Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

ЗАТВЕРДЖУЮ”
Декан факультету радіофізики,
біомедичної електроніки та
комп'ютерних систем

_____ _Сергій ШУЛЬГА

“ _28____ ” __червня ___2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

«МЕТРОЛОГІЯ»
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _перший (бакалаврський) рівень вищої освіти_____

галузь знань _15 автоматизація та приладобудування _____
(шифр і назва)

спеціальність _153 – мікро- та наносистемна техніка _____
(шифр і назва)

освітня програма _мікро- та наносистемна техніка_____
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _обов’язкова_____
(обов’язкова / за вибором)

факультет _радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем_____

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № 6 від " 28 " червня 2023 року

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Дегтярьов Андрій Вікторович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри квантової радіофізики.

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від " 28 " червня 2023 року № 8

Завідувач кафедри квантової радіофізики

_____ Вячеслав МАСЛОВ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) мікро- та наносистемна техніка
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) Олег БОЦУЛА

_____ Олег БОЦУЛА
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від " 28 " червня 2023 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

_____ Олександр БУТРИМ
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни "Метрологія" складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки
бакалавр
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 153 – мікро- та наносистемна техніка

освітня програма Мікро- та наносистемна техніка

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни полягає в освоєнні студентами основних науково-практичних знань в галузі метрології.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами системи одиниць фізичних величин і їх одиниць виміру, методів та засобів вимірювань, основ математичної обробки результатів експерименту і розрахунку, ознайомлення з системою забезпечення єдності вимірювань

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК-1)
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК-2)
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК-6)
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК-7)
- Навички здійснення безпечної діяльності. (ЗК-10)
- Здатність працювати автономно. (ЗК-11)
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків. (ЗК-12)
- Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя. (ЗК-14)
- Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки. (ФК-1)
- Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки. (ФК-2)
- Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки. (ФК-3)
- Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей. (ФК-5)
- Здатність розв'язувати інженерні задачі в галузі мікро- та наносистемної техніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації. (ФК-7)
- Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів мікро- та наносистемної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв, мікропроцесорних систем. (ФК-8)
- Здатність застосовувати на практиці галузеві стандарти та стандарти якості щодо мікро- та наносистемної техніки (ФК-9)
- Здатність розуміти та застосовувати технологічні принципи виробництва, випробування, експлуатації та ремонту мікро- та наносистемної техніки та біомедичного обладнання. (ФК-10)
- Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на ефективність та результати інженерної діяльності в галузі мікро- та наносистемної електронної техніки. (ФК-11)

1.3. Кількість кредитів – 3

1.4. Загальна кількість годин – 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна / за вибором
Денна форма навчання Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
3-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
–
Лабораторні заняття
16 год.
Самостійна робота
42 год.
Індивідуальні завдання
–
Контрольні роботи
–

1.6. Заплановані результати навчання – студенти повинні знати: елементи теорії ймовірностей, закони розподілу дискретних та безперервних величин, центральну граничну теорему, похибки та невизначеності вимірюваних величин, обробку рівноточних вимірювань визначеної величини, похибки непрямих вимірювань; вміти: оцінювати похибки вимірювань різних величин, а також теоретичних обчислювань.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Застосовувати знання принципів дії пристроїв і систем мікро- та наносистемної техніки при їхньому проектуванні та експлуатації. (ПРН-1)
- Застосовувати знання і розуміння математичних методів для розв’язання теоретичних і прикладних задач мікро- та наносистемної техніки. (ПРН-2)
- Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв’язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки. (ПРН-3)
- Оцінювати характеристики та параметри матеріалів пристроїв мікро- та наносистемної техніки, знати та розуміти основи твердотільної та оптичної електроніки, наноелектроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, мікропроцесорної техніки. (ПРН-4)
- Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для розв’язання задач проектування та налагодження обладнання геліоенергетики, приладів фізичної та біомедичної електроніки (ПРН-5)
- Застосовувати навички планування та проведення експерименту для перевірки гіпотез та дослідження явищ мікро- та наноелектроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, складати схеми пристроїв, аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати. (ПРН-6)

- Досліджувати характеристики і параметри мікрота наносистемної техніки, приладів фізичної та біомедичної електроніки з урахуванням цілей дослідження, вимог та специфіки вибраних технічних засобів. (ПРН-7)
- Будувати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів, використовувати їх при розробці нової мікро- та наносистемної техніки та виборі оптимальних рішень.(ПРН-8)
- Проектувати пристрої мікро- та наносистемної техніки у відповідності до вимог замовника і наявних ресурсних обмежень. (ПРН-9)
- Розробляти технічні засоби діагностування технічного стану мікро- та наносистемної техніки, приладів фізичної та біомедичної електроніки (ПРН-10)
- Організовувати та проводити планові та позапланові технічні обслуговування, налагодження технологічного устаткування у відповідності до поточних вимог виробництва. (ПРН-11)
- Аналізувати нормативно-правові засади впровадження мікро- та наносистемної техніки; оцінювати переваги інженерних розробок, їх екологічність та безпечність. (ПРН-12)
- Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань з дотриманням норм сучасної української ділової та професійної мови. (ПРН-13)
- Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації, знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення. (ПРН-14)
- Застосовувати розуміння теорії стохастичних процесів, методи статистичної обробки та аналізу даних при розв'язанні професійних завдань. (ПРН15)

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Елементи теорії ймовірностей та функції розподілу дискретних та неперервних випадкових величин.

