

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення спеціальності
протокол № 1 від «31.08» 2020 року
Голова групи [Підпис] Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан природоохоронного ф-ту
[Підпис] Чугай А.В.
(назва факультету, прізвище, ініціали)

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни

Основи технологій захисту навколишнього середовища ч.2

(назва навчальної дисципліни)

(СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ДОВКІЛЛЯ)

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр та назва спеціальності)

Технології захисту навколишнього середовища

(назва освітньої програми)

бакалавр
(рівень освіти)

денна
(форма навчання)

2 **4** **6/180** **іспит**
(рік навчання) (семестр навчання) (кількість кредитів ЕКТС/годин) (форма контролю)

кафедра загальної та теоретичної фізики

(кафедра)

Одеса, 2020 р.

Автори: Герасимов О.І., зав.каф загальної та теоретичної фізики, д.ф.-м.н., проф.; Курятников В.В., доцент кафедри загальної та теоретичної фізики, кандидат ф.-м. наук, доцент; Кільян А.М., ас. кафедри загальної та теоретичної фізики _____

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри загальної та теоретичної фізики від «31» серпня 2020 року, протокол №1.

Викладачі: Лекції – Курятников В.В., доцент кафедри загальної та теоретичної фізики, кандидат ф.-м. наук, доцент _____

Практичні заняття – Курятников В.В., доцент кафедри загальної та теоретичної фізики, кандидат ф.-м. наук, доцент _____

(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Рецензент _____ проф. Софронков О.Н. _____

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Ознайомлення студентів з основними поняттями і визначеннями метрології в частині вимірювальної техніки, методів вимірювань і похибки засобів вимірювань, з основними принципами роботи промислових приладів і засобів автоматизації.
Компетентність	Код та зміст компетентності згідно з освітньою програмою: К07 Прагнення до збереження навколишнього середовища. К11 Здатність обґрунтовувати, здійснювати підбір, розраховувати, проектувати, модифікувати, готувати до роботи та використовувати сучасну техніку і обладнання для захисту та раціонального використання повітряного та водного середовищ, земельних ресурсів, поводження з відходами. К12 Здатність проводити спостереження та інструментальний і лабораторний контроль навколишнього середовища, впливу на нього зовнішніх факторів, з відбором зразків (проб) природних компонентів. К17 Здатність здійснювати контроль та оцінювати стан забруднення повітря і промислових викидів в атмосферу, води та водних об'єктів, ґрунтів та земельних ресурсів К22 Здатність застосовувати інженерно-фізичні принципи для конструювання елементів та систем захисту довкілля; розуміти науково-технічні та інженерні підходи до ліквідації наслідків забруднення з метою захисту довкілля.
Результати навчання	ПРО6 Обґрунтовувати та застосовувати природні (безпечні) та штучні системи і процеси в основі природозахисних технологій відповідно екологічного імперативу та концепції сталого розвитку. ПРО8 Вміти продемонструвати навички вибору, планування, проектування та обчислення параметрів роботи окремих видів обладнання, техніки і технологій захисту навколишнього середовища, використовуючи знання фізико-хімічних властивостей забруднювачів довкілля, параметрів технологічних процесів та нормативних показників стану довкілля. ПРО9 Вміти проводити спостереження, інструментальний та лабораторний контроль якості навколишнього середовища, здійснювати внутрішній

	<p>контроль за роботою природоохоронного обладнання на промислових об'єктах і підприємствах на підставі набутих знань новітніх методів вимірювання та сучасного вимірювального обладнання і апаратури з використанням нормативно-методичної та технічної документації.</p> <p>ПР12 Вміти проводити вибір інженерних методів захисту довкілля, здійснювати пошук новітніх техніко-екологічних й організаційних рішень, спрямованих на впровадження у виробництво перспективних природоохоронних розробок і сучасного обладнання, аналізувати напрямки вдосконалення існуючих природоохоронних і природовідновлюваних технологій забезпечення екологічної безпеки.</p> <p>ПР17 Вміти застосовувати інженерно-фізичні підходи та принципи для конструювання елементів та систем захисту довкілля.</p>
Базові знання	Основні поняття і визначення метрології в частині вимірювальної техніки, методів вимірювань і похибки засобів вимірювань, основні принципи роботи промислових приладів і засобів автоматизації
Базові вміння	1.Базове вміння - поводитися з вимірювальними приладами та системами; 2.Базове вміння - визначати параметри навколишнього середовища за допомогою вимірювальних приладів та систем.
Базові навички	1.Базова навичка – вимірювати параметри довкілля за допомогою сучасних приладів та інформаційно-вимірювальних систем 2.Базова навичка - застосовувати сучасні заходи захисту навколишнього середовища від забруднень та небезпечних випромінювань
Пов'язані силлабуси	Основи технологій захисту навколишнього середовища, ч.1, ч. 3-5
Попередня дисципліна	Вища математика
Наступна дисципліна	Радіаційна безпека
Кількість годин	лекції: 45 практичні заняття: немає лабораторні заняття: 30 семінарські заняття: немає самостійна робота студентів: 105

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	Об'єкти навколишнього середовища та методи вимірювання		
	Тема 1. Основні компоненти біосфери. Фактори та параметри навколишнього середовища. Абіотичні параметри – атмосферні, гідрографічні, едафічні. Класифікація вимірювань.	3	3
	Тема 2. Похибки вимірювань і обробки результатів вимірювань Імовірнісні оцінки похибки результату вимірів на підставі ряду спостережень. Статистичний аналіз даних моніторингу. Випадкова та систематична похибки. Приладова похибка. Класи точності приладів	3	3
	Тема 3. Загальні відомості про електричні виміри Визначення і класифікація засобів вимірювань Структурні схеми засобів вимірювань	3	3
	Тема 4. Вимірювання електричних величин аналоговими приладами Принцип дії, основи теорії і застосування вимірювальних механізмів Масштабні вимірювальні перетворювачі Вимірювання постійних струмів, напруг і кількості електрики.	3	3
	Тема 5. Вимірювання змінних струмів і напруг електромеханічними та магнітоелектричними приладами Вимірювання потужності, енергії, кута зсуву фаз і частоти Вимірювання параметрів електричних ланцюгів		2
	Підготовка до КР1		5
ЗМ-Л2	Вимірювання та реєстрація електричних величин		
	Тема 6. Вимірювання та реєстрація електричних величин, що змінюються в часі. Самописні прилади прямої дії Електроннопроменеві осцилографи. Застосування електронно-променевих осцилографів	3	3

	<p>Тема 7. Вимірювання електричних величин методами перевірки мірою. Загальна теорія мостових схем. Мости для вимірювання опору на постійному струмі. Мости змінного струму для вимірювання ємності та кута втрат конденсаторів, індуктивності і добротності котушок і частоти. Потенціометри (компенсатори) постійного струму для вимірювання ЕРС, напруг, струмів і опорів. Потенціометри змінного струму для вимірювання комплексних значень ЕРС, напруг і опорів.</p> <p>Автоматичні мости і потенціометри</p>	3	3
	<p>Тема 8. Вимірювання фізичних величин цифровими приладами. Основні характеристики цифрових приладів</p> <p>Вузли цифрових приладів. Цифрові прилади . Цифрові прилади порозрядного врівноваження (кодо-імпульсу). Цифрові прилади зчитування. Друкуючі і пристрої, що запам'ятовують</p> <p>Характеристики сучасних цифрових приладів і аналого-цифрових перетворювачі</p>	3	3
	<p>Тема 9. Вимірювання магнітних величин</p> <p>Визначення статичних та динамічних характеристик магнітних матеріалів, зокрема, на підвищених і високих частотах і в режимі імпульсного намагнічування</p>	3	2
	<p>Тема 10. Генератори електричних імпульсів.</p> <p>Релаксаційні генератори. Мультивібратори.</p> <p>Параметричні вимірювальні перетворювачі</p> <p>Генераторні вимірювальні перетворювачі</p>	3	2
	Підготовка до КР2		5
ЗМ-ЛЗ	<p>Вимірювання неелектричних величин.</p> <p>Інформаційні системи. Системи автоматичного контролю</p>		
	<p>Тема 11. Вимірювання неелектричних величин</p> <p>Вимірювання температури</p> <p>Інсоляція та актинометричні прилади</p> <p>Вимірювання тиску, витрат газу та води</p> <p>Вимірювання геометричних і механічних величин</p> <p>Вимірювання концентрації рідкої і газоподібної середовища</p> <p>Вимірювання радіоактивності та доз випромінювання.</p> <p>Вимірювання спектрів іонізуючого</p>	4	4

	випромінювання.		
	Тема 12. Вимірювання та контроль фізичних величин вимірювальними інформаційними системами Основні блоки вимірювальних інформаційних систем Вимірювальні системи автоматичного контролю Телевимірювальні системи.	4	3
	Тема 13. Основи вимірювань імовірнісних характеристик випадкових процесів Вимірювання математичного очікування і дисперсії випадкового процесу Вимірювання значень функцій розподілу ймовірності Вимірювання значень кореляційної функції. Гамма-спектроскопія. Гамма-спектрометри. Аналізатори імпульсів.	4	3
	Тема 14. Державна система промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП). Системи передачі вимірювальної інформації.	3	3
	Підготовка до КРЗ		5
	Разом:	45	55

Консультації: Курятников Владислав Володимирович, сер, 15.30, ауд.315

Прізвище і по батькові викладача, дні тижня та час за розкладом пар академічних годин, аудиторія.

Практичні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	Лабораторні вимірювання електричних величин.		
	1.1 Визначення похибки прямих вимірювань.	2	2
	1.2 Визначення похибки непрямих вимірювань	2	2
	1.3 Визначення опору за допомогою мосту Уїтстона.	2	2
	1.4 Визначення опору котушки індуктивності	2	2
	1.5 Визначення опору та ємності конденсатора	2	2
	1.6 Вивчення роботи електронного осцилографа	2	2
	1.7 Вивчення коливального контуру	3	3

ЗМ-П2	Лабораторні вимірювання неелектричних величин.		
	2.1 Вивчення підсилювача низьких частот	2	2
	2.2 Вимірювання параметрів навколишнього середовища (температури, тиску, вологості)	4	6
	2.3 Вимірювання радіоактивності.	2	2
	2.4 Вимірювання потужності доз випромінювання.	2	2
	2.5 Вивчення роботи навчального комплексу «УНІПРО»	2	2
	2.6 Вивчення роботи навчального спектрометричного комплексу «ГАММАЛАБ»	3	1
Разом:		30	30

Консультації: Курятников Владислав Володимирович, сер,15.30, ауд.315

Прізвище і по батькові викладача, дні тижня та час за розкладом пар академічних годин, аудиторія.

Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	<ul style="list-style-type: none"> • Підготовка до лекційних занять • МКР1 (обов'язковий) 	19	7 тижд.
ЗМ-Л2	<ul style="list-style-type: none"> • Підготовка до лекційних занять • МКР2 (обов'язковий) 	18	11 тижд.
ЗМ-Л3	<ul style="list-style-type: none"> • Підготовка до лекційних занять • МКР3 (обов'язковий) 	18	14 тижд.
ЗМ-П1	<ul style="list-style-type: none"> • Підготовка до лабораторних занять • Захист звіту ЛР (обов'язков) 	15	8 тижд.
ЗМ-П2	<ul style="list-style-type: none"> • Підготовка до лабораторних занять • Захист звіту ЛР (обов'язков) 	15	14 тижд.
	<ul style="list-style-type: none"> • Підготовка до іспиту 	20	
Разом:		105	

ОРГАНІЗАЦІЯ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Методика поточного та підсумкового контролю знань регламентує організацію контролю рівня знань, вмінь та навичок, набутих студентами при вивченні розділів дисциплін, які вивчаються в ОДЕКУ згідно з навчальним планом та робочої програми.

Максимальна сума балів, яку може отримати студент, склавши всі теоретичні та практичні модулі на протязі семестру, береться рівною 100 балів.

Теоретичні та практичні модулі

№	Характер модуля	Назва модуля	Вид контролю (обов'язковий)	Макс. кількість балів	Викладач, що веде контроль
1	Теоретичний	ЗМ-Л1	КР-1	20	Викладач, що веде заняття.
2	Теоретичний	ЗМ-Л2	КР-2	20	Викладач, що веде заняття.
3	Теоретичний	ЗМ-Л3	КР-3	20	Викладач, що веде заняття.
3	Практичний	ЗМ-П1	УО	20	Викладач, що веде заняття.
4	Практичний	ЗМ-П2	УО	20	Викладач, що веде заняття.

Фактична сума балів, яку отримає студент за кожний модуль складається із підсумків виконання запланованих контрольних заходів, враховуючи своєчасність виконання студентом графіку навчального процесу. Якщо студент без поважних причин пропустив контрольний захід, або отримав незадовільну оцінку, то він має право скласти його у тижневий термін з максимальною сумою балів, яка дорівнює оцінці "задовільно".

Матеріал дисципліни розбивається на 3 теоретичні модулі та 2 практичних так, як наведено в таблицях.

У семестрі заплановано обов'язкове проведення 3-х контрольних робіт з теоретичної частини. Контрольна робота виконується студентом на протязі запланованого часу за індивідуальними завданнями викладача.

1.Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-Л1.

Модульна контрольна робота МКР1 проводиться у тестовому форматі по завершенню опрацювання матеріалів лекційних занять. Модульна контрольна робота складається з 20 тестових завдань, які оцінюються в 1 бал за одне питання (20 балів)

2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-П1.

Виконання завдань модуля проводиться у вигляді опрацювання та виконання завдань у вигляді розв'язування задач.

Максимальна оцінка за виконання модуля ЗМП1 дорівнює 20 балам.

3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-Л2.

Модульна контрольна робота МКР2 проводиться у тестовому форматі по завершенню опрацювання матеріалів лекційних занять. Модульна контрольна робота складається з 20 тестових завдань, які оцінюються в 1 бал за одне питання (20 балів).

4. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-Л3.

Модульна контрольна робота МКР3 проводиться у тестовому

форматі по завершенню опрацювання матеріалів лекційних занять. Модульна контрольна робота складається з 20 тестових завдань, які оцінюються в 1 бал за одне питання (20 балів).

5. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-П2.

Виконання завдань модуля проводиться у вигляді опрацювання та виконання завдань у вигляді розв'язування задач.

Максимальна оцінка за виконання модуля ЗМП2 дорівнює 20 балам.

При проведенні міжсесійного контролю студент вважається атестованим, якщо він набрав не менше 50% від максимально можливої суми балів за модулями, які завершені на момент атестації.

6. Методика проведення та оцінювання іспиту

Контроль поточних знань виконується на базі кредитно-модульної системи організації навчання. Підсумковим контролем є іспит.

Суми балів, які отримав студент за всіма змістовними модулями навчальної дисципліни, формують інтегральну оцінку поточного контролю студента з навчальної дисципліни. Вона є підставою для допуску студента до іспиту. До іспиту допускаються студенти, у яких фактична сума накопичених за семестр балів за практичну частину складає **не менше 25 балів**. В іншому випадку студент вважається таким, що не виконав навчального плану дисципліни, і не допускається до іспиту.

Загальна кількість балів підсумкового контролю складає **100 балів**.

Підсумковий семестровий контроль передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни:

- кількісна оцінка (бал успішності);
- якісна оцінка.

Методика визначення загальної екзаменаційної оцінки.

Для денної форми навчання студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні, що завершується іспитом, складає письмовий іспит за затвердженим розкладом та процедурою, яка виписана у пп. 2.7–2.10 Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів, причому загальний бал успішності з дисципліни є усередненим між кількісною оцінкою поточних контролюючих заходів та кількісною оцінкою, одержаною студентом на іспиті; якщо ж кількісна оцінка, одержана студентом на іспиті, менше 50% від максимально можливої, то загальний бал успішності дорівнює балу успішності на іспиті.

Екзаменаційний білет містить 25 тестових завдань. Максимальна оцінка за правильні відповіді на всі питання складає 100 балів.

Якщо студент отримав на іспиті незадовільну оцінку, або не мав допуску до іспиту, він після ліквідації своєї заборгованості проходить тестування на комісії по тестах на базові знання та вміння.

Оцінка за іспит є середньоарифметичною з оцінок у відсотках за

кожне питання.

Бали успішності (у відсотках), які студент отримав за підсумками іспитів переносяться до графі 4 заліково-екзаменаційній відомості.

Згідно з п 1.3 «Положення про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ» процедура проведення іспиту, максимальна кількість балів за кожне питання та по білету в цілому, доводиться до відома студентів на початку семестру.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Повчання по послідовному вивченню теоретичного матеріалу.

1. Модуль ЗМ-Л1 Об'єкти навколишнього середовища та методи вимірювання

Тема 1.1 Основні компоненти біосфери. Фактори та параметри навколишнього середовища. Абіотичні параметри – атмосферні, гідрографічні, едафічні. Класифікація вимірювань.

Починаючи вивчати дисципліну дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, студентам спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища» потрібно знати та розуміти основні компоненти біосфери, фактори та параметри навколишнього середовища.

Потрібно звернути увагу на біотичний або абіотичний характер факторів та параметрів навколишнього середовища.

Студенти мають знати, що біотичні фактори середовища: сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших та на неживе середовище.

А абіотичними факторами середовища називають такі компоненти та явища неживої, неорганічної природи, що впливають на живі організми, і їх можна поділити на такі:

1. Кліматичні (фізичні) фактори: атмосферний тиск; рух повітря, вітер; вологість; атмосферні опади; температура; сонячне випромінювання; іонізуюче випромінювання.

2. Атмосферні фактори – структура та склад атмосфери, фізичні й хімічні властивості атмосфери, здатні впливати на живі організми.

3. Гідрографічні фактори (фактори водного середовища) – фізичні та хімічні властивості води як середовища мешкання живих організмів.

4. Едафічні (грунтові) фактори – структура та склад ґрунтів, сукупність фізичних і хімічних властивостей ґрунту, що справляють екологічний вплив на живі організми.

Потрібно звернути увагу також на природні та техногенні порушення екологічної рівноваги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього

середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с

2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.*Назвіть основні компоненти біосфери.
- 2.*Що розуміється під поняттям «Біотичні фактори середовища»?
- 3.*Що розуміється під поняттям «Абіотичні фактори середовища»?
4. Що відноситься до поняття «Кліматичні фактори»?
5. Які Ви знаєте джерела загроз навколишньому середовищу?
6. Що відноситься до поняття едафічні (грунтові) фактори

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 1.2 Похибки вимірювань і обробки результатів вимірювань. Імовірнісні оцінки похибки результату вимірів на підставі ряду спостережень. Статистичний аналіз даних моніторингу. Випадкова та систематична похибки. Приладова похибка. Класи точності приладів

Потрібно розуміти, що показання електровимірювального приладу завжди відрізняється від дійсного значення вимірюваної фізичної величини під впливом зовнішніх чинників.

Істинне значення фізичної величини – це значення, яке ідеально відображує властивість фізичного об’єкту. Відхилення показання приладу від дійсного значення вимірюваної фізичної величини **є похибкою приладу**.

Потрібно знати основні види похибки приладу.

Абсолютна похибка приладу (вимірювання) - це різниця між показаннями приладу та дійсним значенням фізичної величини, що вимірюється.

Відносна похибка – це відношення абсолютної похибки приладу (вимірювання) до дійсного значення фізичної величини, що вимірюється.

Клас точності приладу є узагальненою характеристикою точності приладу.

Абсолютна похибка вимірювання - це похибка, яка є сумою систематичної та випадкової похибок.

Студенти повинні знати та розрізняти систематичні та випадкові похибки. **Систематична похибка** – це складова загальної похибки вимірювання, яка залишається незмінною або закономірно змінюється з повторними вимірюваннями однієї і тієї ж величини та в однакових умовах. Причиною появи такою похибки можуть бути несправність вимірювальної апаратури, невдосконаленість метода вимірювання,

неправильна установка вимірювальних приладів та відхилення від нормальних умов їх роботи,

Випадкова похибка – це складова похибки вимірювання, яка змінюється випадковим чином, хаотично, нерегулярно при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини в однакових умовах. Наявність випадкових похибок виявляється при проведенні черги вимірювань цієї величини, коли можна признати, що результати вимірювань не співпадають друг з другом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.*Назвіть загальні причини виникнення систематичних похибок.
- 2.*Назвіть основні способи зменшення систематичних похибок.
- 3.*Що означає клас точності приладу?
4. Що дає рандомізація вимірювань?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 1.3 Загальні відомості про електричні виміри. Визначення і класифікація засобів вимірювань. Структурні схеми засобів вимірювань

Засіб вимірювань - технічний засіб, призначений для вимірювань, що має нормовані метрологічні характеристики, що відтворює і (або) зберігає одиницю фізичної величини, розмір якої беруть незмінним (в межах встановленої похибки) протягом відомого інтервалу часу. Засіб вимірювань визначено як технічний засіб, призначений для вимірювань.

Класифікація засобів вимірювань можна здійснювати:

А) За технічним призначенням:

- вимірювальний прилад - засіб вимірювань, призначений для отримання значень вимірюваної фізичної величини в установленому діапазоні;
- вимірювальний перетворювач - технічний засіб з нормативними метрологічними характеристиками, що служить для перетворення вимірюваної величини в іншу величину або вимірювальний сигнал, зручний для обробки, зберігання, подальших перетворень, індикації або передачі;

- вимірювальна система - сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних приладів та інших технічних засобів, розміщених в різних точках контрольованого об'єкту і т. п. з метою вимірювань однієї або декількох фізичних величин, властивих цьому об'єкту, і вироблення вимірювальних сигналів в різних цілях;
- вимірювально-обчислювальний комплекс - функціонально об'єднана сукупність засобів вимірювань, ЕОМ і допоміжних пристроїв, призначена для виконання у складі вимірювальної системи конкретної вимірювальної завдання.

