathbb{N}$$

$$\frac{p_{k+1}(\mu)}{p_k(\mu)} = \frac{\mu}{k+1}$$

Розподіл Пуассона завжди асиметричний $\gamma \neq 0$.

Приклади: 1) реєстрація газорозрядним лічильником фонового космічного випромінювання - випадкова подія.

Властивості:

$$1. \bar{k} = \mu$$

$$2. D(k) = \mu; \sigma = \sqrt{\mu}$$

$$3. \gamma = \frac{1}{\mu} \text{ завжди } > 0; \gamma \rightarrow 0 \text{ при } \mu \rightarrow \infty.$$

2) розподіл тривалості інтервалів

Робота сцинтиляційного лічильника, що опромінюється джерелом з малою інтенсивністю. Нехай середня швидкість рахунка – n в одиницю часу. Тоді

$$p(t) = n \exp(-nt).$$

Чим менше інтервал між подіями, тим більше імовірність спостерігати такий інтервал.

3) Розподіл δ -електронів. Властивості:

$$1) \mu = \frac{1}{n}$$

$$2) D = \frac{1}{n^2}$$

4. Розподіл Колмогорова

А.Н. Колмогоровим знайдений асимптотичний розподіл величини $u = S\sqrt{n} = \sqrt{n} \max |F(x) - \hat{F}(x)|$, при різних значеннях числа атомів n . Тут $F(x)$ – експериментально обумовлене значення функції розподілу. Колмогоровим було знайдено, що при будь-якому $u = 1\sqrt{n}$

$$K(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} K_n(u) = 1 - 2 \sum_{v=1}^{\infty} (-1)^{v+1} e^{-2v^2 u^2} \quad ,,$$

тут $s = \frac{k}{n}, k = 1, \dots, n-1$.

Довірча область для будь-якої неперервної функції розподілу $F(x)$, що відповідає коефіцієнту довіри α , визначається наступною формулою

$$|F(x) - \hat{F}(x)| < u_{\alpha} \sqrt{n} \quad \text{для всіх } x,$$

де u_{α} знаходиться з рівняння $K(u_{\alpha}) = \alpha$ по таблиці функції Колмогорова.

Ця нерівність визначає смугу, обмежену знизу і зверху лініями, між якими з імовірністю α цілком міститься графік невідомої функції розподілу $F(x)$.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.1.1

Знайти довірчий інтервал Δ а при кількості елементів $n=1000$ для стандартного значення коефіцієнту надійності.

Розв'язання:

Нехай, наприклад, $n=1000$. Задаючи коефіцієнт надійності $\alpha=0,95$, по табл. функцій Колмогорова визначаємо $u_{\alpha}=1,362$., довірчий інтервал Δ а

при $n=1000$ дорівнює $\Delta a = \frac{u_{\alpha}}{\sqrt{n}} = \frac{1,362}{\sqrt{1000}} = 4,3 * 10^{-2}$.

Відповідь: $4,3 * 10^{-2}$

Задача 2.1.2

Знайти першій та другий моменти розподілу Гаусса при найбільш ймовірному значенні випадкової величини 10 та $\sigma = 2$.

Розв'язання:

Першій момент – це середньоарифметичне значення $\bar{x} = \mu$;

Для розподілу Гауса середньоарифметичне значення співпадає з найбільш ймовірним значенням. Тому $\bar{x} = 10$

Другий момент – це дисперсія $D = \sigma^2$

Тому дисперсія дорівнює $2^2 = 4$

Відповідь:

$$\bar{X} = 10, D = 4 /$$

Задача 2.1.3

Знайти математичне сподівання і середнє квадратичне відхилення випадкової величини Z , якщо відомо, що X і Y – незалежні дискретні випадкові величини і $Z=4X - 7Y - 100$; $M(X)=5$; $D(X)=2$; $D(Y)=1$.

Розв'язання:

$$M(Z) = M(4X - 7Y - 100) = 4M(X) - 7M(Y) - 100.$$

Тут використано такі властивості математичного сподівання:

$$M(X + Y + \dots + U) = M(X) + M(Y) + \dots + M(U);$$

$$M(CX) = CM(X); M(C) = C.$$

Підставивши числові дані, отримаємо:

$$M(Z) = 4 \cdot 5 - 7 \cdot 6 - 100 = -122.$$

$$D(Z) = D(4X - 7Y - 100) = D(4X) + D(-7Y) + D(-100) = 4^2 D(X) + (-7)^2 D(Y) + 0 = \\ = 16 \cdot 2 + 49 \cdot 1 = 81$$

$$\text{Отже, } \sigma(Z) = \sqrt{D(Z)} = \sqrt{81} = 9.$$

Тут використано такі властивості дисперсії:

$$D(X + Y + \dots + U) = D(X) + D(Y) + \dots + D(U);$$

$$D(CX) = C^2 D(X); D(C) = 0.$$

Відповідь:

$$M(Z) = -122, \quad \sigma(Z) = 9.$$

Задача 2.1.4

Знайти дисперсію і середнє квадратичне відхилення показникового закону, заданого функцією розподілу $F(X) = 1 - e^{-0,4x}$; $x \geq 0$

Розв'язання:

Обчислимо функцію щільності.

$$f(x) = F'(X) = (1 - e^{-0,4x})' = 0,4 e^{-0,4x} /$$

$$\text{Отже } \lambda = 0,4. \text{ Тоді } M(X) = \frac{1}{\lambda} = 2,5. \quad D(X) = 1/\lambda^2 = 6,25.$$

Відповідь: $D(X) = 6,25$.

Задача 2.1.5

Випадкові похибки вимірів параметра навколишнього середовища відлягають нормальному закону розподілу із середнім квадратичним відхиленням 20 в.о. і математичним сподіванням 0 в.о. Знайти ймовірність того, що з 3-х незалежних вимірів похибка хоча б одного не перевищить за абсолютною величиною 4 в.о.

Розв'язання:

Нехай подія А полягає в тому, що в 3-х незалежних вимірах похибка хоча б одного не перевищить δ :

$$P(|X| \leq \delta) = 2\Phi\left(\frac{\delta}{\sigma}\right), \text{ або } P(|X| \leq 4) = 2\Phi\left(\frac{4}{20}\right) = 2\Phi(0,2) = 2 * 0,0793 = 0,1586.$$

$$\text{Отже } p = 0,1586; \quad q = 1 - p = 0,8416.$$

$$\text{Тоді } P(A) = 1 - (1 - p)^3 = 1 - 0,8416^3 = 0,40433.$$

Задачі до теми 1

1.1 Знайти дисперсію розподілу Пуассона для радіоактивного розпаду $e^{-\lambda t}$ для ізотопів в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотоп	Sr ⁹⁰	I ¹³¹	Cs ¹³⁷	C ¹⁴	Po ²¹⁰	Rn ²²²	Ra ²²⁶	U ²³⁵	U ²³⁸	Pu ²⁴²
T _{1/2}	28 ро ків	8 діб	30 років	5730 років	138 діб	3,82 діб	1590 років	7,1·10 ⁸ років	4,5·10 ⁹ років	3,8·10 ⁵ років

1.2 Знайти довірчий інтервал Δ а при кількості елементів $n=1000$ для стандартного значення коефіцієнту надійності 0,95.

1.3 Знайти першій та другий моменти розподілу Гаусса при найбільш ймовірному значенні випадкової величини 20 та $\sigma = 3$.

1.4 Знайти математичне сподівання і середнє квадратичне відхилення випадкової величини Z, якщо відомо, що X і Y – незалежні дискретні випадкові величини і $Z=5X - 4Y - 50$; $M(X)=4$; $D(X)=2$; $D(Y)=1$.

1.5 Знайти дисперсію і середнє квадратичне відхилення показникового закону, заданого функцією розподілу $F(X) = 1 - e^{-0,2x}$; $x \geq 0$

1.6 Який процент конденсаторів з числа відібраних з відхиленням 20%, які підлягають нормальному закону розподілу величини, буде мати відхилення від номіналу в межах від 0 до 1% (передбачається, що весь діапазон відхилень становить 3σ).

1.7 Випадкові похибки вимірів параметра навколишнього середовища відлягають нормальному закону розподілу із середнім квадратичним відхиленням 40 в.о. і математичним сподіванням 0 в.о. Знайти ймовірність того, що з 3-х незалежних вимірів похибка хоча б одного не перевищить за абсолютною величиною 4 в.о.

1.8 Випадкові похибки вимірів параметра навколишнього середовища відлягають нормальному закону розподілу із середнім квадратичним відхиленням 20 в.о. і математичним сподіванням 0 в.о. Знайти ймовірність того, що з 3-х незалежних вимірів похибка хоча б одного не перевищить за абсолютною величиною 4 в.о.

1.9 За даними таблиці 1.2 побудувати криву розподілу даних вимірювань. Оцінити характер розподілу. Знайти середню потужність дози, середнє квадратичне відхилення та довірчий інтервал Δa .

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_x , мкР/год	8	8	9	10	11	12	14	14	15	17

1.10 Вимірювання потужності експозиційної дози випромінювання у 3-х дослідах показало 9 мкР/год, у 4-х дослідах 12 мкР/год та у 3-х дослідах – 15 мкР/год. Знайти середню потужність дози, середнє квадратичне відхилення та довірчий інтервал Δa

2.2 Тема 2. Розрахунки ступеня очищення об'єктів навколишнього середовища в сучасних технологічних установках

Способи очищення газових викидів. Захист атмосфери. Гравітаційне осадження. Осадженням називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких зважених частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.

В основу дії пилоуловлюючих і сепараційних пристроїв покладений певний фізичний механізм. У пилоуловлювачах і сепараційних пристроях знаходять застосування наступні способи відділення зважених частинок від середовища, тобто повітря (газу): осадження в гравітаційному полі, осадження під дією сил інерції, осадження в відцентровому полі, фільтрування, осадження в електричному полі, мокра газоочистка і ін.

Робота гравітаційних пилоуловлюючих пристроїв заснована на законах гравітаційного осадження, т. е. осадження пилових частинок під дією сили тяжіння.

$$F_{\Gamma} = \frac{1}{6} \rho g \pi d^3, \quad (2.1)$$

де d – діаметр частинки, g - прискорення вільного падіння.

Сила Стокса F_c пов'язана із в'язкістю μ_0 , діаметром d та швидкістю осадження частинки $W_{\text{ч}}$:

$$F_c = 3 \pi \mu_0 d W_{\text{ч}} \quad (2.2)$$

Переміщення частинки в броунівському русі Δx відповідно до рівняння Ейнштейна:

$$\Delta x = \sqrt{2DT_0} \quad (2.3)$$

де D - коефіцієнт дифузії частинки, що характеризує інтенсивність броунівського руху, $\text{м}^2 / \text{с}$; T_0 - абсолютна температура повітря (газу), в якому переміщається частинка, К .

Явища осадження мають місце також в апаратах, дія яких, головним чином, заснована на використанні інших сил, зокрема, відцентрових.

Цей метод відділення частинок аерозолів від повітря (газу) значно ефективніше гравітаційного осадження, так як виникає відцентрова сила, яка у багато разів більше, ніж сила тяжіння. відцентрова сепарація може застосовуватися по відношенню до більш дрібним частинкам.

В апаратах, заснованих на використанні відцентрової сепарації, можуть застосовуватися два принципових конструктивних рішення:

- потік аерозолу обертається в нерухомому корпусі апарату;
- потік рухається в обертовому роторі.

Перше рішення застосоване в циклонах, друге - в ротаційних пилоуловлювачах.

Швидкість відцентрового осадження кульової частинки можна визначити, порівнявши відцентрову силу $F_{\text{ц}}$, що виникає при обертанні пилогазового потоку, силі опору середовища згідно із законом Стокса

Таким чином, швидкість осадження зважених частинок у відцентрових пилоуловлювачах прямо пропорційна квадрату діаметра частинки.

Очищення стічних вод. Захист гідросфери. Гідромеханічні способи очищення стічних вод. Для видалення зважених частинок із стічних вод використовують періодичні і безперервні гідромеханічні процеси проціджування, гравітаційного і відцентрового відстоювання і фільтрування. Вибір методу залежить від розміру частинок домішок, фізико-хімічних властивостей, концентрації зважених частинок, витрати стічних вод і необхідного ступеня очищення.

Перед більш тонкої очищенням стічної води направляють на процеживання через решітки і сита, які встановлюють перед відстійниками з ціллю вилучення з них великих домішок.

Осадженням називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких зважених частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.

Осадження відстоюванням відбувається під дією сили тяжіння.

Розрахунок відстійників. Відстоювання стічних вод проводять в апаратах, так званих відстійниками або згущувачі. Розрізняють горизонтальні, радіальні, вертикальні, трубчасті, пластинчасті відстійники з похилими перегородками. Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні резервуари, що мають два або більше одночасно працюючих відділіня. Вода рухається з одного кінця відстійника до іншого.

Глибина відстійника дорівнює 1,5 ... 4 м, довжина 12 ... 48 м, ширина каналу 3 ... 6 м. Горизонтальні відстійники застосовують при витраті стічної води понад 15000 м³ / добу. Ефективність відстоювання досягає 60%.

Відстійники проектується в розрахунку на осадження найдрібніших частинок, що знаходяться в стічній воді. Тому час перебування стічної води в апараті має бути більше часу осадження крейданих частинок або в межі дорівнює часу, необхідному для обмеженого осадження частинки меншого розміру на дно апарату із заданою висоти.

Продуктивність відстійника по освітленій воді $Q_{осв}$ (м³ / с) Виражається рівнянням

$$Q_{осв} = v_n \cdot B \cdot H; \quad (2.4)$$

де v_n - швидкість потоку стічної води уздовж апарату, м / с; B - ширина відстойника, м; H - висота шару освітленої води, м.

Швидкість поділу неоднорідних систем в поле відцентрових сил вище в порівнянні зі швидкістю поділу цих систем в поле сили тяжіння. Відношення відцентрової сили до сили тяжіння можна зробити порівнянням прискорень частинки домішок в відцентровому і гравітаційном полях, тому що стосовно до частинки певної маси сили пропорційні прискоренням.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.2.1

Знайти концентрацію шкідливої речовини q в повітрі приміщення, якщо відомо, що кількість виділяються шкідливих речовин в приміщенні $G = 0,5$ мг / м³, гранично допустима концентрація шкідливих речовин $q_{пдк} = 2$ мг / м³, об'єм приміщення $V_{п} = 300$ м³, а кратність повітрообміну $K = 5$.

Кратність повітрообміну K показує, скільки разів протягом години повітря в приміщенні повинен бути замінений повністю:

$$K = 3600 \frac{V}{V_{\pi}}, \text{ ч-1.}$$

При цьому кількість повітря V , яке треба подати в приміщення для розведення шкідливих речовин до безпечних концентрацій, визначається за формулою

$$V = G / (q_{\text{пдк}} - q_0), \text{ м}^3/\text{с},$$

де G - кількість шкідливих речовин, що виділяються, мг / с; $q_{\text{пдк}}$ - гранично допустима концентрація, мг / м³; q - концентрація шкідливої речовини у вступнику повітрі, мг / м³ (не повинна перевищувати 30% від ГДК).

Розв'язання:

У випадках, коли кількість шкідливих речовин, у повітря приміщень важко визначити, допускається розраховувати кількість вентиляційного повітря по кратності повітрообміну, встановленого відомчими нормативними документами.

Знайдемо кількість повітря V , яке треба подати в приміщення для розведення шкідливих речовин до безпечних концентрацій

$$= \text{м}^3 / \text{с}$$

Концентрація шкідливої речовини у вступнику повітрі, мг / м³ дорівнює

$$q_0 = q_{\text{пдк}} - \frac{G}{V}$$

Підставивши чисельні значення, знайдемо q

$$q_0 = 2 \text{ мг/м}^3 - \frac{0,5}{0,5} = 1 \text{ мг/м}^3 \quad (\text{див. додатки})$$

Відповідь: концентрація шкідливої речовини в повітрі приміщення q дорівнює 1 мг / м³.

Задача 2.2.2

Знайти площу зони можливого хімічного зараження (ЗВХЗ) і час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту на відстані 15 км. в разі аварійного розливу аміаку в кількості 100 т. при швидкості вітру 3 м / с.

Площа ЗВХЗ визначається за формулою [1]:

$$S = \frac{\pi \Gamma^2}{360^\circ} \varphi, \text{ км}^2$$

де Γ - глибина зони зараження, км; φ - кутовий розмір зони зараження, град. Час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його руху визначається за формулою:

$$t = \frac{X}{V}, \text{ ч}$$

де X - відстань від джерела зараження до об'єкта, км; V - швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря, км / год.

Кутовий розмір зони зараження і швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря знаходяться за допомогою таблиць 1 -4 [1].

Розв'язання:

З таблиці 2 глибина зони зараження аміаком дорівнює $\Gamma = 31,3$ км .. За таблиці 3 знаходимо кутовий розмір зони зараження. Для швидкості вітру більше 2 м / с він дорівнює 45 градусів. Тоді площа ЗВХЗ дорівнює

$$S = \frac{3,14 \cdot 31,4^2}{360} 45 = 387 \text{ км}^2$$

Швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря знаходяться за допомогою таблиці 4. Для ізотермии вона дорівнює 18 км / год. (див. додатки)

Тоді час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його

руху $t = \frac{X}{V} = \frac{15}{18} = 0,83_{\text{ч}}$.

Відповідь: час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його руху на відстані 15 км дорівнює 50 хв., А площа забруднення 387 км².

Задача 2.2.3

Знайти швидкість $W_{\text{ч}}$ гравітаційного осадження дисперсної частинки діаметром $d = 20$ мкм. в повітрі. Густина речовини частинки - 1 г / см³, абсолютна температура - 293 К, в'язкість повітря - 1,8210-4 пуаз.

Сила Стокса:

$$F_{\text{с}} = 3 \pi \mu_0 d_{\text{ч}} W_{\text{ч}}$$

Розв'язання:

Силу Стокса прирівнюємо силі тяжіння, що діє на частинку і знаходимо швидкість $W_{\text{ч}}$ осадження частинки. Вона дорівнює 5мм / с

Відповідь: швидкість $W_{\text{ч}}$ гравітаційного осадження дисперсної частинки діаметром $d = 20$ мкм. в повітрі дорівнює 5мм/с

Задача 2.2.4

Частинки пилу малих розмірів беруть участь в броунівському русі - безладному хаотичному переміщенні частинок під дією ударів молекул.

Знайти коефіцієнт дифузії переміщення частинки в броунівському русі та відношення броунівського зміщення частинки до швидкості їх осадження за даними таблиці 1 у залежності від діаметру частинок.

Швидкості осадження і броунівського зміщення малих частинок

Таблиця 1

Діаметр частинок, $d_{ч}$, мкм	Критерій Рейнольдса	Швидкість осадження, см/с	Броунівське зміщення за 1 с, см
20	13,2	1,2	$1,54 \cdot 10^{-4}$
6	0,366	0,11	$2,84 \cdot 10^{-4}$
2	$1,43 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$5,07 \cdot 10^{-4}$
0,6	$4,62 \cdot 10^{-2}$	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
0,2	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
0,06	$1,37 \cdot 10^{-6}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$
0,02	$1,26 \cdot 10^{-7}$	$1,14 \cdot 10^{-5}$	$1,06 \cdot 10^{-2}$

Густина - 1 г / см³, абсолютна температура - 293 К, в'язкість повітря - $1,82 \cdot 10^{-4}$ пуаз.

Розв'язання:

Відповідно до рівняння Ейнштейна переміщення частинки в броунівському русі Δx :

$$\Delta x = \sqrt{2DT_0}$$

де D - коефіцієнт дифузії частинки, що характеризує інтенсивність броунівського руху, м² / с; T_0 - абсолютна температура повітря (газу), в якому переміщається частинка, К.

Чим менше розмір частинки, тим більшу роль в її переміщенні має броунівський рух.

Із зменшенням розміру частинок швидкість осадження різко знижується і зростає броунівське зміщення. Для частинок розміром 0,05 ... 0,02 мкм воно вже на два - три порядки перевищує шлях частинки при вільному падінні. Тому високодисперсні аерозольні частинки практично не осідають, а переміщаються при броунівському русі в будь-якому напрямку.

Відповідь: Для частинок розміром 0,05 ... 0,02 мкм броунівське зміщення на два - три порядки перевищує шлях частинки при вільному падінні.

Задача 2.2.5

При відстоюванні стічних вод витрата їх складає понад 15000 м³ / добу. Якою повинна бути глибина відстійника, якщо відомо, що швидкість потоку стічної води уздовж апарату дорівнює 0,5 м / с; B - ширина відстійника дорівнює 5 м, довжина каналу $L = 50$ м.

І

Розв'язання:

Висоту шару освітленої води H можна визначити з формули

$$Q_{осв} = v_n \cdot B \cdot H,$$

$$Q_{осв} = \frac{15000}{604800} \cdot \frac{L}{v_n} = 2,5 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$H = \frac{Q_{осв}}{v_n B} = \frac{2,5}{0,5 \cdot 5} = 1 \text{ м}$$

Якщо глибина відстійника дорівнює 2 м, то ефективність відстоювання буде досягати лише $\frac{1}{2}$, тобто 50%.

Відповідь: висота шару освітленої води H дорівнює 1 м.

Задачі до теми 2

2.1 Ідеальна теплова машина, яка працює за зворотним циклом Карно в інтервалі температур 400... 1200 К, за один цикл може виконати роботу 93,02 кДж. Визначити кількість теплоти, що підводиться до машини і віддається нею за один цикл.

2.2 Кисень масою 12 кг охолоджують від 20 °С до -40 °С. Одночасно підвищують тиск від 1 до 60 бар. Чому дорівнює зміна ентропії, якщо молярна ізобарна теплоємність кисню дорівнює 29,2 Дж/(моль·К)?

2.3 Фреон, який використовується як холодоагент у холодильних установках, попадає при витіканні його в атмосферу, де опромінюється світловим потоком потужністю 1500 кВт з ККД 40 %. Скільки фосгену СОС12 (у кг) при цьому утвориться за 15 хв., якщо енергія зв'язку С-С1, розрив якої лежить в основі даного процесу, дорівнює 3,04 еВ, а квантовий вихід реакції дорівнює 0,9? Промені якої довжини хвилі будуть при цьому поглинатися фреоном?

Потужність світлового потоку: $\Phi_e = 600 \text{ Вт}$; За 15 хв. у реагуючу систему надходить енергія 5,410 Дж. З урахуванням квантового виходу у реакції знаходимо енергію, що необхідна для перетворення 1 моль фреону.

2.4 Знезараження води після технологічного циклу здійснюється хлором. Визначити довжину хвилі світла, яким треба обробити 1 моль хлору, щоб розірвати зв'язок С1-С1, якщо енергія її розриву $E = 239 \text{ 000 Дж/моль}$.

2.5 У скільки разів дисперсність частинок сульфадимезину, меленого на струменевому млині, більше дисперсності частинок сульфадимезину фармакопейного, якщо питомі поверхні їх порошоків відповідно рівні 3800 і 230 м / кг? Форма частинок сферична, густина 1,80 г/см³

2.6 Важливою фізико-хімічною характеристикою порошку є його питома поверхня. Від неї залежить стабільність при зберіганні, здатність до пресування і швидкість розчинення порошку. Як відрізняються питомі поверхні порошоків левоміцетину, що випускається трьома заводами, якщо дисперсності частинок відповідно рівні 0,0461; 0,0476; 0,0565 мкм₁ (форма частинок сферична, густина 1,52 г / см)?

2.7 Для приготування лікарської мазі на основі бентоніту необхідно визначити дисперсність частинок бентоніту згідно з такими даними: час

осідання частинок бентоніту в водному середовищі на відстань 0,1 м становить 2 с, щільність бентоніту - 2,1 г / см³, щільність середовища - 1,1 г / см³, в'язкість середовища – 210 З Па·с (форма частинок сферична).

2.8 Знайти площу зони можливого хімічного зараження (ЗВХЗ) і час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту на відстані 10 км. в разі аварійного розливу аміаку в кількості 50 т. при швидкості вітру 5м/с.

2.9 При відстоюванні стічних вод витрата їх складає 25000 м³ / добу. Якою повинна бути глибина відстійника, якщо відомо, що швидкість потоку стічної води уздовж апарату дорівнює 1 м / с; В - ширина відстойника дорівнює 5 м, довжина каналу L= 40 м.

2.10 Знайти швидкість W_ч гравітаційного осадження дисперсної частинки діаметром d = 10 мкм. в повітрі. Густина речовини частинки - 2 г / см³, абсолютна температура - 293 К, в'язкість повітря - 1,8210⁻⁴ пуаз.

2.3 Тема 3 Радіаційне забруднення. Захист від радіації.

Радіометрія - сукупність методів вимірювання величин, що характеризують швидкість радіоактивного розпаду речовини. До таких величин відносять активність, об'ємну активність, питому масову активність. Прилади для вимірювання цих величин називаються радіометрами.

Види радіоактивного розпаду: α - розпад, β - розпад, γ - випромінювання, спонтанний поділ важких ядер, а також протонна радіоактивність.

Закон радіоактивного розпаду має експоненціальний характер

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \quad (3.1)$$

де N і N₀ - кількість радіоактивних ядер в момент часу t і початкова їх кількість відповідно, λ - константа розпаду.

Стала розпаду λ, яка входить до закону радіоактивного розпаду, має імовірнісний зміст.

Активність a - це швидкість радіоактивного розпаду.

$$a = - \frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N. \quad (3.2)$$

Одиниця активності в системі SI - 1 Бк = 1 розпад/с.

Позасистемна одиниця 1 Ки = 3.7 · 10¹⁰ Бк.

(1 Бк - 1 Бекерель, 1 Ки - 1 Кюрі).

Період піврозпаду T_{1/2} - це час, за який розпадається половина початкової кількості ядер

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}. \quad (3.3)$$

З поняттям активності пов'язане поняття питомої активності. Питома активність q - це відношення активності радіоактивної речовини до її маси m

$$q = \frac{a}{m} \quad , \quad (3.4)$$

За даними вимірювання питомої активності можна визначити період піврозпаду речовини. Якщо радіоактивний ізотоп А помістити в зачинену посудину, і в цій посудині в результаті розпаду ізотопу А утвориться радіоактивний ізотоп В, то через достатньо великий час кількість ізотопу В може бути визначена з співвідношення

$$N_A \cdot \lambda_A = N_B \cdot \lambda_B \quad (3.5)$$

Це співвідношення є умовою радіоактивної рівноваги. Ізотоп В при розпаді утворює інший радіоактивний ізотоп С і т.д. Таким чином утворюється ланцюжок або ряд радіоактивних елементів.

З формул (3.2) і (3.3) витікає

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N}{a} \quad . \quad (3.6)$$

Кількість радіоактивних ядер дорівнює

$$N = N_A \cdot \frac{m}{M} \quad , \quad (3.7)$$

де N_A - число Авогадро, M - молярна маса.

Отже з формул (2.3.6) і (2.3.7) можна знайти період піврозпаду

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{M \cdot q} \quad . \quad (3.8)$$

Доза опромінення знаходиться у прямій залежності від концентрації радіонуклідів у об'єкті дослідження. Спеціальні служби здійснюють контроль вмісту радіоактивних ізотопів у продуктах харчування, будівельних матеріалах, та об'єктах навколишнього середовища. Їхні концентрації у об'єктах досліджень на багато порядків менші ніж ми звикли бачити у випадку скажімо шкідливих домішок у ґрунті, повітрі, воді, та інших типових об'єктах довкілля. Для визначення вмісту радіонуклідів використовується **питома активність**.

Для будь-якого нукліда можна розрахувати його питому активність q (Бк/кг) користуючись двома як правило відомими показниками: масовим числом A та періодом напіврозпаду $T_{1/2}$ (с).

Якщо маса проби дорівнює молярній M (кг/моль), $m = M$, отримуємо

$$q = \frac{a_M}{M} \quad , \quad (3.9)$$

де a_M - активність 1 моля речовини (Бк/моль) (тобто активність $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ ядер ізотопу). Зауважимо, що у загальному випадку для активності проби a довільної маси m , виконуються наступні співвідношення $a = a_M v$, $m = M v$, де v - кількість речовини у пробі (моль).

З закону радіоактивного розпаду

$$a_M = \lambda N_A. \quad (3.10)$$

Таким чином

$$q = \frac{N_A \ln 2}{T_{1/2} M}. \quad (3.11)$$

Враховуючи $A \approx M$, остаточно отримуємо

$$q = \frac{N_A \ln 2}{T_{1/2} A}. \quad (3.12)$$

Співвідношення (1.1.12) дозволяє знайти питому активність хімічного елемента, який складається із суміші ізотопів:

$$q_e = \frac{\sum_i \omega_i q_i}{100}, \quad (3.13)$$

де ω_i - вміст i -го ізотопу у суміші (%). У найпростішому випадку хімічний елемент має лише один радіоактивний ізотоп. Тоді вираз (2.3.13) суттєво спрощується

$$q_e = \frac{\omega_1 q_1}{100}. \quad (3.14)$$

Прикладом елемента, що містить у природній суміші ізотопів один радіоактивний - є калій. А саме, вагова частка радіоактивного калію-40 (^{40}K) складає 0,01%. У деяких елементах радіоізотопу значно більше ніж стабільних: ^{115}In міститься близько 95% у природній суміші! Але внаслідок великого періоду напіврозпаду їх питома активність дуже мала і тому розташована за межами чутливості приладів.

Якщо проба складається із суміші різних речовин, для розрахунку питомої активності такої проби q_0 (Бк/кг) треба ще врахувати частку елемента c (%) у ній:

$$q_0 = \frac{c q_e}{100}. \quad (3.15)$$

Основні методи захисту від радіації:

- захист відстанню;
- захист екранами.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.3.1

Визначити початкову активність A_0 радіоактивного препарату магнію $^{27}_{12}\text{Mg}$ масою $m = 0.2$ мкг, а також його активність A через 6 годин.

$$m = 0.2 \text{ мкг} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$$

$$T_{1/2} = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$$

$$T = 6 \text{ год} = 2.16 \cdot 10^4 \text{ с}$$

$$A_0 = ? \quad A = ?$$

Розв'язання:

Активність A ізотопу характеризує швидкість розпаду:

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

Для початкової активності $t = 0$, тобто $A_0 = \lambda N_0$.

$$\lambda = (\ln 2) / T_{1/2}$$

Число радіоактивних ядер: $N = m N_A / \mu$, N_A - число Авогадро, μ - молярна маса. В таблицях знайдемо період напіврозпаду та молярну масу, таким чином отримаємо: початкова активність препарату

$$A_0 = \frac{m \cdot \ln 2 \cdot N_A}{\mu T_{1/2}};$$

його активність через час t :

$$A = \frac{m \cdot \ln 2 \cdot N_A}{\mu T_{1/2}} \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t\right);$$

$$\mu = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 0.693 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3} \cdot 600} = 5.13 \cdot 10^{12} \text{ Бк.}$$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 0.693 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3} \cdot 600} \exp(-0.693 \cdot 2.16 \cdot 10^4 / 600) = 81.3 \text{ Бк.}$$

Відповідь: початкова активність A_0 дорівнює 81.3 Бк.

Задача 2.3.2

Знайти питому активність радіоактивного ізотопу за даними значеннями періоду його напіврозпаду $T_{1/2}$ (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотоп	Sr ⁹⁰	I ¹³¹	Cs ¹³⁷	C ¹⁴	Po ²¹⁰	Rn ²²²	Ra ²²⁶	U ²³⁵	U ²³⁸	Pu ²⁴²
T _{1/2}	28 роки	8 діб	30 років	5730 років	138 діб	3,82 діб	1590 років	7,1·10 ⁸ років	4,5·10 ⁹ років	3,8·10 ⁵ років

Розв'язання:

Період напіврозпаду $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$,

де λ - постійна розпаду.

Питома активність

$$q = \frac{a}{m},$$

де a - активність, m - маса ізотопу.

$$a = \lambda \cdot N,$$

де N – кількість радіоактивних ядер.

Звідси

$$q = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{A \cdot T_{1/2}}.$$

де N_A - число Авогадро, q –питома активність, A – атомна маса

Підставляючи в останню формулу значення періоду напіврозпаду, які наведені у таблиці, знаходимо питому активність.

Задача 2.3.3

Визначити період напіврозпаду цезію 137 за даними вимірювання питомої активності ізотопів q , Бк/кг, яка дорівнює $3,2 \cdot 10^{15}$ Бк/кг.

Розв'язання:

Період напіврозпаду визначається формулою 3.6

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N}{a},$$

де $N = N_A \cdot \frac{m}{M}$,

N_A - число Авогадро, M - молярна маса.

Отже $T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{M \cdot q} = 30$ років.

Відповідь: 30 років.

Задача 2.3.4

Внаслідок радіоактивного розпаду уран 238 перетворюється в ізотоп свинцю 206. Скільки альфа- та бетта-розпадів відбувається при цьому?

Розв'язання:

Кількість альфа-розпадів дорівнює

$$n_{\alpha} = \frac{\Delta A}{4} = \frac{238 - 206}{4} = 8,$$

кількість бетта-розпадів дорівнює

$$n_{\beta} = 2n_{\alpha} - \Delta Z = 2 \cdot 8 - (92 - 82) = 6$$

Відповідь: $n_{\alpha} = 8$, $n_{\beta} = 6$.

Задачі до теми 3

- 3.1. Скільки атомів полонію (${}^{210}_{84}\text{Po}$) розпадаються з 1 млн. атомів за добу?
- 3.2. Знайти масу радона (${}^{222}_{86}\text{Rn}$), активність якого дорівнює 1 кюрі.
- 3.3. Знайти сталу розпаду радона, якщо відомо, що число атомів радона зменшується за добу на 18.2%.
- 3.4. Деякий радіоактивний препарат має сталу розпаду $\lambda = 1.44 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$. Через який час відбудеться розпад 75% первонаочної кількості атомів?
- 3.5. Розрахуйте сталу розпаду, середній час життя та період напіврозпаду радіоактивного нукліда, активність якого зменшується в 1.07 разів за 100 діб.
- 3.6. Активність деякого радіоактивного ізотопу 100 Бк. Знайти його активність після часу, що дорівнює половині від його періоду напіврозпаду.
- 3.7. Знайти питому активність ізотопу ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.
- 3.8. Визначити час розпаду 1/3 початкової кількості ядер ${}^{225}_{89}\text{Ac}$.
- 3.9. Активність 5 г ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ дорівнює 10 Кю. Знайти період напіврозпаду цього ізотопу, порівняти з табличним значенням.

3.10. Активність 1г $^{226}_{88}\text{Ra}$ дорівнює 1 Кю. Знайти період напіврозпаду цього ізотопу, порівняти з табличним значенням.

3.11. Визначити початкову активність препарату ^{210}Po , якщо за період напіврозпаду цей препарат виділяє 2,2 кДж тепла (препарат випромінює α -частинки з кінетичною енергією 5,30 МеВ).

3.12. Визначити енергію α -частинок, що виникають у процесі радіоактивного розпаду ядер $^{148}_{84}\text{Po}$.

3.13. α -частинка зіткнулась з ядром бора $^{10}_5\text{B}$, внаслідок такої ядерної реакції утворились два нових ядра. Одним з них є ядро водню. Визначити друге ядро та енергетичний ефект реакції.

3.14. Яке ядро утвориться після послідовних двох α -, β - та γ - розпадів?

3.15. У закритому сосуді знаходиться 1.5 г радію. Яка кількість радону накопичиться у ньому за час, що дорівнює періоду напіврозпаду радону?

3.16. Якась кількість радію знаходиться у закритому сосуді. Через який час кількість атомів радону в ньому буде відрізняться на 10% від початкового?

3.17. Кінетична енергія α -частинки, що вилітає з ядра атома радію дорівнює 4.78 МеВ. Знайти: 1) швидкість α -частинки, 2) повну енергію, що виділяється при виліті α -частинки.

3.18. Яку кількість тепла виділяє 1 Кю радону 1) за годину, 2) за середній час життя, якщо кінетична енергія вилітаючої α -частинки дорівнює 5.5 МеВ.

3.19. 1 г урану $^{238}_{92}\text{U}$ у рівновазі з продуктами розпаду виділяє 0.107 мкВт. Знайти повну кількість тепла, що виділяє 1г урану за середній час свого життя.

3.20. При бомбардуванні ^7_3Li протонами утворюються дві α - частинки. Енергія кожної з них у момент їх утворення дорівнює 9.15 МеВ. Чому дорівнює енергія бомбардуючих протонів?

3.21 Визначити константу розпаду λ за даними вимірювання питомої

активності ізотопів $q, \text{Бк/кг}$ (таблиця 3.2)

Таблиця 3.2.

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотоп	Ca^{45}	Sr^{90}	Cs^{137}	I^{131}	C^{14}	Po^{210}	Rn^{222}	Ra^{226}	U^{235}	U^{238}
$q, \text{Бк/кг}$	6,6 $\cdot 10^{17}$	5,2 $\cdot 10^{15}$	3,2 $\cdot 10^{15}$	4,6 $\cdot 10^{18}$	1,6 $\cdot 10^{14}$	1,6 $\cdot 10^{17}$	5,7 $\cdot 10^{18}$	3,6 $\cdot 10^{13}$	7,9 $\cdot 10^7$	1,2 $\cdot 10^7$

3.22 Знайти скільки α - і β - розпадів відбувається при перетвореннях радіонукліда 1 в радіонуклід 2, що приведені в таблиці 3.3. Визначити до яких радіоактивних рядів належать ці радіонукліди.

Таблиця 3.3

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р/нуклід 1	U^{238}	Th^{229}	U^{235}	Rn^{219}	Ra^{228}	Po^{216}	Th^{212}	U^{233}	U^{238}	Np^{237}
Р/нуклід 2	Po^{210}	Po^{213}	Pb^{212}	Bi^{207}	Pb^{208}	Pb^{208}	Rn^{220}	Bi^{213}	Rn^{222}	Bi^{209}

3.23 За даними в таблиці 3.1 знайти, скільки атомів радіоактивного елемента розпадеться на протязі часу $\Delta t = 1$ доба з $N = 10^6$ атомів.

2.4. Тема 4. Розрахунки доз та потужностей доз випромінювання в умовах підвищеної радіаційної безпеки.

В умовах підвищеної радіаційної безпеки одним з методів захисту є захисні екрани, які гальмують високоенергетичні частинки іонізуючого випромінювання.

Доза випромінювання – це енергетична характеристика іонізуючого випромінювання.

Доза еквівалентна в органі чи тканині H_T — величина, що визначається як добуток поглиненої дози в окремому органі чи тканині на радіаційний зважуючий фактор w_R :

$$H_T = D w_R \quad (4.1)$$

Одиниця еквівалентної дози в системі СІ - Зіверт (Зв). 1 Зв = 100 бер.

Доза ефективна (E). Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) як міру радіаційного впливу на живий організм ввела ефективну дозу E, яка є сумою добутків еквівалентних доз H_T в окремих органах і тканинах на відповідні тканеві фактори, w_T . Ця доза визначається формулою

$$E = \sum w_T H_T, \quad (4.2)$$

Еквівалентну дозу H можна розрахувати за формулою (метод дозових коефіцієнтів)

$$H_T = A_v \cdot V_i \cdot v, \quad (4.3)$$

де $A_{\beta v}$ - об'ємна активність, V_i - дозовий коефіцієнт, v - швидкість споживання.

Дозовий коефіцієнт може бути розрахований за формулою

$$B_i = \text{ГД/ГДР} \quad (4.4)$$

За нормами НРБУ-97 границя дози ГД=1мЗв/година. Границя річного приходу ГРП для повітря дорівнює $3 \cdot 10^4$ Бк/ годину. Границя річного приходу ГРП для води дорівнює $7,1 \cdot 10^4$ Бл/ годину .

Таким чином , дозовий коефіцієнт ,що визначається за формулою (4.4) для повітря

$$B_{ih} = 0,33 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/ Бк} ,$$

а для води $B_{ig} = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк} .$

Моделювання переносу радіонуклідів у навколишньому середовищ пов'язане з розв'язком диференціальних рівнянь переносу типу

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(u_i C)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} (D_i \frac{\partial C}{\partial x_i}) + \lambda C + \sum_j R_j, \quad (4.5)$$

де C - концентрація радіонуклідів, X_i - координата, λ - константа розпаду, U_i - швидкість течії уздовж X_i , D_i - коефіцієнт дифузії, R_j - потужність джерел викиду.

У випадку стаціонарності потоку на великих відстанях від місця викиду для змучених у турбулентному потоці радіонуклідів розв'язок рівняння (2.19) при умові, що $\sum R_j = 0$, має вигляд

$$C = C_0 \cdot e^{-x/u(b+\lambda)}, \quad (4.6)$$

де b - константа осадження частинок,

$$b = v_s^2 / D_y \cdot u_x, \quad (4.7)$$

де V_s - швидкість стоксовської седиментації частинок.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.4.1

Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об'ємна активність 100 Бк/м^3 . Час перебування в зоні дорівнює 1 добу.

Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою (4.4) і для повітря він дорівнює

$$B_{ih} = 0,33 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/Бк}.$$

Швидкість споживання повітря V - це середня швидкість дихання. Для дорослих її вважають рівною $23 \text{ м}^3/\text{добу}$; для дітей - $13 \text{ м}^3/\text{добу}$, або $8,4 \cdot 10^3$ і $5,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{рік}$ відповідно.

Еквівалентна доза розраховується за формулою (4.3). Для дорослих вона дорівнює

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 23 = 0,08 \text{ мЗв},$$

для дітей

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 13 \cdot 1 = 0,44 \text{ мЗв}.$$

Відповідь: Еквівалентна доза дорівнює 0,08 мЗв для дорослих і 0,44 мЗв для дітей.

Задача 2.4.2

Радіаційне забруднення питної води відповідає об'ємній активності $A_v = 370$ Бк/л. Розрахувати річну еквівалентну дозу H_T на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання води складає 2 л на добу і об'ємна активність води зберігається на протязі року.

Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою (4.4), і для води він дорівнює

$$B_{ig} = \Gamma_D / \Gamma_{RP} = 10^{-3} / 7,1 \cdot 10^4 = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ (Зв/Бк)}.$$

Використовуючи значення дозового коефіцієнта та об'єм річного споживання води $V = 2 \cdot 365 = 730$ л/рік = $0,73$ м³/рік, за формулою (4.3) отримаємо еквівалентну дозу

$$H_T = 370 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-8} \cdot 0,73 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ Зв/рік}.$$

Відповідь: еквівалентна доза дорівнює 3,7 мЗв/рік

Задача 2.4.3

Розрахувати активність води на відстані $X = 5$ км від місця викиду змуленого радіонукліда в річку. Активність радіонукліда на місці викиду дорівнює 500 Бк/л. Швидкість річки $U = 0,5$ М/с. Константа осадження частинок $b = 5 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, константа розпаду $\lambda = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$.

Розв'язання:

Радіаційна активність води пропорційна концентрації радіонукліда у воді. Тому на відстані X від місця викиду активність A води дорівнює

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{X}{U}(b+\lambda)} = 112 \cdot 10^3 \text{ Бк/м}^3$$

Відповідь: активність води дорівнює 112 тисяч Бк/м³

Задача 2.4.4

Під час аварії на АЕС річний викид ізотопу йоду I^{131} в атмосферу складає $Q = 8,1 \cdot 10^{11}$ Бк.

Розрахувати еквівалентну дозу на щитовидну залозу дорослої людини, що потрапляє в організм через органи дихання, якщо відомо, що коефіцієнт метеорологічного розбавлення дорівнює $G = 5 \cdot 10^{-8} \text{ с/м}^3$.

Розв'язання:

Об'ємна активність повітря розраховується за формулою

$$A_v = Q \cdot G / t = 8,1 \cdot 10^{11} \cdot 5,0 \cdot 10^{-8} / 3,16 \cdot 10^7 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Бк/м}^3,$$

де $t = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с} = 1 \text{ рік}$.

Еквівалентна доза розраховується за формулою

$$H_T = A_v \cdot V_i \cdot v,$$

і дорівнює

$$H_T = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/рік}.$$

Відповідь: еквівалентна доза дорівнює $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/рік}$.

Задача 2.4.5

Розрахувати еквівалентну дозу на поверхні землі, що утворює фотонне випромінювання від хмарини радіоактивних газів суміші ізотопів Kr і Xe. Хмарина утворилася внаслідок аварії на реакторі ВВЕР-440, коли $\delta = 10\%$ загальної кількості радіоактивного пального, що знаходилося в активній зоні реактора, потрапило в атмосферу. Висота викиду - 60 м, швидкість вітру $U = 1,6 \text{ м/с}$, відстань від місця викиду - 3 км у напрямку вітру.

Розв'язання:

При даних умовах час руху радіоактивної хмарини до точки вимірювання: $t = x/u = 30 \text{ хвилин}$. Повне завантаження активної зони реактора ураном складає 41,5 т, а питома активність q суміші ізотопів Kr і Xe дорівнює $4,06 \cdot 10^{16}$ і $1,07 \cdot 10^{17} \text{ Бк/т}$ відповідно. Таким чином, активність суміші радіоактивних газів в точці вимірювання дорівнює

$$Q = q \cdot m \cdot \delta = (0,41 + 1,07) \cdot 10^{17} \cdot 41,5 \cdot 0,1 = 6,14 \cdot 10^{17} \text{ Бк}$$

Для умови даної задачі коефіцієнт метеорологічного розбавлення $G = 6,0 \cdot 10^{-5} \text{ с/м}^3$. Для суміші ізотопів Kr і Xe за довідковими даними дозовий коефіцієнт $V_{\alpha\gamma}$ дорівнює

$$V_{\alpha\gamma} = 1,07 \cdot 10^{-6} \text{ Зв} \cdot \text{м}^3 / \text{рік} \cdot \text{Бк}.$$

Знаючи дозовий коефіцієнт, еквівалентну дозу H_T від короткочасного викиду Q можна розрахувати за формулою

$$H = Q \cdot V_{\beta\alpha\gamma} \cdot G_0 / u = 0,31 (\text{Зв}).$$

Відповідь: еквівалентна доза дорівнює 0,31 Зв.

Задачі до теми 4

4.1 Визначити ефективну еквівалентну дозу і потужність дози γ - випромінювання з енергією квантів $\sim 200 \text{ кеВ}$, якщо вимірена в повітрі експозиційна доза досягає величини X_T , а час перебування в зоні випромінювання дорівнює t . Значення X_T і t наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X _T , Рентген	50	50	50	100	100	100	150	150	150	200
t, годин	20	15	10	20	15	10	30	20	10	20

4.2 Визначити еквівалентну дозу та потужність дози для дорослих та дітей, якщо в атмосферному повітрі зареєстрована об'ємна активність A_v . Час перебування в зоні випромінювання - t, годин (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2.

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_v , Бк/м ³	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
t, годин	10	10	5	5	5	5	5	5	10	10

4.3 В результаті аварійного викиду цезія Cs^{137} молоко стало забрудненим до значень об'ємної активності A_v . Розрахувати річну еквівалентну дозу H_T на організм людини, якщо добовий об'єм споживання молока $V = 0,5$ л на добу і об'ємна активність молока зберігається на протязі року. Границю річного приходу радіонуклідів вважати рівною $7,1 \cdot 10^4$ Бк/год. В парних варіантах вважати, що $A_v = 300$ Бк/л, в непарних варіантах - $A_v = 400$ Бк/л.

4.4 Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об'ємна активність 200 Бк/м³. Час перебування в зоні дорівнює 2 доби.

4.5 Визначити поглинуту дозу та потужність дози, якщо відомо, що у масі 100 кг поглинута енергія 200 Дж. за час 1 година.

4.6 Визначити експозиційну дозу та потужність дози фотонного випромінювання, якщо відомо, що у масі 100 кг поглинута енергія 400 Дж. за час 1 година. Одиниця експозиційної дози 1 Рентген $= 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

4.7 Експозиційна доза в 1 Рентген відповідає поглинутій дозі $8,8$ мГр, або еквівалентній дозі фотонного випромінювання $8,8$ мЗв. Чому дорівнює потужність поглинутої та еквівалентної дози звичайного радіаційного фону 12 мкР/год.?

4.8 Еквівалентна доза 1 бер (біологічний еквівалент рада) складає 0,01 Зв. Чому дорівнює у системі СІ еквівалентна летальна доза $LD_{50/30}$, якщо відомо, що у позасистемних одиницях вона дорівнює 400 рад.?

4.9 Знайти колективну дозу випромінювання, якщо відомо, що мешканці міста отримали у середньому еквівалентну ефективну дозу 0,02 Зв, а населення міста складає 200 тисяч мешканців.

4.10 Розрахувати річну еквівалентну дозу H_T на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання води складає 2 л на добу і об'ємна активність води $A_v=200$ Бк/л. зберігається на протязі року.

2.5 Тема 5. Екологічні прилади та системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій.

Захист об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій в умовах роботи з джерелами іонізуючого випромінювання, наприклад при роботі з ядерним реактором - це використання захисних екранів. Розглянемо основні фізичні закономірності такої технології захисту.

Проходження γ - випромінювання крізь екрани

При проходженні γ - квантів крізь речовину їх енергія не змінюється, але в результаті зіткнень поступово зменшується інтенсивність пучка I . Закон ослаблення інтенсивності пучка зумовлений характерними для γ - випромінювання механізмами взаємодії з речовиною. До цих механізмів належать: 1) фотоефект, 2) ефект Комптона, 3) народження електрон-позитронних пар. Для першого і третього механізмів взаємодії характерним є експоненціальний закон ослаблення інтенсивності пучка

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}, \quad (5.1)$$

де I - початкова інтенсивність, x - товщина шару речовини, μ - коефіцієнт поглинання.

Масовий коефіцієнт поглинання дорівнює

$$\mu_m = \mu / \rho, \quad (5.2)$$

де ρ - густина речовини.

Товщина шару половинного ослаблення $x_{1/2}$ інтенсивності випромінювання дорівнює

$$x_{1/2} = \ln 2 / \mu = 0,693 / \mu \quad (5.3)$$

Товщина шару десятикратного ослаблення I_{10}

$$I_{10} = \ln 10 / \mu = 2,3 / \mu \quad (5.4)$$

Проходження нейтронів крізь екрани

Для нейтронів немає кулонівської взаємодії. Один тільки вид витрат енергії при проходженні їх крізь речовину пов'язаний з ядерними

зіткненнями. При таких зіткненнях швидкі нейтрони можуть так сильно штовхнути ядро, що воно відірветься від своїх власних електронів і полетить уперед, утворюючи іонізацію атомів речовини.

Повільні (теплові) нейтрони з енергією E менше 0,1 MeV не можуть надати ядру таку велику швидкість, але вони дуже легко проникають усередину ядра і спричиняють різні ядерні реакції. Уламки ядра, що утворюються в реакції, розлітаються, утворюючи іонізацію і збудження атомів середовища.

Ефективний переріз взаємодії σ в цілому зменшується при збільшенні енергії нейтронів, проте ця залежність не є монотонною. Вона має резонансний характер.

Ослаблення інтенсивності пучка нейтронів речовиною приблизно описується експоненціальним законом

$$\varphi = \varphi_0 \cdot e^{-\mu x}, \quad (5.5)$$

де μ - коефіцієнт поглинання.

Товщина шару десятикратного ослаблення

$$l_{10} = \ln 10 / \mu = 2,3 \cdot M / \sigma \cdot N_A \cdot \rho. \quad (5.6)$$

Лінійні втрати енергії часто вимірюють в MeV/мкм.

Проходження заряджених частинок крізь екрани Радіаційні втрати енергії

Усі заряджені частинки іонізуючого випромінювання, що гальмуються, стають джерелами електромагнітного випромінювання, енергія цього випромінювання пропорційна прискоренню у четвертому степені. Тому таке випромінювання треба враховувати для легких заряджених частинок; але ним можна знехтувати для важких.. Втрати на це випромінювання у речовині прийнято називати радіаційними.

Питомі радіаційні втрати на одиницю пройденого частинкою шляху пропорційні енергії. Коефіцієнт пропорційності має розмірність 1/см. Обернену величину цього коефіцієнта (визначимо його літерою l_0 .) називають радіаційною довжиною.

Радіаційні лінійні втрати енергії можна записати у вигляді

$$\left(- \frac{dE}{dx} \right)_{\text{рад.}} = \frac{E}{l_0}, \quad (5.7)$$

де l_0 – радіаційна довжина. Розв'язавши це рівняння відносно енергії, можна отримати

$$E = E_0 \exp(-x / l_0). \quad (5.8)$$

З цього виразу зрозуміло, який зміст має радіаційна довжина - це відстань, на якій енергія іонізуючої частинки в речовині зменшується в e раз, тобто майже втричі. Ця довжина залежить тільки від порядкового номера атомів речовини та густини електронів в ньому, вона визначається формулою

$$l_0 = \frac{4.31 \cdot 10^{26}}{n_e \cdot Z \cdot \ln(183/Z^{1/3})} \text{ (см)}. \quad (5.9)$$

Послаблення потоку β -частинок з суцільним спектром відбувається за експоненціальним законом

$$J = J_0 e^{-\mu x}, \quad (5.10)$$

де μ – масовий коефіцієнт послаблення в одиницях $\text{см}^2/\text{г}$; x – товщина захисту в $\text{г}/\text{см}^2$. Масовий коефіцієнт в алюмінії визначається емпіричною формулою

$$\mu = 22/E_{\text{макс.}}^{1.33}, \text{ см}^2/\text{г} \quad (0.5 \leq E_\beta \leq 6 \text{ MeV}).$$

Шар половинного послаблення β -частинок в алюмінії

$$\Delta_{1/2} = 0.032 E_\beta^{1.33} \text{ (г/см}^2\text{)} \quad (5.11)$$

Можна оцінити іонізаційні здатності чи питому іонізацію (кількість іонних пар, що утворюються на одиницю довжини пробігу частинки). Оскільки енергія, що затрачується в середньому на утворення однієї пари іонів w , мало залежить і від енергії пролітаючої частинки, і від сорту поглинаючої речовини (вона дорівнює приблизно 33eV), то лінійна густина іонізації (питома іонізація) – кількість пар іонів, що були утворенні випромінюванням на одиниці шляху

$$i = \frac{dE/dx}{w}. \quad (5.12)$$

Повна іонізація J – кількість пар іонів, які були утворені на всьому шляху випромінювання у речовині, визначається виразом

$$J = E/w.$$

Поглинаючу дію речовини характеризують лінійним та масовим пробігами, а також величиною шару половинного послаблення. Лінійний пробіг R – шлях, що проходить частинка до повної зупинки, чи мінімальна товщина поглиначка, яка потрібна для повного поглинання іонізуючого випромінювання. Вона залежить від природи поглиначка та його стану, а також від типу та енергії випромінювання. Пробіг збільшується з ростом енергії іонізуючих частинок, він пропорційний її масі та обернено пропорційний квадрату її заряду. Масовий пробіг – пробіг частинки в одиниці маси, він вимірюється в грамах на квадратний сантиметр і пов'язаний лінійним співвідношенням:

$$R_m = \rho R.$$

На практиці часто користуються емпіричними формулами для пробігу іонізуючих частинок у речовині.

Наприклад, пробіг α -частинки в повітрі можна розрахувати за емпіричною наближеною формулою

$$R_{\alpha}^{\text{пов}} = 0.31 \cdot E^{3/2} (\text{см}) \quad (5.13)$$

Для пробігу у речовині з масовим числом A інша відома емпірична формула дає

$$R_m = 0.56 R^{\text{пов}} A^{1/3} \text{ (в одиницях мг/см}^2\text{)}. \quad (5.14)$$

Основне призначення екологічних приладів – контроль параметрів навколишнього середовища. Для цього використовують різноманітні спектрометричні методи та прилади.

Знайомство з ними в рамках даної дисципліни здійснюється на прикладі вивчення роботи віртуального гамма-спектрометричного комплексу ГАММАЛАБ, який дозволяє вивчати спектри гамма-випромінювання довільних ізотопів.

Основні характеристики приладів, які реєструють іонізуючі випромінювання.

1. *Функція відгуку*, яка визначає зв'язок між властивостями реєстрованих частинок і характеристиками сигналу. Якщо функція $\Phi(E)$ описує енергетичний спектр частинок іонізуючого випромінювання, то функція $N(U)$, яка описує апаратний спектр сигналів (імпульсів), які виходять в системі завдяки реєстрації ядерних частинок, не обов'язково повинна бути ідентичною до функції $\Phi(E)$. Тут E - це енергія ядерних частинок, а U - це амплітуда напруги імпульсів. Зв'язок між апаратним спектром імпульсів і відповідної дійсності енергетичним спектром ядерних частинок можна описати інтегральним рівнянням Фредгольма першого роду за допомогою функції відгуку $G(E, U)$.

$$N(U) = \int \Phi(E) \cdot G(E, U) dE. \quad (5.15)$$

2. *Ефективність* (чутливість) приладу визначається мінімальним вторинним ефектом, який може бути зареєстрованим. Чутливістю називається відношення кількості зареєстрованих частинок до кількості частинок, які входять в чутливий об'єм приладу. Для заряджених частинок чутливість близька до 100%. Для гамма-квантів і нейтронів вона є найменшою.

3. *Енергетичне розділення* - це мінімальна різниця в енергіях двох груп частинок, при якій прилад реєструє їх як частки з різними енергіями.

4. *Часове розділення* - це мінімальний час між послідовними влученнями в детектор двох частинок, при якому вони реєструються окремо. Цей час називається "мертвим" часом.

$$\tau = \frac{N_{1вим} + N_{2вим} - N_{12вим}}{2 \cdot N_{1вим} \cdot N_{2вим}}, \quad (5.16)$$

де N_1, N_2, N_{12} - кількість імпульсів за одиницю часу для першого, другого та обох препаратів.

Часова розрізнявальна здатність лічильника

$$\beta = \frac{1}{\tau}. \quad (5.17)$$

Основними особливостями спектрів, індивідуальними для різних ізотопів, які безпосередньо можуть бути використані для кількісних розрахунків, є піки повного поглинання гамма-квантів.

Інтенсивність ("площа") піку повного поглинання S (імп / с), відповідна γ -квантів з енергією E (і), однозначно пов'язана з активністю A , (роз / с) даного ізотопу співвідношенням:

$$S = K_\gamma \cdot K_{ef} \cdot A, \quad (5.18)$$

де S - площа фотопіка, K_γ - коефіцієнт гамма-виходу ізотопу зразкового джерела, A - активність зразкового джерела в момент вимірювання.

Площа активності фотопіка визначається по спектру, як відношення суми імпульсів в кожному каналі фотопіка, за винятком фону, до часу експозиції.

Розрахувавши площа фотопіка, можна визначити ефективність реєстрації спектрометра:

$$K_{ef} = \frac{S}{K_\gamma \cdot A}. \quad (5.19)$$

Ефективність реєстрації спектрометра - це відношення кількості зареєстрованих частинок до числа частинок, випущених контрольним джерелом. Ця характеристика залежить від енергії γ - квантів.

Після визначення кількох значень K_{ef} для різних препаратів потрібно побудувати калібрувальну криву ефективності реєстрації, яка використовується для визначення активності проби.

Ще одна важлива характеристика спектрометра - енергетичне розділення, яке визначається в процесі калібрування за формулою:

$$R = \frac{N_{1/2}}{N_{цтп}} \cdot 100 \% , \quad (5.20)$$

де $N_{1/2}$ - ширина фотопіка на половині висоти піка,

$N_{цтп}$ - номер каналу, в якому знаходиться центр ваги даного фотопіка.

Шкала спектрометра (1024 канали) повинна бути відкаліброваною з ціною поділки в межах 1-3 (кев / канал). Для цього використовують

препарати з відомим радіонуклідним складом (Cs-137, Ra-226, Am-241, Co-60).

Таблиця 5.1

Ізотоп	Енергія γ -кванта, кеВ	Коефіцієнт γ -виходу, %	Номер каналу, де розташований центр фотопіку	Коефіцієнт ефективності реєстрації
Am-241	59,537	35,37	31	
Cs-137	661,660	85,08	331	
Co-60	1173,237	99,80	582	
	1332,502	99,9	662	

Регулюванням підсилення намагаються запису фотопіку Cs-137 у 331 канал.

Вони повинні бути рівномірно розподіленими на всій ширині діапазону спектра від 30 до 1500 КЕВ.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.5.1

Яка частина γ -випромінювання пройде через екран зі свинцю завтовшки $d = 1$ см, якщо коефіцієнт поглинання випромінювання $\mu = 0.50$ см⁻¹. Пучок γ -випромінювання вузький.

Дано:

$$E = 6.0 \text{ MeV}$$

$$d = 1 \text{ см}$$

$$\mu = 0.50 \text{ см}^{-1}$$

$$I/I_0 = ?$$

Розв'язання:

Закон поглинання γ -випромінювання

$$I = I_0 \exp(-\mu d),$$

де I – інтенсивність пучка γ -випромінювання.

З цього закону отримуємо:

$$I/I_0 = \exp(-\mu d) = \exp(-0.5 \cdot 1) = 0.6.$$

Тобто через екран пройде 60% γ – випромінювання.

Відповідь: частка γ -випромінювання, яка пройде через екран зі свинцю завтовшки $d = 1$ см дорівнює 60%.

Задача 2.5.2

Вимірена потужність експозиційної дози гамма-випромінювання дорівнює R_B . Знайти мінімальну товщину захисного екрана з речовини, що указана в таблиці 3, якщо час роботи на робочому місці складає t годин у

тиждень. Гранично допустима доза дорівнює 100 мР/рік. Для варіантів з парним номером вважати, що $P_B = 28$ мР/год, а час роботи $t = 25$ годин, а для варіантів з непарним номером що $P_B = 20$ мР/год, а час роботи $t = 10$ годин у тиждень.

Таблиця 5.2

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Речовина	Al	C (графіт)	Cu	Fe	Pb	Al	Pb	H 2O	Fe	Бетон $\rho = 2,3 \text{ т/м}^3$
$\mu, \text{ м}^{-1}$	16	14,2	49,5	44	80	10	47	4,0	28	8,3
E, MeV	1	1	1	1	1	2,5	2,5	3	3	3

Розв'язання:

За нормами гранично допустимої дози на протязі одного тижня отримана доза не може перевищувати 100 мР/48 тиж = 2,04 мР/тиж.

Якщо час роботи складає 10 годин на тиждень, то у непарних варіантах реально отримана доза у випадку відсутності захисту від радіації буде складати 200 мР/тиждень. Ця доза більша за граничну майже у 100 разів.

Екранування радіоактивного випромінювання має зменшити його у 100 разів.

При проходженні γ -квантів крізь речовину їх енергія не змінюється, але в результаті зіткнень поступово зменшується інтенсивність пучка I. Закон ослаблення інтенсивності пучка зумовлений характерними для γ - випромінювання механізмами взаємодії з речовиною. До цих механізмів належать: 1) фотоефект, 2) ефект Комптона, 3) народження електрон-позитронних пар. Для першого і третього механізмів взаємодії характерним є експоненціальний закон ослаблення інтенсивності пучка

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

де I - початкова інтенсивність, x - товщина шару речовини, μ - коефіцієнт поглинання.

Найбільше значення коефіцієнту поглинання має свинець. Для нього $\mu = 80 \text{ м}^{-1}$.

Із закону поглинання

$$\ln \frac{I_0}{I} = \mu \cdot x,$$

а з умов праці $\frac{I_0}{I} = 100$. Значить товщина шару поглинання дорівнює $x = \frac{\ln 100}{\mu}$ та для екрану з свинцю складає $\frac{\ln 100}{80} = 0,058$ м, тобто 5,8 см.

Відповідь: для свинцю (у випадку непарного варіанту) товщина екрану становить 5,8 см.

Задача 2.5.3.

У скільки разів пробіг у повітрі α -частинок, що випромінюються ${}^{239}_{94}\text{Pu}$, більше пробігу α -частинок від ${}^{238}_{92}\text{U}$.

Розв'язання:

У таблиці знайдемо періоди напіврозпадів ядер:
 $T_{1/2}(\text{Pu}) = 2 \cdot 10^4 \text{ років} = 2 \cdot 10^4 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ сек.} = 6.31 \cdot 10^{10} \text{ сек.}$
 $T_{1/2}(\text{U}) = 4.5 \cdot 10^9 \text{ років} = 1.42 \cdot 10^{16} \text{ сек.}$
 За формулою Гейгера-Неттола:

$$E = \left(\frac{D}{\lg T_{1/2} - C} \right)^2$$

визначимо енергію α -частинок, що випромінюються:

$$E_{\alpha}(\text{Pu}) = 5.15 \text{ MeV};$$

$$E_{\alpha}(\text{U}) = 4.18 \text{ MeV}.$$

За формулою для пробігів α -частинок у повітрі:

$$R_{\alpha}(\text{Pu}) = 0.31 \sqrt{E_{\alpha}^3} = 0.31 \sqrt{5.15^3} \approx 3.6 \text{ см.}$$

$$R_{\alpha}(\text{U}) = 0.31 \sqrt{4.18^3} = 0.31 \cdot 8.55 = 2.6 \text{ см.}$$

Звідси

$$R(\text{Pu})/R(\text{U}) = 3.6/2.6 = 1.4 \text{ рази.}$$

Відповідь: 1.4 рази.

Задача 2.5.4 Знайти відношення лінійних іонізаційних втрат енергії α -частинки та протона з однаковими кінетичними енергіями 5 MeV в азоті.

$$M_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$M_{\alpha} = 4 M_p$$

$$Z = 7$$

$$E = 5 \text{ MeV} = 5 \cdot 10^6 \text{ eV.}$$

$$L_{\alpha}/L_p = ?$$

Розв'язання:

Відношення лінійних втрат можна знайти, враховуючи що енергії у частинок однакові.

Отримаємо:

$$\frac{L_\alpha}{L_p} = \frac{B_\alpha \ln \frac{2Em}{4M_p I}}{B_p \ln \frac{2Em}{4M_\alpha I}} = \frac{16 \ln \frac{5 \cdot 10^6}{2 \cdot 1840 \cdot 94.5}}{\ln \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^6}{1840 \cdot 94.5}} = 10.5$$

Таким чином при такої енергії перевищують іонізаційні втрати.

Зверніть увагу, що при розрахунку було враховано, що відношення маси протона до маси електрона $M_p/m_e = 1840$. Потенціал іонізації азота за формулою (3.5):

$$I(Z) = 13.5 \cdot Z \text{ eV} = 13.5 \cdot 7 \text{ eV} = 94.5 \text{ eV}.$$

Під знаком логарифму стоїть відношення енергетичних величин: E та I , вони обидві були визначені в eV.

Відповідь: 10,5

Задача 2.5.5

Знайти лінійний і масовий коефіцієнти поглинання залізом рентгенівських променів з енергією $E=1\text{MeV}$. Яка довжина хвилі λ рентгенівських променів відповідає даному значенню енергії. Товщина шару половинного ослаблення $X_{1/2}=1,56 \cdot 10^{-2}\text{м}$. Густина заліза $\rho = 7,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Відповідь:

$$\mu = \frac{\ln 2}{X_{1/2}} = 44.4 \text{ м}^{-1}, \quad \mu_m = \mu/\rho = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}.$$

З формули Планка $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ витікає, що

$$\lambda = h \cdot c / E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 118 \cdot 10^{-13} \text{ м}.$$

Відповідь:

Коефіцієнт поглинання дорівнює $\mu = 44,4 \text{ м}^{-1}$

Задача 2.5.6

Знайти ослаблення пучка нейтронів залізом завтовшки 0,1м, якщо початкова густина потоку нейтронів $\sigma = 5 \cdot 10^4 \text{ нейт / см} \cdot \text{с}$, а ефективний переріз процесу $\sigma = 2,3 \text{ барн}$. Знайти густину потоку нейтронів ϕ

$$\phi = \phi_0 \cdot e^{-\mu x} = 7,1 \cdot 10^3 \text{ нейт/см}^2 \cdot \text{с}$$

Відповідь:

Коефіцієнт поглинання дорівнює $\mu = \sigma \cdot N = \sigma \cdot N_A \cdot \rho / A = 0,2 \text{ см}^{-1}$.

Задача 2.5.7

Знайти енергетичне розділення спектрометра по Cs-137, якщо відомо, що ширина фотопіку на половині його висоти дорівнює 6 кеВ

Розв'язання:

Енергетичне розділення визначається за формулою

$$R = \frac{N_{1/2}}{N_{\text{цтп}}} \cdot 100 \% ,$$

де $N_{1/2}$ - ширина фотопіка на половині висоти піка,

$N_{\text{цтп}}$ - номер каналу, в якому знаходиться центр ваги даного фотопіка.

Знаходимо з таблиці 2.5.2 номер каналу

Підставляючи дані з умови задачі та номер каналу, отримаємо

$$R = 6 \cdot 100 / 661 = 1 \%$$

Відповідь: 1 %

Задача 2.5.8

Знайти часове розділення детектора методом двох препаратів, якщо відомо, що $N_1 = 50$ імп/с, $N_2 = 60$ імп/с, $N_{12} = 85$ імп/с

Розв'язання:

Часове розділення визначається за формулою 2.5.16

$$\tau = \frac{N_{1\text{вим}} + N_{2\text{вим}} - N_{12\text{вим}}}{2 \cdot N_{1\text{вим}} \cdot N_{2\text{вим}}}$$

Підставляючи дані з умови задачі, отримаємо

$$\tau = \frac{50 + 60 - 85}{2 \cdot 50 \cdot 60} = 0,004 \text{ с.}$$

Відповідь: 4 с.

Задачі до теми 5

5.1 Знайти лінійний μ і масовий μ_m коефіцієнти поглинання речовиною пучка теплових нейтронів за даними значеннями товщини шару десятикратного послаблення I_{10} (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Речовина	Cd	B	Li	Fe	H ₂ O	Pb	Cu	Sn	Al	C (графіт)
$1,10^{-2} \text{ м}$	0,02	0,023	0,8	3,4	6,7	3,0	2,26	15,4	24	5,0

5.2 Розрахувати коефіцієнт поглинання і товщину шару половинного ослаблення пучка теплових і швидких нейтронів за даними значеннями повного перерізу процесу поглинання нейтронів σ (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Речовина	C (графіт)	Fe	Cd	B	Al	Cu	Si	Pb	Sn	Ag
Густина $\rho, 10^3 \text{кг/м}^3$	2,3	7,9	8,6	2,3	2,7	9,0	2,4	11,3	7,3	10,5
Теплові нейтрони σ , барн	3,83	8,5	4500	600	1,6	11,9	2,5	12,5	4,0	3560
Швидкі нейтрони σ' , барн	1,9	3,2	4,1	2,2	2,1	2,9	2,0	6,7	3,6	430

5.3. Знайти товщину шару половинного поглинення β -частинок з енергією 0.3 Мев у свинці.

5.4 Знайти товщину шару половинного поглинення β -частинок з енергією 0.1Мев у воді.

5.5 Визначити радіаційну довжину електрона з енергією 0,8 MeV у повітрі при нормальних умовах.

5.6 При проходженні шару деякої речовини товщиною 0.40 см енергія швидких електронів зменшилась у середньому на 25%. Знайти радіаційну довжину електрона, якщо відомо, що втрати енергії електрона при цьому в основному радіаційні.

5.7 Оцінити початкову енергію електронів, якщо після проходження свинцевої пластинки завтовшки 5.0 мм енергія електронів у середньому дорівнює 42 MeV.

5.8 Визначити товщину шару половинного ослаблення пучка рентгенівського випромінювання з довжиною хвилі 6,2 нм у свинці.

5.9 Знайти енергетичне розділення спектрометра по Cs-137, якщо відомо, що ширина фотопіку на половині його висоти дорівнює 8 кеВ

5.10 Знайти часове розділення детектора методом двох препаратів, якщо відомо, що $N_1 = 45 \text{ імп/с}$, $N_2 = 65 \text{ імп/с}$, $N_{12} = 80 \text{ імп/с}$

3. Контрольні заходи на практичних заняттях з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища”

Організація контролю знань та вмінь студентів з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища” забезпечується комплексом контролюючих заходів поточного і підсумкового контролю.

При вивченні дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища” використовуються різні форми контролю, серед яких під час практичних занять (розв’язання задач) викладач застосовує такі форми контролю, як усне опитування під час занять, виконання завдання біля дошки, перевірка самостійної роботи студента.

До основних (обов’язкових) форм контролю з практичної частини дисципліни належать УО (усне опитування) під час розв’язання задач на аудиторних заняттях та залікова контрольна робота.

Для допуску до залікової контрольної роботи студент повинен виконати не менш 50 % завдань за темами занять.

Перелік завдань до самостійної роботи студентів приведений в другому розділі "Організація самостійної роботи студентів" методичних вказівок з СРС з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища”.

4. Приклади тестових завдань для самоперевірки знань

Вибрати вірну відповідь:

Білет №1

1. У захисних пристроях навколишнього середовища від енергетичних впливів захист може здійснюватися
 - А. за рахунок відбивальної здатності захисного пристрою
 - Б. за рахунок поглинальної здатності захисного пристрою
 - В. з урахуванням прозорості захисного пристрою
 - Г. усіх, вище названих факторів
2. При захисту від вібрацій в промисловості зміна частоти власних коливань джерела (машини або пристрою) використовується
 - А. для виключення різких ударів та прискорень
 - Б. для виключення резонансу з частотою примусової сили
 - В. для ослаблення передачі вібрації об’єкту захисту
 - Г. для збільшення жорсткості системи
3. Основним способом захисту від електромагнітного випромінювання в навколишньому середовищі є
 - А. захист екранами
 - Б. захист часом
 - В. захист відстанню
 - Г. захист кількістю
4. Апарати, у яких здійснюють процес абсорбції, називають
 - А. циклони
 - Б. абсорбери

В. сепаратори Г. фільтр

5. Процес розкладу речовини під дією електричного струму при відсутності або недостатності кисню, називається

- А. електроліз Б. піроліз
В. радіоліз Г. термоліз

6. Для переробки твердих відходів використовують агрегати тонкого подрібнювання

- А. шарові барабанні млини, струминні млини, вібраційні дезінтегратори
Б. абсорбери, адсорбери
В. сепаратори, фільтри

7. Для реагентної обробки стічних вод використовуються мінеральні та органічні сполуки - коагулянти і флокулянти. Для цього застосовують

- А. мінеральні коагулянти: солі заліза, алюмінію
Б. хлорне залізо, яке застосовують в поєднанні з вапном.
В. синтетичні органічні флокулянти - лінійні, водорозчинні макромолекули
Г. усе перелічене

8. Для роботи кульового барабанного млина ємністю 60 тон використовується коробка передач. У чому полягає золоте правило відповідності кількості зубів суміжних між собою шестерень

- А. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути кратним
Б. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути некратним
В. кількість зубів суміжних між собою шестерень може бути будь-яким

9. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги безперервної дії з шнекової вивантаженням осаду для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок

А. діаметром більше 10 мкм.

Б. понад 100 мкм.

В. понад 500 мкм.

10. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги періодичної дії при витратах суспензії менш 5м³ /год в широкому діапазоні концентрацій з частинками

А. діаметром більше 10 мкм.

Б. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 100 мкм.

В. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 200 мкм.

11. За допомогою яких приладів визначають потужність дози випромінювання?

А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) гігрометр

12. На якому з ефектів заснований сцинтиляційний метод реєстрації радіації?

А) Іонізація атомів і молекул речовини детектора, Б) вторинні ефекти збудження атомів і молекул, В) рекомбінація іонів, Г) фотоефект, Д) ефект Комптона.

13. Що показує характеристика поглинання іонізуючого випромінювання захисними екранами I_{10} ?

А) Товщина екрану в 10 разів більша за необхідну для захисту, Б) товщина в 10 разів менша за необхідну, В) інтенсивність випромінювання зменшується в 10 разів, Г) інтенсивність випромінювання збільшується в 10 разів.

14. За допомогою яких приладів визначають активність іонізуючого випромінювання?

А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) гігрометр

15. За допомогою яких приладів перетворюють сцинтиляції в електричний імпульс ?

А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) фотоелектронний помножувач, Д) аналізатор імпульсів

16. Скільки шарів половинного послаблення потрібно для зменшення рентгенівських променів в 4 рази?

А) 1 шар, Б) 2 шари, В) 3 шари, Г) 4 шари, Д) 5 шарів.

17. Як називається чутливий елемент приладів радіо-дозиметричного контролю

А. детектор
Б. фотоелектронний помножувач,
В. аналізатор імпульсів

18. В яких одиницях вимірюється потужність експозиційної дози?

А) Рентген, Б) Ампер/ кг, В) Кулон/кг, Г) рад/с, Д) Гр/с

19. У яких одиницях вимірюється сучасними дозиметрами еквівалентна доза?

А) Рентген, Б) Ампер/ кг, В) Зв, Г) рад/с, Д) Гр/с

20. Як називаються прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?

А. детектори
Б. гамма-спектрометри
В. аналізатори імпульсів
Г. дозиметри

Білет №2

1. Апарати, у яких здійснюють процес абсорбції, називають

А. циклони
Б. абсорбери
В. сепаратори
Г. фільтр

2. Процес розкладу речовини під дією спалювання при відсутності або недостатності кисню, називається

- А. електроліз
- Б. піроліз
- В. радіоліз
- Г. термоліз

3. Для переробки твердих відходів використовують агрегати тонкого подрібнювання

- А. шарові барабанні млини, струминні млини, вібраційні дезінтегратори
- Б. абсорбери, адсорбери
- В. сепаратори, фільтри

4. Для реагентної обробки стічних вод використовуються мінеральні та органічні сполуки - коагулянти і флокулянти. Для цього застосовують

- А. мінеральні коагулянти: солі заліза, алюмінію
- Б. хлорне залізо, яке застосовують в поєднанні з вапном.
- В. синтетичні органічні флокулянти - лінійні, водорозчинні макромолекули
- Г. усе перелічене

5. Для роботи кульового барабанного млина ємністю 60 тон використовується коробка передач. У чому полягає золоте правило відповідності кількості зубів суміжних між собою шестерень

- А. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути кратним
- Б. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути некратним
- В. кількість зубів суміжних між собою шестерень може бути будь-яким

6. У захисних пристроях навколишнього середовища від енергетичних впливів захист може здійснюватися

- А. за рахунок відбивальної здатності захисного пристрою
- Б. за рахунок поглинальної здатності захисного пристрою
- В. з урахуванням прозорості захисного пристрою
- Г. усіх, вище названих факторів

7. При захисту від вібрацій в промисловості зміна частоти власних коливань джерела (машини або пристрою) використовується

- А. для виключення різких ударів та прискорень
- Б. для виключення резонансу з частотою примусової сили
- В. для ослаблення передачі вібрації об'єкту захисту
- Г. для збільшення жорсткості системи

8. Основним способом захисту від електромагнітного випромінювання в навколишньому середовищі є

- А. захист екранами
- Б. захист часом
- В. захист відстанню**
- Г. захист кількістю

9. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги безперервної дії з шнекової вивантаженням осаду для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок

- А. діаметром більше 10 мкм.
- Б. понад 100 мкм.**
- В. понад 500 мкм.

10. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги періодичної дії при витратах суспензії менш 5м³ /год в широкому діапазоні концентрацій з частинками

А. діаметром більше 10 мкм.

Б. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 100 мкм. В. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 200 мкм.

11. За допомогою яких приладів визначають потужність дози випромінювання?

А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) гігрометр

12. На якому з ефектів заснований сцинтиляційний метод реєстрації радіації?

А) Іонізація атомів і молекул речовини детектора, Б) вторинні ефекти збудження атомів і молекул, В) рекомбінація іонів, Г) фотоэффект, Д) ефект Комптона.

13. Що показує характеристика поглинання іонізуючого випромінювання захисними екранами I_{10} ?

А) Товщина екрану в 10 разів більша за необхідну для захисту, Б) товщина в 10 разів менша за необхідну, В) інтенсивність випромінювання зменшується в 10 разів, Г) інтенсивність випромінювання збільшується в 10 разів.

14. За допомогою яких приладів визначають активність іонізуючого випромінювання?

А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) гігрометр

15. За допомогою яких приладів перетворюють сцинтиляції в електричний імпульс ?

А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) фотоелектронний помножувач, Д) аналізатор імпульсів

16. Скільки шарів половинного послаблення потрібно для зменшення рентгенівських променів в 4 рази?

А) 1 шар, Б) 2 шари, В) 3 шари, Г) 4 шари, Д) 5 шарів.

17. Як називається чутливий елемент приладів радіо-дозиметричного контролю

А. детектор Б. фотоелектронний помножувач, В. аналізатор імпульсів

18. У яких одиницях вимірюється сучасними дозиметрами еквівалентна доза?

А) Рентген, Б) Ампер/ кг, В) Зв, Г) рад/с, Д) Гр/с

19. Як називаються прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?

А. детектори

Б. гамма-спектрометри

В. аналізатори імпульсів

Г. дозиметри

20. Що являє собою за своєю сутністю рентгенівський апарат?

А. Вакумована камера з двома електродами під високою напругою

Б. Джерело короткохвильового випромінювання

В. Пристрій для отримання рентгенівських

Приклади відкритих тестів

1. На яких процесах засновується робота приладів, що реєструють іонізуюче випромінювання ?
2. Що являє собою сцинтиляційний лічильник ?
3. Чим відрізняється апаратурний спектр імпульсів від енергетичного спектра ядерних частинок ?
4. Що описує функція відгуку ?
5. Що називається чутливістю гамма-спектрометра ?
6. Що називається енергетичним розділенням гамма-спектрометра ?
7. Як визначається "мертвий" час приладу ?
8. Що являє собою канал амплітудного аналізатора ?
9. Які функції виконує одноканальний амплітудний аналізатор ?
10. Скільки каналів містять в собі сучасні багатоканальні аналізатори ?
11. Які функції виконує аналоговий цифровий перетворювач ?
12. Що являє собою енергетичне калібрування спектрометра ?
13. Як можна визначити ефективність реєстрації спектрометра ?

Додатки:

До задачі 1.1:

Кількість повітря V , яку потрібно подати в приміщення для розбавлення шкідливих речовин до безпечних концентрацій, визначається по формулі

$$V = G / (q_{\text{пдк}} - q_0), \text{ м}^3/\text{с},$$

де G – кількість шкідливих речовин, що виділяються, мг/с; $q_{\text{пдк}}$ – гранично допустима концентрація, мг/м³; q_0 – концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається, мг/м³ (не повинна перевищувати 30% від ПДК).

У випадках, коли кількість шкідливих речовин у повітрі важко визначити, допускається розраховувати кількість вентиляційного повітря по кратності повітряного обміну K , що встановлена відомчими нормативними документами. Кратність K показує, скільки разів на протязі години повітря у приміщенні повино бути замінено повністю:

$$K = 3600 \frac{V}{V_{\text{п}}}, \text{ ч}^{-1},$$

где V – об'єм повітря для вентиляції, м³/с; $V_{\text{п}}$ – об'єм приміщення, м³.

До задачі 1.2:

Табл.1. Характеристики аварійних хімічно небезпечних речовин для визначення глибини зони зараження Γ .

3.1. Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубин зон заражения

Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Температура АХОВ	Пороговая токсологизация	Значение вспомогательных коэффициентов									
	газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ /K ₇ '						
								для -40°C	для -20°C	для 0°C	для 20°C	для 40°C		
1. Аммиак: хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1		
изотермическое хранение	-	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1		
2. Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	-62,47	0,2	0,17	0,054	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1		
3. Водород фтористый	-	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1		
4. Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1		
5. Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1		
6. Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1		
7. Метил бромистый	-	1,732	3,6	1,2	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1		

3.2. Значение глубины зоны возможного заражения АХОВ, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ Q _э , т																	
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	362	572
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,2	10,83	16,44	21,02	28,79	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,3	61,47	84,5	104	130	202
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,8	48,18	65,92	81,17	101	157
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,6	129
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,2	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	56,72	71,7	110
7	0,14	0,32	0,45	1,0	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,3
8	0,13	0,3	0,42	0,94	1,33	2,3	2,97	4,2	5,92	7,42	9,9	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,7	86,2
9	0,12	0,28	0,4	0,88	1,25	2,17	2,8	3,96	5,6	6,86	9,12	11,03	13,5	25,39	34,24	41,76	51,6	78,3
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,5	8,5	10,23	12,54	23,49	31,61	38,5	47,53	71,9

• **конвекция** – возникает обычно через 2 ч после восхода солнца и разрушается примерно за 2–2,5 ч до его захода. Она аблюдается в летние ясные дни. При конвекции нижние слои воздуха нагреты сильнее верхних, что способствует быстрому ассеванию заражённого воздуха и уменьшению его поражающего действия.

Степень вертикальной устойчивости воздуха определяется по табл. 3.3.

5. При заблаговременном прогнозировании рекомендуется принимать: количество выброшенного АХОВ – его сдержание в максимальной по объёму единичной ёмкости (технологической, складской, транспортной и др.); метеоусловия

Таблиця 3 Кутовий розмір зони зараження φ

Швидкість вітру U, м/с	Кутовий розмір зони зараження φ , град.
Менее 0,5	360
0,6 – 1,0	180
1,1 – 2,0	90
Более 2,0	45

Таблиця 4. Швидкість переносу переднього фронту забрудненого повітря V в залежності від швидкості вітру U, м/с

Швидкість вітру U, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Швидкість переносу V, км/ч	Інверсія														
	5	10	16	21											
	Ізотермія														
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
	Конвекція														
	7	14	21	28											

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища” для студентів факультету МАП за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища», Одеса, ОДЕКУ, 2017р., 53 с. укр. мова

Укладач: канд. фіз.-мат.наук, доцент Курятников В.В.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір друк.
Зам №

Одеський державний екологічний університет
65016, м.Одеса, вул. Львівська, 15
Надруковано з готового оригінал-макета