Тема 1. ***Вступ.***

Введення в проблему: Метрологія – наука про вимірювання. Предмет, мета та задачі курсу. Основні поняття.

Тема 2. ***Елементи теорії ймовірностей.***

Класичне означення ймовірності. Теорема складання ймовірностей. Теорема множення ймовірностей. Кореляція випадкових величин. Повна ймовірність. Гіпотези. Апріорні та апостеріорні ймовірності гіпотез.

Тема 3. ***Задача повторення іспитів.***

Виведення основної формули. Розподіл ймовірностей числа повторення подій. Наближена формула Лапласа для обчислення ймовірностей числа повторення подій. Розподіл Пуассона (Закон виняткових подій).

Тема 4. ***Дискретні випадкові величини.***

Математичне очікування та дисперсія дискретної випадкової величини. Теоремі складання та множення математичних очікувань. Лема Чебишева-Маркова. Теорема Бернуллі. Невірності та теорема Чебишева. Слідство з теореми Чебишева.

Тема 5. ***Безперервні випадкові величини.***

Функція розподілу та щільність ймовірностей розподілу. Рівномірний розподіл. Наближене виведення нормального розподілу. Параметри нормального закону та крива Гауса. Розподіли Сімпсона, арксинуса та Стьюдента. Формула до композиції законів розподілу дискретних та безперервних випадкових величин. Композиція рівномірних розподілів, рівномірного та нормального розподілів, розподілів Пуассона.

Тема 6. ***Центральна гранична теорема.***

Характеристичні функції випадкових величин. Властивості характеристичних функцій. Центральна гранична теорема теорії ймовірностей до однаково розподілених величин. Використання центральної граничної теореми у метрології.

Розділ 2. ***Похибки вимірювань.***

Тема 1. ***Обробка рівноточних вимірювань визначеної величини.***

Найбільше ймовірне значення вимірювальної величини. Середня квадратична похибка результату вимірювання. Середня квадратична похибка одного вимірювання. Гістограма розподілу вимірювальної величини. Визначення закону розподілу. Критерій відповідності хі-квадрат.

Тема 2. ***Обробка вимірювань нормальної сукупності.***

Довірчий інтервал вимірюваної величини. Використання розподілу Стьюдента. Довірчий інтервал для середнього квадратичного відхилення.

Тема 3. ***Систематичні похибки.***

Основні ознаки систематичних похибок. Похибки приладів, зовнішніх впливів, теоретичні та суб’єктивні. Невиключені залишки систематичних похибок. Складання ймовірних та невиключених залишків систематичних похибок.

Тема 4. ***Похибки (невизначеності) непрямих вимірювань.***

Функціональний зв'язок з вимірювальними величинами. Сумарна систематична похибка. Сумарна похибка невиключених залишків систематичних похибок. Граничне значення сумарної похибки.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Елементи теорії ймовірностей та функції розподілу дискретних та неперервних випадкових величин.												
Тема 1. Вступ	5	2				3						
Тема 2. Елементи теорії ймовірностей	7	4				3						
Тема 3. Задача повторення іспитів	6	3				3						
Тема 4. Дискретні випадкові величини	6	3				3						
Тема 5. Безперервні випадкові величини	10	4				6						
Тема 6. Центральна гранична теорема	5	2				3						
Разом за розділом 1	39	18				21						

Розділ 2. Похибки вимірювань.												
Тема 1. Обробка рівноточних вимірювань визначеної величини	9	4		4		5						
Тема 2. Обробка вимірювань нормальної сукупності	12	3		4		5						
Тема 3. Систематичні похибки	12	3		4		5						
Тема 4. Похибки (невизначеності) непрямих вимірювань	14	4		4		6						
Разом за розділом 2	51	14		16		21						
Усього годин	**90**	**32**		**16**		**42**						

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вимірювання частоти та довжини хвилі на надвисоких частотах.	4
2	Вимірювання повних опорів і параметрів пристроїв за допомогою вимірювальної лінії.	4
3	Вимірювання параметрів твердих діелектриків.	4
4	Вимірювання зсуву фаз.	4
Усього годин		16

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до виконання лабораторних занять	Кількість годин
1	Розділ 1. Тема 1. Поняття похибки та невизначеність вимірювання.	3
2	Розділ 1. Тема 2. Теореми складання та множення ймовірностей.	3
3	Розділ 1. Тема 3. Формула Лапласа ймовірностей числа повторень. Розподіл Пуассона.	3
4	Розділ 1. Тема 4. Теореми складання та множення математичних очікувань.	3
5	Розділ 1. Тема 5. Нормальний закон розподілу. Розподіли Ст´юдента та хі-квадрат	6
6	Розділ 1. Тема 6. Нерівності та та теорема Чебишева.	3
7	Розділ 2. Тема 1. Побудова гістограми для похибок рівноточних вимірювань.	5
8	Розділ 2. Тема 2. Визначення закону розподілу вимірюваної величини.	5
9	Розділ 2. Тема 3. Невиключені залишки систематичних похибок та їх складення.	5
10	Розділ 2. Тема 4. Сумарна похибка непрямих вимірювань.	6
	Разом	**42**

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано

7. Методи навчання

. Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з лабораторних занять, що складаються з трьох частин: 1) ознайомлення з теоретичним матеріалом; 2) перевірка готовності до виконання лабораторної роботи; 3) захист виконаної лабораторної роботи. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій та практик.

8. Методи контролю

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з лабораторних занять, що складаються з трьох частин: 1) ознайомлення з теоретичним матеріалом; 2) перевірка готовності до виконання лабораторної роботи; 3) захист виконаної лабораторної роботи. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій та практик.

Поточний контроль включає роботу на лабораторних заняттях (30 балів) і самостійну роботу (30 балів).

Підсумковий контроль - залік (40 балів).

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота										Разом	Залікова робота	Сума
Розділ 1						Розділ 2						
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т1	Т2	Т3	Т4			
4	6	7	6	6	6	6	6	7	6			
35						**25**				**60**	**40**	**100**

Т1, Т2,.. – номер теми.

Розділ зараховується студентові, якщо він набирає не менш 50 % можливих балів за тему. Студент допускається до заліку, якщо всі розділи зараховані. Студент не допускається до заліку, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів. Студенти з підсумковим рейтингом < 10 вважаються такими, що не допущені до заліку з дисципліни. Їм перед сесією надається можливість підвищити оцінку і отримати допуск до заліку шляхом виправлення нульових оцінок з окремих видів занять і лабораторних робіт. Термін і порядок ліквідації заборгованостей установлюється викладачами, котрі проводять відповідні заняття.

Критерії оцінювання

1. Виконання кожного завдання залікового білета оцінюється балом за таблицею:

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв’язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недоброчесність	
2	1-8	Наведено лише визначення термінів, які входять до формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, записано основні закони з цієї теми
3	9-19	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв’язання задачі

4	10-24	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв’язання задачі допущено грубі помилки
5	25-32	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв’язання задачі не доведено до кінця
6	33-36	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формули і на тому припинено розв’язання
7	37-40	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка заліку за 40-бальною шкалою розраховується за формулою:

Оцінка = (П1+П2+П3)/3 ,

де П1, П2, П3 – бали за відповіді на окремі завдання залікового білету.

10. Рекомендоване методичне забезпечення

Основна література

1. Медведєв М. Г., Пащенко І.О. Теорія ймовірностей та математична статистика. Підручник. − К.: Вид-во "Ліра-К". 2015. − 536 с.
2. Зайцев Є. П. Теорія ймовірностей і математична статистика. Базовий курс з індивідуальними завданнями та розв'язком типових варіантів : навч. посібн. /Є. П. Зайцев. - 2-ге видання, стереотипне. - К.: Алерта, 2017. - 440 с.
3. Основи метрології: навч. посіб. / В. У. Ігнаткін, О. В. Томашевський, В. М. Матюшин. – Запоріжжя : Запорізький національний технічний університет, 2017. – 120 с.
4. Цюцюра В.Д. Метрологія та основи вимірювань : навч. посіб. / В.Д. Цюцюра, С.В. Цюцюра. – К.: Знання-Прес, 2003. – 80 с.
5. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та інш. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 544 с.

Допоміжна література

1. Валь О.Д., Мельничук С.В., Королюк С.Л. Теорія ймовірностей… від найпростішого : навч. посібн. – Чернівці: Книги-XXI, 2007. – 160 с.
2. Володарський Є.Т., Кухарук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань. – Вінниця, ВДТУ, 2001. – 219 с.

11. Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Національний науковій цент «Інститут метрології»: http://www.metrology.kharkov.ua/
2. Державні еталони України: http://metrology.kiev.ua/etalonna-baza/derzhavni-etaloni-ukrajini

3. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1314-18
4. Сайт для початківців і практикуючих метрологів: http://metrology.com.ua/