

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем**

**Кафедра електрофізики**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан

\_\_\_\_\_ Андрій НЕТРЕБА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Флуктуації в електроніці**

для студентів

рівень вищої освіти

**другий (магістерський)**

галузь знань

**10 Природничі науки**

спеціальність

**105 Прикладна фізика та наноматеріали**

освітня програма

**Радіофізика та електроніка**

вид дисципліни

**вибіркова**

форма навчання

денна

навчальний рік

2024/2025

семестр

3

кількість кредитів ECTS

4

мова викладання

українська

форма заключного контролю

залік

**Викладач:**

Михайло ПЕТРИЧУК, доктор фіз.-мат. наук, доцент кафедри електрофізики.

Пролонговано:

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Розробник:**

Михайло ПЕТРИЧУК, доктор фіз.-мат. наук, доцент кафедри електрофізики.

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**

Завідувач кафедри електрофізики

\_\_\_\_\_Сергій САВЕНКОВ

Протокол № \_\_ від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № \_\_ від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Флуктуації в електроніці» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 10 Природничі науки спеціальності Прикладна фізика та наноматеріали.

Дана дисципліна входить у блок рекомендованих компонент освітньої програми.

Викладається у 3-ому семестрі (2-ий рік навчання) в обсязі 120 год. (4 кредити ECTS) зокрема: лекції – 38 год., консультації – 1 год., самостійна робота – 81 год. Дисципліна завершується заліком.

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення та оволодіння знаннями про сучасний стан шумової спектроскопії, фізичними основами флуктуаційних явищ, ознайомлення студентів з теорією і практикою флуктуаційних методів дослідження мікроструктури твердого напівпровідникових матеріалів і приладів, особливостями флуктуаційних явищ в нанорозмірних системах.

### 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Флуктуації в електроніці» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки, зокрема, загальної фізики: «Електрика», «Атомна фізика», а також «Квантова механіка», «Електродинаміка», «Квантова та напівпровідникова електроніка».

### 3. Анотація навчальної дисципліни:

Курс «Флуктуації в електроніці» складається з двох блоків: 1) теорія флуктуаційних процесів в напівпровідниках 2) флуктуаційні явища в електронних приладах.

### 4. Завдання (навчальні цілі):

- надати основні відомості з спецкурсу «Флуктуації в електроніці» для студентів – магістрів, що складає важливу частину нормативного курсу за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали»;
- навчити застосовувати теоретичні знання до розв'язання практичних та експериментальних задач;
- сприяти розвитку логічного і аналітичного мислення у студентів, застосуванню знань, навичок і комунікацій у подальшій професійній діяльності.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

*Загальні компетентності:*

- ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 3. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- ЗК 5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 8. Навички міжособистісної взаємодії.
- ЗК 9. Здатність працювати автономно.

*Фахові компетентності:*

- ФК 2. Здатність оптимально визначити матеріальні засоби, необхідні для виконання інженерних робіт або проведення науково-технічних розробок (матеріали, апаратура, обладнання, обчислювальна техніка та інше).
- ФК 3. Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти.

### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	студент повинен знати:	лекційні заняття, самостійна робота	Оцінювання контрольної роботи (ОКР), залік	до 85
1.1	Сучасний рівень науки про електричні флуктуації в провідних матеріалах і електронних приладах.	лекція	ОКР, залік	10
1.2	Види електричних флуктуацій, стаціонарні і	лекція	ОКР, залік	10

	нестационарні флуктуації.			
1.3	Теоретичні основи флуктуаційних явищ в напівпровідниках	лекція	ОКР, залік	15
1.4	Методи розрахунку флуктуаційних характеристик на основі експериментальних даних.	лекція	ОКР, залік	15
1.5	Особливості розрахунку шумових характеристик напівпровідникових приладів.	лекція	ОКР, залік	15
1.6	Методику вимірювання шуму в напівпровідникових матеріалах і приладах.	лекція	ОКР, залік	10
1.7	Методику шумової спектроскопії дефектної структури в напівпровідниках	лекція	ОКР, залік	10
<b>3</b>	<b>комунікація</b>	лекції, реферати	захист робіт	до 5
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	реферат	захист реферату	5
<b>4</b>	<b>автономність та відповідальність</b>	лекційні заняття, реферати	захист реферату	до 10
4.1	продемонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні рішення, які базуються на використанні фізичних методів	реферат	захист реферату	10

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни								
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	3.1	4.1
ПРН 1. Знання у галузі сучасної прикладної фізики і фізики наноматеріалів достатні для розуміння на професійному рівні основ та принципів технологій, теоретичних та експериментальних методів дослідження властивостей речовин і матеріалів.	+	+	+	+	+	+	+		
ПРН 4. Відшукувати та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій і пошукових систем.								+	
ПРН 8. Коректно формулювати висновки у вигляді умов, критеріїв, числових оцінок, перевіряти, апробувати та представляти їх для аудиторії слухачів різного фахового рівня, використовуючи сучасні методики наукової та технічної комунікації українською та іноземними мовами, відповідати за достовірність результатів досліджень та дотримуватися принципів академічної доброчесності.									+

## 7. Схема формування оцінки

**7.1. Форми оцінювання студентів:** рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових колоквиумі та контрольних робіт і за результатами виконання самостійних завдань. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.7 [знання] до 85 %;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 10%.

Форми оцінювання студентів:

**Семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має 1 змістовний модуль. Для визначення рівня знань кожен студент готує і захищає реферат по вибраній тематиці.

**Підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – письмово-усна. Всього на заліку можна отримати від 0 до 50 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання в сумі не менш ніж 60 балів.

**Умови допуску до заліку:** умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, аніж *критично-розрахунковий мінімум 35 балів* за семестр. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 35 балів, для одержання допуску до заліку обов'язково повинні написати на необхідну порогову кількість балів додаткову контрольну роботу за матеріалом відповідного семестру та доскладають домашні завдання для підвищення балів за виконання самостійної роботи.

У випадку відсутності студента з поважних причин перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті».

## 7.2. Організація оцінювання

Оцінювання за формами контролю:

	ЗМ1	
	Мін. балів	Мах. балів
Захист реферату	30	50

Орієнтований графік оцінювання:

	Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання
Подання рефератів	кінець жовтня - початок листопада
Захист рефератів	листопад
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	останній тиждень листопада
Залік	грудень, за графіком

Розрахунок балів, які студент отримує при успішній здачі іспиту:

	ЗМ 1	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	25	35	60
Максимум	50	50	100

## 7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100%
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59%

## 8. Структура навчальної дисципліни.

**ТЕМА 1** – Вступ. Електричний шум як фундаментальна властивість провідних систем. Базові (фундаментальні) і надлишкові види шуму.

**ТЕМА 2** – Математичні основи флуктуаційного аналізу. Спектральне і кореляційне представлення шуму, числові характеристики цих представлень. Пряме і зворотне перетворення Фур'є. Спектральна щільність флуктуацій. Дискретне перетворення Фур'є.

**ТЕМА 3** – Джерела шуму напівпровідникового діода і біполярного транзистора.

**ТЕМА 4** – Тепловий шум. Дробовий шум. Генераційно-рекомбінаційний шум.

**ТЕМА 5** – Шум в області об'ємного просторового заряду: основні механізми.

**ТЕМА 6** – Стационарні і нестационарні флуктуації. Фліккер-шум.

**ТЕМА 7** – Поверхневий і об'ємний шум: природа і відмінності.

**ТЕМА 8** – Методика вимірювання електричного шуму. Шумова спектроскопія дефектної структури напівпровідника.

**ТЕМА 9** – Особливості електронних систем для реєстрації електричних флуктуацій.

**ТЕМА 10** – Шум в наноструктурах.

### Тематичний план лекційних занять

№ лекції	Назва лекції,	Лекції (год)	Сам. робота(год.)
1	Вступ. Електричний шум як фундаментальна властивість провідних систем. Базові (фундаментальні) і надлишкові види шуму.	2	6
2	Математичні основи флуктуаційного аналізу. