

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи



2020 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

2020 / 2021 навчальний рік

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

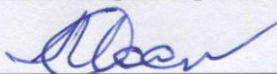
Протокол від "17" червня 2020 року № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Андрій ДЕГТЯРЬОВ, к.ф.-м.н., доцент кафедри квантової радіофізики, доцент.

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від "16" червня 2020 року № 9

Завідувач кафедри квантової радіофізики

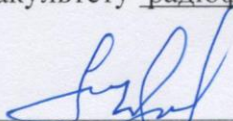

(підпис)

проф. Вячеслав МАСЛОВ
(прізвище та ініціали)

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

Протокол від "17" червня 2020 року № 6

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


(підпис)

проф. Леонід ЧОРНОГОР
(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

1.3. Кількість кредитів – 3

1.4. Загальна кількість годин – 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
<u>Обов’язкова</u> / за вибором
Денна форма навчання Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
3-й
Семестр
6-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.

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 теоремі 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 χ^2 -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	10	3				3						
Тема 4. Дискретні випадкові величини	6	3				3						
Тема 5. Безперервні випадкові величини	11	4				6						
Тема 6. Центральна гранична теорема	8	2				3						
Разом за розділом 1	47	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	10	4		4		6						
Разом за розділом 2	43	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 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 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).

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота										Разом	Залікова робота	Сума
Розділ 1					Розділ 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4			
4	6	7	6	6	6	6	6	7	6			
35					25					60	40	100

T1, T2,... – 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 30 балів. Студенти з підсумковим рейтингом <30 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 білету 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 недобросовісність	
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:

$$\text{Оцінка} = (П1+П2+П3)/3,$$

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

9. Рекомендоване методичне забезпечення

Основна література

1. Щиголев В.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Физматгиз, 1969. – 344 с.
2. Боровков А.А. Теория вероятностей. – М.: Либроком, 2009. – 656 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1973. – 366 с.
4. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. – Харьков: Консум, 2002. – 256 с.
5. Сергеев А.Г. Метрология. – М.: Логос, 2011. – 384 с.
6. Дороговцев А.Я., Сильвестров Д.С., Скороходов А.В., Ядренко М.И. Теория вероятностей. Сборник задач. – К.: Вища школа, 1980. – 432 с.
7. Баврин И.И., Матросов В.Л. Краткий курс теории вероятностей и математическая статистика. – М.: Прометей, 1989. – 136 с.

Допоміжна література

1. Кочетков П.А. Краткий курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: МГИУ, 1999. – 51 с.
2. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М, 1974. – 120 с.
3. Бурдун Г.Д. Основы метрологии. – М.: Стандартгиз, 1991. – 492 с.
4. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Національний науковий 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/>
5. Електронні курси
http://asq.org/training/introduction-to-measurement-and-calibration_IMC07WPT.html
<https://asq.org/training/metrology-applications-for-engineers-and-scientists-metappwpt>