Б) За ступенем автоматизації :

- автоматичні;
- автоматизовані;
- ручні.

В) За ступенем стандартизації засобів вимірювань:

- стандартизовані;
- нестандартизовані.

Г) За положенням у повірочній схемі :

- еталони;
- робочі засоби вимірювань.

Д) За вимірювальним фізико-хімічними параметрами:

- для вимірювання температури;
- тиску;
- витрати та кількості;
- концентрації розчину;
- для вимірювання рівня та ін..

Потрібно розуміти метрологічні характеристики приладів. Їми називаються такі технічні характеристики, які описують властивості приладів і мають вплив на результати і на похибки вимірювань. Вони призначені для оцінки технічного рівня і якості засобу вимірювань, для визначення результатів вимірювань і розрахункової оцінки характеристик інструментальної складової похибки вимірювань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Назвіть, що називається «Засіб вимірювань»?
2. Як можна здійснювати класифікацію засобів вимірювань?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 1.4

Вимірювання електричних величин аналоговими приладами. Принцип дії, основи теорії і застосування вимірювальних механізмів. Масштабні вимірювальні перетворювачі. Вимірювання постійних струмів, напруг і кількості електрики .

У цьому розділі студенти мають бути ознайомлені із поняттями, які є основними у електровимірювальній техніці.

Аналоговими вимірювальними приладами (АВП) називаються прилади покази яких є неперервними функціями вимірювальних фізичних величин. Залежно від елементної бази, використаної для їх побудови, АВП поділяються на електромеханічні та електронні.

Електромеханічні прилади принцип дії полягає у перетворенні електромагнітної енергії вимірювального сигналу в механічну енергію переміщення рухомої частини вимірювального механізму.

Електронні АВП зазвичай будують на основі магнітоелектричного вимірювального механізму з використанням електронних вузлів - вимірювальних підсилювачів, перетворювачів змінного струму в постійний, функціональних перетворювачів тощо.

Комбіновані прилади призначені для вимірювання декількох величин.

Універсальні прилади працюють як на постійному, так і на змінному струмі.

Мультиметри - вимірювальні прилади, призначені для вимірювання декількох електричних величин як на постійному, так і на змінному струмі

Масштабні вимірювальні перетворювачі

Шунт— це низькоомний високостабільний резистор, який вмикається паралельно амперметру. З точки зору метрології, *шунт* — це вимірювальний масштабний перетворювач струму. Для зменшення похибки, зумовленої впливом температури, шунт виготовляється з манганіну, який має незначний температурний коефіцієнт опору.

Резистивні подільники напруги — це вимірювальні перетворювачі, які зменшують напругу у задану кількість разів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Назвіть, які прилади називаються аналоговими?

2. *У чому полягає принцип дії електромеханічних приладів?
3. Яке призначення мають мультиметри?
4. * Яке призначення має шунт?
5. Яке призначення мають резистивні подільники напруги ?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 1.5 Вимірювання змінних струмів і напруг електромеханічними та магнітоелектричними приладами. Вимірювання потужності, енергії, кута зсуву фаз і частоти. Вимірювання параметрів електричних ланцюгів.

Вивчаючи цю тему, студенти мають з'ясувати особливості вимірювання змінних струмів і напруг електромеханічними та магнітоелектричними приладами.

Гранична чутливість будь-якого вимірювача струму визначається струмом теплових шумів, який є тим менший, чим більшим є внутрішній опір вимірювача.

Електромеханічні вимірювальні прилади магнітоелектричної (МЕ) системи вигідно відрізняються від електромеханічних вимірювальних приладів інших систем в першу чергу завдяки своїй високій чутливості. Ця перевага МЕ голівок є особливо цінною для вольтметрів, виконаних на їх основі. Такі вольтметри будуть мати високий власний опір завдяки великим значенням додаткових опорів, ввімкнених послідовно з обмоткою рухомої котушки. Ще однією вагомою перевагою приладів МЕ системи є їх лінійна шкала.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Чим визначається гранична чутливість будь-якого вимірювача струму?
2. Які переваги мають магнітоелектричні прилади у порівнянні з електромеханічними вимірювальними приладами?
3. *Які прилади називають авометрами?
4. Для якої мети використовують фазометри?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

2. Модуль ЗМ-Л2 Вимірювання та реєстрація електричних величин

Тема 2.1 Вимірювання та реєстрація електричних величин, що змінюються

в часі. Самописні прилади прямої дії. Електронно-променеві осцилографи. Застосування електронно-променевих осцилографів.

При спостереження за технологічними процесами часто потрібно не тільки вимірювати ті чи інші фізичні величини, але і автоматично фіксувати їх значення. Для цього існують різноманітні прилади. За результатами реєстрації вимірюваних величин можна визначити тенденцію зміни цієї величини, встановити функціональні зв'язки між декількома вимірюваними величинами і т. д. Залежно від числа одночасно реєстрованих величин розрізняють одноканальні і багатоканальні реєструючі прилади. Залежно від форми реєстрації розрізняють самописні вимірювальні прилади - прилади, які роблять запис у вигляді діаграм.

Види реєстрації, що застосовуються в сучасних вимірювальних приладах дуже різноманітні. У самописних приладах широко використовується запис чорнилом на діаграмній папері. У осцилографах застосовується запис на фотоплівці і фотопапері.

Студенти мають розуміти принцип дії цих приладів, зокрема, принцип дії електронно-променевих осцилографів. Розгляд цих питань пов'язаний в основному із лабораторними заняттями, на яких студенти мають придбати навички роботи з електронно-променевими осцилографами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Які фізичні процеси можна вивчати за допомогою самописних приладів та осцилографів?
2. *Які фізичні принципи роботи електронно-променевих трубок?
3. *Як за допомогою осцилографів вимірюється частота та період електромагнітних коливань?
4. *Як на екрані осцилографів отримати фігури Ліссажу?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 2.2 Вимірювання електричних величин методами перевірки мірою. Загальна теорія мостових схем. Мости для вимірювання опору на постійному струмі. Мости змінного струму для вимірювання ємності та кута втрат конденсаторів, індуктивності і добротності котушок і частоти. Потенціометри (компенсатори) постійного струму для вимірювання ЕРС, напруг, струмів і опорів. Потенціометри змінного струму для вимірювання

комплексних значень ЕРС, напруг і опорів. Автоматичні мости і потенціометри.

У цьому розділі потрібно розглянути мости для вимірювання опору на постійному струмі, мости для вимірювання ємності та параметрів котушок індуктивності.

Потрібно знати, що для вимірювання ємності та параметрів котушок індуктивності застосовується переважно послідовна схема заміщення, а за допомогою моста визначаються параметри R , L , ωL та добротність Q . Котушка індуктивності, параметри якої вимірюються, вмикається в одне з плечей моста. Щоб міст можна було зрівноважити, хоча б одне з пліч, що залишились, повинно містити або змінну індуктивність, або змінну ємність. Найчастіше застосовують змінну ємність, оскільки конденсатор змінної ємності можна виготовити з більшою точністю та з меншими затратами, ніж котушку зі змінною індуктивністю.

Слід відмітити, що опір та добротність Q характеризують властивості конденсатора та котушки на певній частоті. Зазвичай в мостах змінного струму вимірювання проводяться на фіксованих частотах.

Мости з автоматизованим процесом зрівноваження називаються автоматичними. Вони використовуються не тільки для вимірювання параметрів електричних елементів, але й для автоматичного управління різними процесами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Чи залежать опір котушки індуктивності, конденсатору та добротність від частоти змінного струму?
 - 2.* Як називаються мости з автоматизованим процесом зрівноваження?
 3. Яке застосування мають автоматичні мости?
 4. Для яких вимірювань застосовується переважно послідовна схема заміщення?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 2.3 Вимірювання фізичних величин цифровими приладами. Основні характеристики цифрових приладів. Вузли цифрових приладів. Цифрові прилади . Цифрові прилади порозрядного врівноваження (кодо-імпульсу). Цифрові прилади зчитування. Друкуючі і пристрої, що запам'ятовують.

Характеристики сучасних цифрових приладів і аналого-цифрових перетворювачів.

Цифровими називають прилади, у яких величина, що вимірюється, перетворюється в код, а потім, у відповідності із кодом відтворюється на відліковому пристрої у цифровій формі.

Переваги ЦВП – висока швидкодія, стійкість до зовнішніх механічних навантажень, висока стійкість до перешкод, здатність зберігання, обробки, передачі інформації на відстань, можливість вводу у ЕОМ, висока точність.

Недоліки – висока вартість, нестійкість до зміни температури навколишнього середовища, необхідність зовнішнього джерела живлення.

Загальним для усіх ЦВП є: дискретизація у часі, квантування за рівнем, кодування інформації.

По роду величини, що вимірюється, ЦВП підрозділяються на вольтметри, частотоміри, фазометри, омметри та інші.

Проміжок часу між ближніми моментами часу дискретизації називається кроком дискретизації.

Прилади, які вимірюють середнє значення величини за визначений проміжок часу, називаються **інтегруючими**.

1) Метод послідовної лічби.

Сутність метода полягає в послідовному порівнянні у часі невідомої величини $X \cdot n$ із відомою однорідною мірою ΔX . Процес порівняння припускає дискретну участь у ньому міри.

2) Метод порозрядного рівноважування (метод зважування).

При такому методі для порівняння використовуються рівновеликі кванти, які рівносильні деякому набору із елементарних квантів. Метод дозволяє отримати значний вигравш у швидкодії ($10^5 - 10^6$ перетворень за секунду).

3) Метод одночасного порівнювання.

Виконується одночасне порівняння величини, яка вимірюється, із великою кількістю рівновеликих квантів, тобто вхідний сигнал порівнюється із набором мір, значення яких підібрані у відповідності із визначеним правилом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. — 392 с. ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Які прилади називають цифровими?
- 2.* Які переваги у порівнянні з аналоговими мають цифрові прилади?
- 3.* Які недоліки характерні для цифрових приладів?
4. Що називається кроком дискретизації?
5. Які прилади носять назву інтегруючих?
- 6.* Назвіть основні методи аналогово-цифрового перетворення (методи АЦП)?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 2.4 Вимірювання магнітних величин. Визначення статичних та динамічних характеристик магнітних матеріалів на підвищених і високих частотах і в режимі імпульсного намагнічування.

Фундаментальним параметром магнітного матеріалу є основна крива намагнічування - залежність магнітної індукції B від напруженості магнітного поля H . Вид цієї залежності визначається властивостями матеріалу, зовнішніми умовами і навіть попереднім магнітним станом середовища. Нелінійний характер поданої залежності припускає, що магнітна проникність речовини є функцією напруженості магнітного поля.

Для усіх феромагнетиків характерний магнітний гістерезис - відставання намагніченості речовини від зовнішнього магнітного поля.

Магнітний гістерезис обумовлений необоротними процесами з втратою енергії, що протікають у феромагнетику при перемагнічуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Які фізичні властивості у феромагнетиків?
2. Із чим пов'язаний нелінійний характер залежності магнітної індукції B від напруженості магнітного поля H у феромагнетиках?
- 3.* У чому полягає сутність явища магнітного гістерезису?
- 4.* Чим обумовлений магнітний гістерезис?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 2.5 Генератори електричних імпульсів. Релаксаційні генератори. Мультивібратори. Вимірювальні перетворювачі. Генераторні вимірювальні перетворювачі.

Вимірювальні генератори є джерелом стабільних сигналів заданої

форми, частоту і амплітуду яких можна змінювати у визначених межах. За діапазоном частот вимірювальні генератори розділяють на низькочастотні (20 Гц...300 кГц), високочастотні (30 кГц...300 МГц) та надвисокочастотні (понад 300 МГц).

До низькочастотних належать також генератори інфранизьких частот, нижня межа яких складає сотні або тисячні частки герца.

За призначенням і формою вихідних сигналів виділяють такі їх види: Г3,Г4 - генератори синусоїдних сигналів низької і високої частоти відповідно; Г5,Г6 - генератори імпульсних і спеціальної форми сигналів відповідно.

Більшість генераторів сигналів низької частоти перекривають діапазони звукових 20 Гц ... 20 кГц і ультразвукових 20...200 кГц частот, а деякі з них (Г3-105, Г3-110) - і діапазон відеочастот 20 кГц ... 10 МГц. Вихідна потужність при узгодженому навантаженні генераторів регулюється від 1 мВт до 10 Вт.

Генератори сигналів високої частоти генерують синусоїдні напруги в діапазоні частот до 300 МГц. При необхідності вихідна напруга може бути промодульована за амплітудою або частотою.

Задавальний генератор виконується, як правило, за LC-схемою з багатьма межами вимірювання (6-8 піддіапазонів). Частотні піддіапазони устанавлюються зміною котушок, а в середині кожного піддіапазону перестроювання частоти здійснюється зміною ємності конденсатора.

Генератори імпульсних сигналів виробляють електричні сигнали прямокутної форми з нормованими параметрами.

Релаксаційні генератори дають імпульси із пилкоподібною формою. В основі роботи схеми лежить принцип розрядження конденсатора, працюючого разом з комутуючим пристроєм, наприклад, тиристором.

Мультивібратор дає імпульси прямокутної форми. Роботу мультивібратора на двох транзисторах потрібно розглянути окремо на лабораторних заняттях

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И.,Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Чи залежать опір котушки індуктивності, конденсатору та добротність від частоти змінного струму?
- 2.* Як називаються мости з автоматизованим процесом зрівноваження?

3. Яке застосування мають автоматичні мости?
4. Для яких вимірювань застосовується переважно послідовна схема заміщення?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Модуль ЗМ-ЛЗ Вимірювання неелектричних величин. Інформаційні системи. Системи автоматичного контролю

Тема 3.1 Вимірювання неелектричних величин. Вимірювання температури. Інсоляція та актинометричні прилади. Вимірювання тиску, витрат газу та води. Вимірювання геометричних і механічних величин. Вимірювання концентрації рідкої і газоподібної середовища. Вимірювання радіоактивності та доз випромінювання. Вимірювання спектрів іонізуючого випромінювання

Щоб виміряти ту чи іншу неелектричну величину, її потрібно завчасно перетворити в електричний сигнал. Таке перетворення здійснюється за допомогою первинних перетворювачів

За принципом дії первинні перетворювачі поділяються на резистивні, електромагнітні, електростатичні, теплові.

Теплові первинні перетворювачі використовуються, як правило, для вимірювання температури.

Дія теплових перетворювачів оснований на теплових процесах: нагріванні, охолодженні, теплообміну та інше. Вони поділяються на терморезистивні та термоелектричні. В терморезисторах використовується залежність опору провідника або напівпровідника від температури.

Дія термоелектричних перетворювачів оснований на виникненні е.р.с. при нагріванні або охолодженні спаю двох різнорідних провідників (термопари).

Електрохімічні, іонізаційні, фотоелектричні перетворювачі та ін. призначені для вимірювання складу та концентрації розчинів та газів, прозорості рідин та газових сумішей, кількості електрики, температури та геометричних параметрів.

Студенти мають знати:

Для вимірювання інтенсивності прямої сонячної радіації використовують актинометри, розсіяної та сумарної – піранометри, відбивальної здатності – альбедометри, радіаційного балансу – балансоміри.

Для вимірювання прямої сонячної радіації найбільше розповсюджений **термоелектричний актинометр**.

Вимірювання радіоактивності та доз випромінювання здійснюється радіометрами та дозиметрами.

За допомогою приладів, які мають назву фотоелектронні помножувачі, перетворюють сцинтиляції в електричний імпульс.

Вимірювання спектрів іонізуючого випромінювання складає предмет

спектрометрії.

Студенти повинні знати гамма- спектрометри та їх характеристики, багатоканальні аналізатори імпульсів, методи комп'ютерної обробки спектрів, а також спеціалізовані комп'ютерні пакети для обробки спектрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
2. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
3. Курятников В.В. Конспект лекцій з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища”, Одеса, ОДЕКУ, 2017, -51с
4. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. М.: Наука, 1980.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. На які види поділяються первинні перетворювачі за принципом дії?
2. Для яких вимірювань призначені електрохімічні, іонізаційні, фотоелектричні та ін. перетворювачі?
- 3.* Які прилади використовують для вимірювання інтенсивності прямої сонячної радіації?
- 4.* Які прилади використовують для вимірювання радіоактивності та доз випромінювання?
- 5.* Яке призначення мають гамма-спектрометри?
- 6.* За допомогою яких приладів перетворюють сцинтиляції в електричний імпульс ?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 3.2 Вимірювання та контроль фізичних величин вимірювальними інформаційними системами. Основні блоки вимірювальних інформаційних систем. Вимірювальні системи автоматичного контролю. Телевимірювальні системи.

Інформаційні системи вирішують коло завдань, пов'язаних з пошуком, накопиченням, переробкою, передачею, зберіганням, і ідентифікацією інформації.

Інформаційні системи, які призначаються для одержання й обробки вимірювальної інформації, називаються *вимірювальними інформаційними системами*.

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) – це сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних технічних засобів для одержання вимірювальної інформації, її перетворення, обробки з метою контролю, діагностики і ідентифікації.

Система включає до себе прилади і перетворювачі, які виконують прості функції. При цьому вона являє собою не просто суму незалежних

приладів, а об'єднання взаємозалежних приладів, що беруть участь спільно у виконанні деякої складної функції або ряду функцій. Для системи характерно автоматичне виконання всіх функцій, починаючи від збору інформації й кінчаючи її відображенням або введенням в ЕОМ.

Особливе місце серед ІВС займають телевимірювальні системи. Їх функції такі ж, як у вимірювальних систем і систем автоматичного контролю. Однак вони мають істотну особливість: у них інформація про вимірювані величини передається на відстані до тисячі кілометрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
2. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
3. Курятников В.В. Конспект лекцій з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища”, Одеса, ОДЕКУ, 2017, -51с

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Які задачі вирішують інформаційні системи?
- 2.* Що являє собою інформаційно-вимірювальна система (ІВС)?
- 3.* Які особливості серед ІВС мають телевимірювальні системи?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 3.3 Основи вимірювань імовірнісних характеристик випадкових процесів: математичного очікування, дисперсії випадкового процесу, значень функцій розподілу ймовірності, кореляційної функції. Гамма-спектроскопія. Гамма-спектрометри. Аналізатори імпульсів

Розглядаються питання вимірювань статистичних характеристик, середнього значення, дисперсії, кореляційної функції, енергетичного спектру, густини розподілу ймовірностей.

При вивченні цих питань необхідно розглянути основні засоби отримання характеристик випадкових процесів: функцій розподілу ймовірностей, середнього і середньоквадратичного значень, кореляційних функцій і спектральної густини потужності.

При вимірюванні характеристик випадкових процесів отримати повністю вірогідні результати теоретично неможливо, оскільки кількість вимірювань обмежена. Характеристики розподілу, які отримані експериментально, називаються статистичними характеристиками або оцінками.

Вимірювання математичного сподівання випадкового процесу, починається з подачі випадкового процесу на аналого-цифровий перетворювач. Після цього дискретні числові значення подаються на два входи перемножувача (квадратора), на виході якого отримують квадрати вибіркового значень випадкового процесу, які подають на пристрій усереднення вибіркового значень. З виходу пристрою арифметичне середнє квадратів числових значень інвертується інвертором та подається на один з

чотирьох входів суматора. На два входи суматора подається арифметичне середнє числових значень, яке отримується, на виході додатково встановленого пристрою для усереднення, на вхід якого подаються вибіркoві значення з виходу аналого-цифрового перетворювача.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
2. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
3. Курятников В.В. Конспект лекцій з дисципліни “Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища”, Одеса, ОДЕКУ, 2017,-51с

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Як називаються прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?
- 2.* Що являють собою багатоканальні аналізатори імпульсів?
- 3.* Що являє собою функція відгуку спектрометра іонізуючого випромінювання?
- 4.* Як здійснюється детектування гамма-випромінювання?
5. На яких принципах заснована робота приладів, що реєструють іонізуюче гамма-випромінювання?
(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 3.4 Державна система промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП). Системи передачі вимірювальної інформації

Основні принципи та етапи створення ДСП

Уніфікація сигналів вимірювальної інформації забезпечує гарантований зв'язок між засобами контролю і керування, передачу і обмін інформацією, а також дистанційний зв'язок між пристроями автоматики.

До систем, які реалізують алгоритми автоматичного керування та управління, входять: А. комутатори сигналів, шифратори і дешифратори; Б. аналізатори сигналів, логічні пристрої, операційні перетворювачі; В. датчики, детектори, сенсори.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Що дає уніфікація сигналів вимірювальної інформації?

- 2.* Що називається первинним вимірювальним перетворювачем, або сенсором?
 - 3.* Які типи перетворювачів служать для перетворення дистанційних передач в уніфікований сигнал?
 4. Які системи реалізують алгоритми автоматичного керування та управління?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Модуль ЗМ-П1 Лабораторні вимірювання електричних величин **Робота 1.1** Визначення похибки прямих вимірювань

Перед початком роботи рекомендовано ознайомитися з методичними вказівками для визначення похибки [4] прямих вимірювань.

Відхилення показання приладу від дійсного значення вимірюваної фізичної величини є *похибкою приладу*.

Основні види похибки приладу: випадкова та систематична. Похибки поділяють на абсолютну похибку та відносну.

Визначення похибки прямих вимірювань рекомендовано провести на прикладі вимірювання опору металевого провідника.

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.
4. Курятников В.В., Януш Є.О. Визначення похибки вимірювань. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. ОДЕКУ, Одеса, 2000, -

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Сформулювати закон Ома для ділянки кола?
 2. *У яких одиницях вимірюється опір провідника?
 3. *Якими приладами вимірюється довжина та площа перерізу провідника?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 1.2 Визначення похибки непрямих вимірювань

Перед початком роботи рекомендовано ознайомитися з методичними вказівками для визначення похибки непрямих вимірювань [4]. Ця похибка знаходиться шляхом розрахунків за відповідними формулами і складається

з похибок прямих вимірювань. У роботі, де визначається опір металевого провідника, похибку можна визначити, використовуючи закон Ома, причому струм та напруга визначається шляхом прямих вимірювань. Знаючи питомий опір провідника, той самий опір можна визначити шляхом вимірювання довжини провідника і площі його перерізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.
4. Курятников В.В., Януш Є.О. Визначення похибки вимірювань. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. ОДЕКУ, Одеса, 2000, -

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Як залежить опір від довжини та перерізу провідника?
2. *У яких одиницях вимірюється питомий опір провідника?
3. *Як залежить опір від довжини та площі перерізу провідника?
(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 1.3 Визначення опору за допомогою мосту Уїтстона

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з методичними вказівками та отримати уявлення, що являє собою ця схема і з яких елементів складається цей міст.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що являє собою мост Уїтстона?
2. *Що називається плечем моста?
3. *Як співвідносяться між собою опори моста Уїтстона?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 1.4 Визначення опору котушки індуктивності

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи [4].

Роботу достатньо зручно виконувати на навчально-дослідних лабораторних стендах, які оснащені генераторами звукових частот.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з методичними вказівками та зібрати схему на набірному полі стенда.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Мержеевский А.И., Фокин А.А. Электроника и автоматика в гидрометеорологии.- Л.: Гидрометеиздат, 1977, -383 с.
4. Курятников В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища ”ч.2. Одеса : ОДЕКУ , 2021, -36с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що називається індуктивністю?
 2. *Як залежить індуктивність котушки від кількості витків?
 3. *Як залежить опір котушки від частоти змінного струму?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 1.5 Визначення опору та ємності конденсатора

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи [4].

Роботу достатньо зручно виконувати на навчально-дослідних лабораторних стендах, які оснащені генераторами звукових частот.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з методичними вказівками та зібрати схему на набірному полі стенда.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Мержеевский А.И., Фокин А.А. Электроника и автоматика в

- гидрометеорології.- Л.: Гидрометеиздат, 1977, -383 с.
- 4.Курятников В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища ”ч.2. Одеса : ОДЕКУ , 2021, -36с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що називається ємністю?
 2. *Як залежить ємність плоского конденсатора від площі його пластин?
 3. *Як залежить опір конденсатора від частоти змінного струму?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота1.6 Вивчення роботи електронного осцилографа

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи [4].

У ході роботи визначити чутливість осцилографа. Навчитися визначати частоту та період електричних коливань, напругу змінного струму.

Роботу достатньо зручно виконувати на навчально-дослідних лабораторних стендах, які оснащені осцилографами і генераторами звукових частот.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з методичними вказівками та зібрати схему з'єднання за допомогою набірної плати стенда.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И.,Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.
- 4.Курятников В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища ”ч.2. Одеса : ОДЕКУ , 2021, -36с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що називається осцилографом?
 2. *Як регулюється період розгортки?
 3. *Як визначається чутливість осцилографа?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 1.7 Вивчення коливального контуру

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Навчитися визначати частоту та період власних електричних коливань,.

Роботу достатньо зручно виконувати на навчально-дослідних лабораторних стендах, які оснащені осцилографами і генераторами звукових частот.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з методичними вказівками та зібрати схему з'єднання за допомогою набірної плати.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Мержеевский А.И., Фокин А.А. Электроника и автоматика в гидрометеорологии.- Л.: Гидрометеиздат, 1977, -383 с.
4. Курятников В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища ”ч.2. Одеса : ОДЕКУ , 2021, -36с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що називається коливальним контуром?
 2. *Як регулюється період та частота коливань у контурі?
 3. *Як відбувається резонанс у коливальному контурі?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Модуль ЗМ-П2 Лабораторні вимірювання неелектричних величин

Робота 2.1 Вивчення підсилювача низьких частот

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Навчитися збирати транзисторну схему підсилювача низьких частот.

Провести вимірювання коефіцієнта підсилення. Роботу достатньо зручно виконувати на навчально-дослідних лабораторних стендах, які оснащені осцилографами і генераторами звукових частот.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з методичними вказівками та зібрати схему з'єднання за допомогою набірної плати.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної

та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб, и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.с ил.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що називається коефіцієнтом підсилення схеми?
 2. *Який принцип роботи транзисторів?
 3. *Як підключити транзистор?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 2.2 Вимірювання параметрів навколишнього середовища (температури, тиску, вологості)

Параметри довкілля, за якими потрібно здійснювати контроль – це перш за все фізичні величини неелектричного походження. Це температура, вологість, концентрація забруднюючих домішок, швидкість потоків, прозорість рідин та газових сумішей, радіоактивність та ін.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з відповідною літературою та методичними вказівками до виконання лабораторних робіт.

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
3. Ауров В.В. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник – Одеса, «ТЭС», 2002 – 284 с.
4. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса, ТЕС, 2004, 144с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Якими приладами вимірюють тиск в атмосфері?
 2. *Як залежить тиск від висоти в атмосфері?
 3. *Які Ви знаєте методи вимірювання швидкості вітру?
 4. Що характеризує доза випромінювання?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 2.3 Вимірювання радіоактивності

Радіоактивність це кінетична характеристика радіоактивного ізотопу. Радіоактивність –це швидкість радіоактивного розпаду речовини. Перед початком вимірювань потрібно ознайомитися з методичними вказівками до виконання робіт. Рекомендовано перші вимірювати зробити іонізаційним методом за допомогою лічильника Гейгера- Мюллера.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
2. Курятников В.В., Кільян А.М. Одеса Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Радіоекологія” для студентів 3-го курсу очної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища». Одеса, ОДЕКУ, 2002, 35 с.
3. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса, ТЕС, 2004, 144с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що називається радіоактивністю?
2. *Які Ви знаєте методи вимірювання радіоактивності?
3. * Які можна виділити області роботи лічильника Гейгера-Мюллера?
(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 2.4 Вимірювання потужності доз випромінювання

Доза випромінювання – це енергетична характеристика взаємодії радіації з речовиною, крізь яку вона проходить. Потужність дози випромінювання – це доза випромінювання, що отримується в одиницю часу.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з відповідною літературою та методичними вказівками до виконання лабораторних робіт.

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
2. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
3. Курятников В.В., Кільян А.М. Одеса Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Радіоекологія” для студентів 3-го курсу очної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища». Одеса, ОДЕКУ, 2002, 35 с.

4. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса, ТЕС, 2004, 144с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Що називається дозою випромінювання?
2. *Що Ви знаєте про сцинтиляційний метод вимірювання радіоактивності?
3. * Що називається потужністю дози випромінювання?
(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 2.5 Вивчення роботи навчального комплексу «УНІПРО»

Інформаційні системи, які призначаються для одержання й обробки вимірювальної інформації, називаються *вимірювальними інформаційними системами*.

Інформаційно-вимірювальна система (в подальшому – ІВС) – це сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних технічних засобів для одержання вимірювальної інформації, її перетворення, обробки з метою контролю, діагностики, ідентифікації.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з відповідною літературою та методичними вказівками до виконання лабораторних робіт.

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Виконати вправу по дослідженню електромагнітних коливань. За допомогою генератора встановити коливання певної частоти і амплітуди.

Провести вимірювання періоду коливань на екрані комплексу. Заповнити таблицю з даними вимірювань і розрахунків напруги.

Лабораторне обладнання забезпечено лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
2. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
3. Курятников В.В. Методичні вказівки до навчальної практики «Системи та прилади контролю параметрів довкілля» для студентів – другого курсу спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”, ОДЕКУ, Одеса, 2020, - 36 с. укр. мова
4. Курятников В.В., Кільян А.М. Одеса Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Радіоекологія” для студентів 3-го курсу очної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища». Одеса, ОДЕКУ, 35 с.
5. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Для чого призначені інформаційні системи?
 2. *Що являє собою інформаційно-вимірювальна система ?
 3. * Що являє собою навчальний комплекс «УНПРО» ?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Робота 2.6 Вивчення роботи навчального спектрометричного комплексу «ГАММАЛАБ»

Програмний комплекс GammaLab, призначений для моделювання в реальному часі апаратних гамма-спектрів напівпровідникових та сцинтиляційних детекторів під час вимірювань широкого кола джерел, довільної просторової конфігурації та радіонуклідного складу.

Комплекс може бути використаним у якості симулятора для навчання роботі із спектрометричним устаткуванням та програмним забезпеченням за відсутності коштовного обладнання та з метою запобігання робіт з реальними джерелами іонізуючого випромінювання.

Перед виконанням роботи потрібно ознайомитися з відповідною літературою та методичними вказівками до виконання лабораторних робіт.

Вимірювання провести згідно методичних вказівок до виконання відповідної роботи.

Лабораторне обладнання та програмний комплекс GammaLab забезпечується лабораторіями кафедри загальної та теоретичної фізики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
2. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
3. Курятников В.В. Методичні вказівки до навчальної практики «Системи та прилади контролю параметрів довкілля» для студентів – другого курсу спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”, ОДЕКУ, Одеса, 2020, - 36 с. укр. мова
4. Курятников В.В., Кільян А.М. Одеса Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Радіоекологія” для студентів 3-го курсу очної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища». Одеса, ОДЕКУ, 2002, 35 с.
5. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Для чого призначений програмний комплекс GammaLab?
 2. *Що являє собою спектр гамма-випромінювання?
 3. * Що являє собою навчальний комплекс GammaLab?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1 МКР-1

1. Абіотичні фактори середовища – це неорганічної природи, що впливають на компоненти та явища неживої, неорганічної природи, що впливають...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
2. До кліматичних(фізичних) факторів відносяться...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
3. Атмосферні фактори – це фактори, що не включають:
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
4. Гідрографічні фактори(фактори водного середовища) – це фактори, що не включають ...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
5. Едафічні(ґрунтові) фактори - це фактори, що включають:
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
6. Біотичні фактори середовища- це фактори, що впливають...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
7. Забруднення – несприятлива зміна навколишнього середовища, що впливає на...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
8. На стан навколишнього середовища суттєво впливають...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
9. Стреси – неспецифічна реакція живого організму під час різких коливань...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
10. Вимірювання- це . сукупність операцій...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
11. Вимірювальний прилад – пристрій, що використовується для...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
12. Випадкова похибка – це:
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
13. Відхилення показання приладу від дійсного значення вимірюваної фізичної величини є:
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
14. Шунт — це вимірювальний перетворювач, який...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
15. Резистивний подільник напруги - це
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
16. До масштабних вимірювальних перетворювачів відносяться

- Література:* [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
17. Первинним вимірювальним перетворювачем, або сенсором, називається:
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
18. Яким приладом вимірюється сила струму?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
19. У яких одиницях приладом вимірюється сила струму?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
20. Якими приладами вимірюють радіоактивність?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
- 21.Що включає до себе біотичні фактори середовища
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
22. Що включає до себе кліматичні фактори середовища?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
23. Що включає до себе атмосферні фактори?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
24. Що називається гідрографічними факторами?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
25. Едафічні(ґрунтові) фактори – які це фактори?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
26. На що впливають біотичні фактори середовища
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
27. Що таке забруднення навколишнього середовища?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
- 28.Що впливає на стан навколишнього середовища?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
29. Як називається неспецифічна реакція живого організму під час різких коливань?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
- 30.Що означає вимірювання?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
31. Які функції має вимірювальний прилад?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
32. Що називається випадковою похибкою?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
- 33.Як називається відхилення показання приладу від дійсного значення вимірюваної фізичної величини ϵ :
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.
35. Що називається абсолютною похибкою?
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

36. Що називається відносною похибкою?

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

37.Що називається дисперсією?

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

38. Що називається похибкою приладу?

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

39.Як знаходиться похибка непрямих вимірювань?

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

40. Які Ви знаєте функції розподілу похибок?

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2 МКР-2

1. Які фізичні процеси можна вивчати за допомогою самописних приладів та осцилографів?

Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.

2. Які фізичні принципи роботи електронно-променевих трубок?

Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.

3. Як за допомогою осцилографів вимірюється частота та період електромагнітних коливань?

Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.

4. Як на екрані осцилографів отримати фігури Ліссажу?

Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.

5. Як залежать опір котушки індуктивності від частоти змінного струму?

Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.

6. Як залежать опір конденсатору від частоти змінного струму?

Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.

7. Яке застосування мають автоматичні мости?

Література: [1]- с.23 - 24; [2]- с.9 -10.

8. Для яких вимірювань застосовується переважно послідовна схема заміщення?

9. Які прилади називають цифровими?

Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.

10. Які переваги у порівнянні з аналоговими мають цифрові прилади?

Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.

11. Які недоліки характерні для цифрових приладів?

Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.

12. Які загальні властивості характеризують ЦВП?

Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.

13. Що називається кроком дискретизації?

Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.

14. Які прилади носять назву інтегруючих?

- Література:* [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
15. Назвіть основні методи аналогово-цифрового перетворювання (методи АЦП)
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
16. Які фізичні властивості у феромагнетиків?
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
17. Чим обумовлений магнітний гістерезис?
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
18. Як називаються мости з автоматизованим процесом врівноваження?
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
19. Для вимірювання параметрів електричних елементів та одночасного автоматичного управління різними процесами застосовуються:
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
20. За допомогою яких приладів визначають дозу випромінювання?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
21. Для чого призначені самописні прилади та осцилографії
Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
22. Як працюють електронно-променеви трубок?
Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
23. Як вимірюється частота та період електромагнітних коливань?
Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
24. Що означають фігури Ліссажу?
Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
25. Чи залежать опір котушки індуктивності від частоти змінного струму?
Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
26. Чи залежать опір конденсатору від частоти змінного струму?
Література: [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
27. Яке застосування мають автоматичні мости?
Література: [1]- с.23 - 24; [2]- с.9 -10.
28. Для яких вимірювань застосовується послідовна схема заміщення?
Література: [1]- с.23 - 24; [2]- с.9 -10.
29. Чи мають переваги у порівнянні з аналоговими цифрові прилади?
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
30. Які властивості мають цифрові прилади?
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
31. Як працюють ЦВП?
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
32. Від чого залежить крок дискретизації?
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
33. Які матеріали називаються феромагнетиками?
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.

34. Які основні функції аналогово-цифрового перетворювання (методи АЦП)
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
35. У якій області частот працюють звукові генератори?
Література: [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
36. Які фізичні властивості у феромагнетиків?
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
37. Чим обумовлений магнітний гістерезис?
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
38. Мости з автоматизованим процесом врівноваження – це...
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
39. Для вимірювання параметрів електричних елементів та одночасного автоматичного управління різними процесами застосовуються:
Література: [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
40. За допомогою яких приладів аналізується спектр гамма-випромінювання?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.

Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-ЛЗ МКР-3

1. Основні принципи побудови державної системи промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП) включають
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
2. Що забезпечує уніфікація сигналів системи передачі вимірювальної інформації
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
3. До первинних вимірювальних перетворювачів належать:
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
4. До масштабних вимірювальних перетворювачів відносяться...
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
5. До систем, які реалізують алгоритми автоматичного керування та управління, входять...
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
6. Як називаються прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
7. Що являє собою за своєю сутністю рентгенівський апарат?
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
8. За допомогою яких приладів перетворюють сцинтиляції в електричний імпульс ?

- Література:* [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
9. Які типи перетворювачів служать для перетворення дистанційних передач в уніфікований сигнал:
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
10. Як називається чутливий елемент приладів радіо-дозиметричного контролю
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
11. В яких одиницях вимірюється потужність експозиційної дози?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
12. У яких одиницях вимірюється сучасними дозиметрами еквівалентна доза?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
13. Які елементи мають прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
14. У захисних пристроях навколишнього середовища від енергетичних впливів захист може здійснюватися
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
15. Апарати, у яких здійснюють процес абсорбції, називають
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
16. Основним способом захисту від електромагнітного випромінювання в навколишньому середовищі є...
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.21 -100
18. Для переробки твердих відходів використовують агрегати тонкого подрібнювання...
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.21 -100
19. Як називається чутливий елемент приладів радіо-дозиметричного контролю?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.21 -100
20. До систем дистанційних передач сигналів вимірювальної інформації пред'являються вимоги:
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
21. В яких одиницях вимірюється експозиційна дози?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
22. Що характеризує еквівалентна доза?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
23. Які прилади призначені для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
24. Захист від енергетичних впливів може здійснюватися
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.

25. Які апарати називають абсорберами?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
- 26.Захист від електромагнітного випромінювання в навколишньому середовищі здійснюєтьсяєєє
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.21 -100
27. Для переробки твердих відходів використовують ...
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.21 -100
28. Що називається детектором приладів радіо-дозиметричного контролю?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.21 -100
- 29.Які функції виконують інфоінформаційні системи?:
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
30. Що являє собою за своєю сутністю дозиметр?
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
31. Державна система промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП) - це система ...
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
32. Уніфікація сигналів системи передачі вимірювальної інформації призначена для...
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
33. Первинними вимірювальними перетворювачами називають...
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
34. Масштабними вимірювальними перетворювачами називають...
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
35. Які системи реалізують алгоритми автоматичного керування та управління?
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
- 36.Прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання призначені для...
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
37. Що являє собою за своєю сутністю радіометр?
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
38. Як у детекторі перетворюють сцинтиляції в електричний імпульс?
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
39. Які прилади служать для перетворення дистанційних передач в уніфікований сигнал?
Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
40. В яких одиницях вимірюється радіоактивність?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.

Приклади лабораторних робіт

Приклади лабораторних робіт наведені з практичної частини дисципліни «Основи технологій захисту навколишнього середовища, част.2» (Системи та прилади контролю параметрів навколишнього середовища) [1] та методичних вказівок до лабораторних робіт з цієї дисципліни [2].

Лабораторна робота 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ МАСШТАБНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Метою роботи є вивчення масштабних вимірювальних перетворювачів.

1 Теоретична частина

Застосування *вимірювальних перетворювачів фізичної величини* дає змогу зробити вимірювальний прилад багатофункціональним. Наприклад, застосувавши вимірювальний перетворювач середніх квадратичних значень, вимірювальний прилад можна зробити придатним для вимірювання як постійних, так і змінних струмів і напруг. Застосувавши вимірювальний перетворювач опору в напругу та шунт, можна зробити вольтметр універсальним і придатним для вимірювання не тільки напруги, а струму і опору. Цей прийом застосовують для створення цифрових універсальних вольтметрів.

Шунти. Щоб розширити діапазон вимірювання струмів амперметрами для більших струмів, застосовуються шунти.

Шунт— це низькоомний високостабільний резистор, який вмикається паралельно амперметру. З точки зору метрології, *шунт* — це вимірювальний масштабний перетворювач струму. Для зменшення похибки, зумовленої впливом температури, шунт виготовляється з манганіну, який має незначний температурний коефіцієнт опору.

Опір шунта $R_{ш}$ розраховується за заданим коефіцієнтом масштабного перетворення струму $k_I = I/I_A$ і відомим опором амперметра R_A за формулою

$$R_{ш} = \frac{R_A}{k - 1}$$

Додаткові опори. Розширення діапазону вимірювання напруг вольтметром для більших напруг реалізується за допомогою *додаткових* високоомних *резисторів*, які вмикаються послідовно з вольтметром. Додаткові резистори виготовляються з манганіну, який має малий температурний коефіцієнт опору, щоб зменшити температурну похибку вимірювання. *Додатковий опір* є вимірювальним масштабним перетворювачем вхідної напруги U_x у вихідну напругу U_V , яку вимірює вольтметр. Масштабний коефіцієнт

перетворення k_U визначається співвідношенням

$$K_U = \frac{U_F}{U_x}$$

Опір додаткового резистора $R_{\text{дод}}$ розраховується відповідно до заданого коефіцієнту перетворення k_U і відомого опору вольтметра R_V за формулою

$$R_{\text{дод}} = R_V \cdot \frac{1 - k_U}{k_U}$$

Подільники напруги. Резистивні подільники напруги — це вимірювальні перетворювачі, які зменшують напругу у задану кількість разів. Основною метрологічною характеристикою подільників напруги є коефіцієнт ділення K , який дорівнює відношенню вхідної напруги $U_{\text{вх}}$ до вихідної $U_{\text{вих}}$, тобто $K = U_{\text{вх}}/U_{\text{вих}}$. Резистивні подільники напруги відтворюють одне значення коефіцієнта ділення або кілька.

Індуктивні подільники змінної напруги виконуються на тороїдальних магнітопроводах з високою магнітною проникністю, на які навиваються обмотки. Обмотки можуть вмикатися за трансформаторною або автотрансформаторною схемами. Індуктивні подільники можуть з'єднуватися каскадно. Витки обмоток перемикають відповідно до розрядів десяткового коду.

Ємнісні подільники напруги призначені для забезпечення високого вхідного опору на постійному струмі. Частіше всього ємнісні подільники напруги застосовуються для розширення діапазону вимірювання електростатичних приладів.

2 Експериментальна частина

Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ШУНТА

Визначити опір шунта для розширення діапазону вимірювання струму до 100 А амперметром, опір якого $R_A = 0.1$ Ом, а діапазон вимірювання 0...5А. Коефіцієнт масштабного перетворення струму $k_I = 100\text{А}/5\text{А} = 20$.

1. Розрахувати опір шунта:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{k - 1} = \frac{0,1\text{Ом}}{20 - 1} = 0,005262 \text{ Ом}$$

2. Зібрати схему паралельно підключених амперметра і шунта;

3. Вимірити опір паралельного з'єднання.

Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ РЕЗИСТИВНОГО ПОДІЛЬНИКА НАПРУГИ

Розрахувати опір додаткового резистора для розширення діапазону вимірювання напруги до 1000 В вольтметром, опір якого $R_V = 20000$ Ом,

а діапазон вимірювання 0...75В. Коефіцієнт масштабного перетворення напруги

$$K_v = \frac{U_r}{U_x} = \frac{75}{1000\text{В}} = 0,075$$

1. Розрахувати опір додаткового резистора

$$R_{\text{доп}} = R_r \cdot \frac{1 - k_v}{k_v} = 2000 \cdot \frac{1 - 0,075}{0,075} = 246667 \text{ Ом}$$

2. Зібрати схему послідовного підключення додаткового резистивного подільника напруги

3. Вимірити опір послідовного з'єднання і напругу на додатков

Контрольні питання .

1. Що називається масштабним вимірювальним перетворювачем?
2. З якої метою застосовують шунти?
3. Яке з'єднання провідників називається паралельним, а яке - послідовним?
4. Як визначити опір додаткового резистора?
5. Для яких потреб призначені призначені ємнісні подільники напруги?
6. На якій основі виконуються індуктивні подільники змінної напруги?

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ ЛІЧІЛЬНИКІВ

Метою роботи є вивчення сцинтиляційних методів і засобів реєстрації іонізуючого випромінювання.

1 Теоретична частина

Принцип роботи сцинтиляційних детекторів заснований на здатності іонізуючого випромінювання збуджувати атоми і молекули середовища. Перехід атомів і молекул зі збудженого стану в основний супроводжується випускненням світла (видимого, ультрафіолетового). У сцинтиляційних детекторах відбувається перетворення енергії випромінювання у світловий спалах. Сцинтиляційні детектори класифікуються за різними ознаками.

- *За механізмом виникнення світлових спалахів.* У сцинтиляційних детекторах світловий спалах виникає в момент проходження випромінювання через них в короткий проміжок часу (10^{-3} - 10^{-6} с). Для поліпшення флуоресценції в неорганічні сцинтиляційні детектори вводять атоми інших речовин, які називаються активаторами (Тl, Сl, І й ін.). Активатори вказуються в дужках після позначення сцинтилятора: Na (I), CsI (Tl) т.п.

В інших сцинтиляційних детекторах під дією іонізуючого випромінювання збуджені атоми і молекули знаходяться в метастабільному (збудженому) стані тривалий час, поки не одержать

додаткову енергію ззовні. Тільки додаткова енергія, що отримана, наприклад, у виді ультрафіолетового випромінювання, дозволяє збудженим атомам перейти в основний стан з випускненням світлових спалахів. Це явище зветься фосфоресценцією, а речовини, у яких спостерігається ефект фосфоресценції - спалахуючими сцинтиляторами.

- *За природою.* Сцинтиляційні детектори розрізняють на неорганічні ZnS, NaI, CsI, CaWO₄ і органічні (антрацен, стильбен, нафталін, терфеніл і ін.). C₁₄H₁₀, C₁₄H₁₂...C₁₈H₁₄.

- *За способом готування.* Сцинтиляційні детектори виготовляються у виді монокристалів, що заполімеризовані у прозорій пластмасі, чи нанесені тонким шаром на скло, органічну плівку чи інший прозорий для світла матеріал. Монокристали органічних і неорганічних речовин мають найкращі параметри, але крихкі, поглинають вологу з повітря. Для збільшення терміну служби кристали поміщають у герметичні алюмінієві контейнери з оптичним виходом. Однак при наявності контейнера ускладнюються виміри випромінювань малої проникаючої здатності і невеликих енергій. Для реєстрації м'якого випромінювання і випромінювання з малою проникаючою здатністю готують рідкі сцинтилятори, що розчинені в будь-якому розчиннику.

- *За агрегатним станом* сцинтилятори підрозділяються на тверді, рідкі і газоподібні. Прикладом газоподібного сцинтилятора є чистий ксенон, що застосовується для реєстрації уламків поділу.

- *За видом випромінювання, що реєструються:* β (м'які і тверді), γ .

Достоїнства і недоліки сцинтиляційних детекторів.

Сцинтиляційні детектори мають високу ефективність реєстрації іонізуючого випромінювання, мають пропорційність залежності яскравості світлового спалаху від енергії випромінювання, малий час розділення.

Поряд з достоїнствами сцинтиляційні детектори мають недоліки: довжина хвилі світлового спалаху може не збігатися зі спектральною чутливістю фотокатода; наявність власних шумів фотоелектронного помножувача (ФЕП) в результаті теплової емісії електронів з фотокатода; нестабільна напруга на електродах ФЕП.

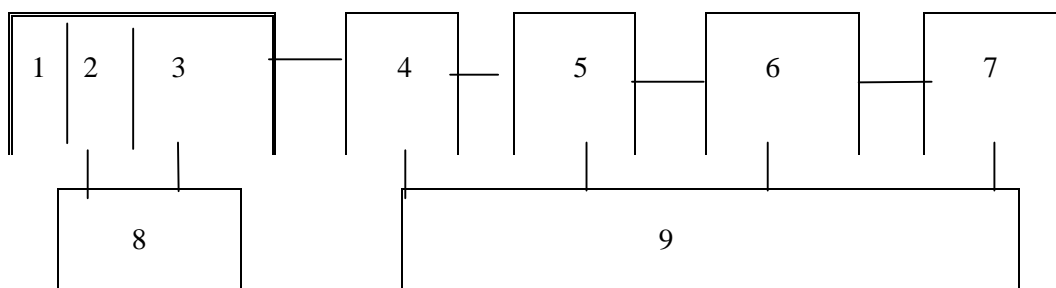


Рис.1 Блок-схема сцинтиляційного лічильника.

1 - сцинтилятор; 2 - світловод; 3 - ФЕП; 4 - передпідсилювач; 5 - основний підсилювач; 6 - дискримінатор; 7 - пристрій, що реєструє; 8 - високовольтний блок; 9 - низьковольтний блок.

Принцип роботи сцинтиляційного лічильника.

Сцинтиляційний лічильник являє собою сукупність сцинтиляційного детектора (1) з фотоелектронним помножувачем (ФЕП) (3), який призначений для перетворення спалахів світла, що виникають у сцинтиляторі під дією випромінювання, в електричний сигнал..

Під дією випромінювання в сцинтиляційному детекторі виникають спалахи світлу, що попадають на чуттєвий шар (найчастіше сурм'яно-цезієвий) фотокатода і вибивають з нього фотоелектрони. Фотоелектрони попадають на перший динод, з якого вони вибивають у результаті вторинної емісії додаткові електрони. Фотоелектрони і додаткові електрони надходять на наступний динод, і знову відбувається подальше збільшення потоку електронів і т.д. Так у ФЕП відбувається множення електронів. З останнього динода електрони попадають на анод для посилення і реєстрації струму. ФЕП має до 15 динодів, живлення ФЕП здійснюється від блоку високої напруги.

2 Експериментальна частина

Опис лабораторної установки.

Основою для лабораторної установки служить сцинтиляційний геологорозвідувальний прилад СРП-68-01, призначений для пошуку радіоактивних джерел по їх гама-випромінюванню. Прилад закріплений на лабораторному штативі, живлення здійснюється від батарейок стабілізованого джерела постійної напруги Б5-47.

Порядок виконання роботи. Підготовка приладу до роботи

1. Переконається що на джерелі живлення Б5-47 виставлена напруга 12В.
2. Підключити джерело живлення тумблером "Мережа".
3. Перевірити по індикаторі приладу напругу живлення, для цього перемикач установити в положення "Контр, бат".
4. Дати приладу прогрітися не менш 2 хвилин.
5. Розташувати джерело ІВ на відстані не більш 1 см від детектора. Вимір проводити протягом 10 с.

Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ПРИЛАДУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВІДСТАНІ "ДЖЕРЕЛО - ДЕТЕКТОР".

1. Розташувати джерело на мінімальній відстані від детектора, використовуючи перемикач піддіапазонів домогтися, щоб стрілка індикатора знаходилася в центральному секторі шкали. Через 20 секунд записати показання приладу.

2. Видалити джерело на 1 см від попереднього положення. Використовуючи перемикач піддіапазонів домогтися, щоб стрілка індикатора знаходилася в центральному секторі шкали. Через 20 секунд

записати показання приладу.

3. Збільшувати відстань від джерела до детектора доти , поки показання приладу реагують на зміну відстані, при цьому необхідно вчасно переключати піддіапазони.

4. Побудувати графік залежності "показання приладу/відстань".

Контрольні питання.

1. На чому заснований принцип роботи сцинтиляційних детекторів.
2. Вимоги, пропоновані до характеристик сцинтиляційних детекторів.
3. Переваги і недоліки сцинтиляційних детекторів.
4. Класифікація сцинтиляційних детекторів.
5. Що таке активатори?
6. Намалювати схему сцинтиляційного детектора, пояснити призначення компонентів схеми.
7. Принцип роботи ФЕП.
8. Намалювати схему сцинтиляційного лічильника.
9. Одиниці виміру активності.
10. Основні характеристики приладу СРП-68-01.

Лабораторна робота №3. Дозиметричні прилади. Вимірювання доз та потужності дози випромінювання.

Радіометр - дозиметр гамма-бета випромінювань

Дози і одиниці доз випромінювання.

Метою роботи є вивчення дозиметричних приладів та вимірювань доз випромінювання.

1 Теоретична частина

Для кількісної оцінки іонізуючого випромінювання існує поняття "доза". Розрізняють поглинуту, експозиційну та еквівалентну дози.

а) Поглинута доза D_n - це енергія, що поглинута одиницею маси речовини. Одиниця дози в системі SI - 1 Грей.

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}} .$$

Позасистемна одиниця поглинутої дози 1 рад. 1 Гр. = 100 рад.

б) Експозиційна доза X - це кількість заряду, що утворився в одиниці маси речовини при проходженні іонізуючого випромінювання. Одиниця експозиційної дози в системі SI - 1 Кл/кг, внесистемна одиниця - 1 Рентген.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} .$$

в) Еквівалентна доза H_T - це добуток поглинутої дози на коефіцієнт якості k , який показує у скільки разів біологічна дія даного випромінювання більша за дію рентгенівського. Одиниця дози в системі SI - 1 Зіверт.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер} .$$

Еквівалентна доза

$$H_T = D_n \cdot k .$$

Вивчення роботи дозиметра- радіометра «ТЕРРА»

Дозиметр-радіометр МКС-05 "ТЕРРА" призначений для вимірювання амбієнтного еквівалента дози (ЕД) і потужності амбієнтного еквівалента дози (ПЕД) рентгенівського випромінень (далі-фотонного випромінення), а також поверхневої густини потоку частинок бета-випромінення. Дозиметр використовується для екологічних досліджень; як наочне обладнання для закладів освіти, для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах; контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, території, що до них прилягає та ін.

Побудова дозиметра та принцип його роботи

Конструкція дозиметра

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому Корпусі. Корпус дозиметра (рисунок 1) складається з нижньої (1) та верхньої (2) накривок. У середній частині верхньої накривки (2) дозиметра розташовано РКІ (3), зліва і праворуч над нею - дві кнопки управління роботою дозиметра – ПОРІГ (4) і РЕЖИМ (5).



Рисунок 1 - Зовнішній вигляд дозиметра (вид зверху)

Рис.2 Дозиметр - ТЕРРА

Призначення:

Вимірювання потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма – та рентгенівського випромінювань.

Вимірювання еквівалентної дози (ЕД) гамма - та рентгенівського випромінювань.

Вимірювання поверхневої щільності потоку бета-частинок.

Радіометр - дозиметр ПЕД гамма-бета випромінювань " ТЕРРА "

призначений для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок. Дозиметр призначений для вимірювання фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти житлових та промислових приміщень, будівель та споруд, предметів побуду, одягу, території, що прилягає, ґрунту, транспортних засобів.

В основі роботи приладу лежить іонізаційний метод реєстрації ядерного випромінювання. В якості детектора в приладі використовується лічильник Гейгера-Мюлера.

2 Експериментальна частина **ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

Діапазон вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД), 0,01-100мР/рік.

Межа основної відносної похибки вимірювання ПЕД, що визначена за допомогою зразкового джерела Cz-37 при довірчій ймовірності 0,95, $\pm 25\%$

Діапазон енергій гама-випромінювання, MeV 0,05-3,0;

Діапазон вимірювання при щільності потоку бета-частинок,
част/(хв см²) (20÷ 4)10³

Дозиметр дає можливість оцінити рівень гамма-фону і радіаційної чистоти житлових і виробничих приміщень, харчових продуктів, предметів побуту, поверхні ґрунту і т.д.

Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ

Завдання: Вимірити радіаційний фон за допомогою дозиметра.

Вимірювання провести три рази при різних значеннях часу експозиції дозиметра.

Дані вимірювань порівняти між собою.

Оцінити похибку вимірювань.

Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ МЕРТВОГО ЧАСУ ЛІЧИЛЬНИКА

Визначення мертвого часу сцинтиляційного лічильника здійснюється методом "двох препаратів". Джерела, видані викладачем, розташовувати на відстані не більш 2 см від детектора.

Кожний вимір робити протягом 1 хвилини.

Розрахунок здійснюють за формулою:

$$\tau = \frac{N_1 + N_2 - N_{1,2}}{2 * N_1 * N_2},$$

де N_1 - показання від першого джерела; N_2 - показання від другого джерела; N_{12} - показання від першого та другого джерела одночасно.

Вправа 3. ВИМІРЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ БЕТА-ЧАСТИНОК.

Вимірювання щільності потоку бета-частинок здійснюються в тому ж порядку, як і вимірювання ПЕД. Вимірювання здійснюють двічі: один раз з відкритим отвором бета-екрану, а другий раз із закритим отвором. Результат вимірювання щільності потоку в одиницях «част, / (хв см^2) » розраховується програмою дозиметра, суть якої віддзеркалює формула

$$\Pi = (P1 - P2) \cdot K,$$

де P1 (мР/год) - результати першого вимірювання (отвір бета-екрану відкритий);

P2 (мР/год) - результати другого вимірювання (отвір бета-екрану закритий),

K (част/хв * см^2) (мР/год)) - калібрувальний коефіцієнт дозиметра.

Контрольні питання

1. Що характеризують дози випромінювання?
2. Як визначити поглинену дозу випромінювання?
3. Як визначити експозиційну дозу випромінювання?
4. Які одиниці виміру доз випромінювання?
5. Як вимірюється щільність потоку бета-частинок?

ЛІТЕРАТУРА

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
2. Курятников В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища ”ч.2. Одеса : ОДЕКУ , 2021, -36с.

Приклади тестових завдань екзаменаційної роботи

1. Біотичні фактори середовища- це...
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-; [3]- с.7 -41.
2. Забруднення – несприятлива зміна навколишнього середовища, що впливає на:
Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-; [3]- с.7 -41.
3. На стан навколишнього середовища суттєво впливають:
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100
4. За допомогою яких приладів визначають потужність дози випромінювання?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100
5. На якому з ефектів заснований сцинтиляційний метод реєстрації радіації?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100
6. Що показує характеристика поглинання іонізуючого випромінювання захисними екранами I_{10} ?
Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
7. За допомогою яких приладів визначають активність іонізуючого

випромінювання?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

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

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.

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

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

10. Як називається чутливий елемент приладів радіо-дозиметричного контролю

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

11. В яких одиницях вимірюється потужність експозиційної дози?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

12. У яких одиницях вимірюється сучасними дозиметрами еквівалентна доза?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

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

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

14. Що являє собою за своєю сутністю рентгенівський апарат?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

15. На якому з ефектів заснований іонізаційний метод реєстрації радіації?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

16. Процес розкладу речовини під дією радіації при відсутності або недостатності кисню, називається

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

6. На якому рівні не відбувається вплив іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

17. Які радіонукліди після аварії на ЧАЕС найбільш небезпечні в даний час?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

18. Вплив іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти відбувається

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

19. Як називається вплив іонізуючого випромінювання на потомство опроміненої людини ?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

20. Скільки шарів половинного послаблення потрібно для зменшення

рентгенівських променів в 2 рази?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

21. Біотичні фактори середовища- це...

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-; [3]- с.7 -41.

22. Які радіонукліди після аварії на ЧАЕС найбільш небезпечні в даний час?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

23. Скільки шарів половинного послаблення потрібно для зменшення рентгенівських променів в 24рази?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

24. Атмосферні фактори – це фактори, що включають...

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-; [3]- с.7 -41.

25 . Едафічні(ґрунтові) фактори - це фактори, що включають...

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-; [3]- с.7 -41.

26. За допомогою яких приладів визначають дози випромінювання?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

27. За якими принципами працюють пристрої захисту навколишнього середовища від енергетичних впливів

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

28. За допомогою яких приладів визначають радіоактивність?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

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

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

30. На якому з ефектів заснований іонізаційний метод реєстрації радіації?

Література: [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100

31. Основні принципи побудови державної системи промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП) включають

Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.

32. Що забезпечує уніфікація сигналів системи передачі вимірювальної інформації

Література: [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.

33. До первинних вимірювальних перетворювачів належать...

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

34. До масштабних вимірювальних перетворювачів відносяться

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

35. Шунт — це резистор, який вмикається паралельно чому?

Література: [1]- с.5 - 23; [2]- с.7-8.

36. Резистивний подільник напруги - це

- Література:* [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
37. До систем, які реалізують алгоритми автоматичного керування та управління, входять...
- Література:* [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
38. Як називаються прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?
- Література:* [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
39. Які типи перетворювачів служать для перетворення дистанційних передач в уніфікований сигнал:
- Література:* [1]- с. 66 -71; [2]- с.242 -258.
40. Які радіонукліди найбільш небезпечні були під час аварії на ЧАЕС?
- Література:* [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115; [3]- с.51 -100
41. 12. Які загальні властивості характеризують ЦВП?
- Література:* [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
42. Що називається кроком дискретизації?
- Література:* [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
43. Назвіть основні методи аналогово-цифрового перетворення (АЦП)
- Література:* [1]- с.24 - 30; [2]- с.9 -10.
44. Які фізичні властивості у феромагнетиків?
- Література:* [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
45. Чим обумовлений магнітний гістерезис?
- Література:* [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
46. Як називаються мости з автоматизованим процесом врівноваження?
- Література:* [1]- с. 30 -32; [2]- с.104 -115.
47. За допомогою яких приладів визначають дозу випромінювання?
- Література:* [1]- с. 51 -54; [2]- с.104 -115.
48. Для чого призначені самописні прилади та осцилографи
- Література:* [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
49. Як осцилографом вимірюється період електромагнітних коливань?
- Література:* [1]- с.21; [2]- с.9 -10.
50. Що означають фігури Ліссажу?
- Література:* [1]- с.21; [2]- с.9 -10.

ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Системи та прилади контролю параметрів довкілля : Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2018. 57 с.
2. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : Підручник. Київ: Світ, 2003. 288с.
3. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.

4. Ауров В.В. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : Підручник. Одеса: «ТЭС», 2002. 284 с.
5. Электрические измерения : Учебник для вузов / Байда Л.И., Добротворский Н.С, и др.; Под ред. А.В. Фремке и Е.М. Душина. 5-е изд., перераб, и доп. Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. 392 с.

Додаткова література

1. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля : Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
2. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища : Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
3. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
4. Герасимов О.І. Основи радіаційної безпеки. Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2014.
5. Электрические измерения неэлектрических величин. Туричин А.М., Новицкий П.В., Левшина Е.С. и др. Л.: Энергия, 1975. 576 с.
6. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е.М. и др.; Под ред. А.В. Фремке и Е.М. Душина. Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. 392 с.
7. Мержеевский А.И., Фокин А.А. Электроника и автоматика в гидрометеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 383 с.
8. Медведева Р.В., Мельников В.П. Средства измерений. Под ред. профессора Р.В. Медведевой. М.: КНОРУС, 2013. 232 с.
9. Широков Ю.М., Юдин К.П. Ядерная физика. М.: Наука, 1980. 672 с.
10. Репозитарій ОДЕКУ. URL: <http://www.eprints.library.odeku.edu.ua>

Методичне забезпечення:

1. Курятников В.В. Основи електроніки, автоматичної та цифрової техніки. Методичні вказівки для студентів заочної форми навчання за напрямом «гідрометеорологія». Одеса, ОГМІ, 2001, 37 с.
2. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ТЕС, 2008. 34 с.
3. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія : Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35 с.
4. Курятников В.В., Януш Є.О. Визначення похибки вимірювань : Метод. вказ. до лаб. роб. з фізики. Одеса: ОГМІ, 2000. 35 с.
5. Курятников В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища” ч.2. Одеса: ОДЕКУ, 2021. 36с.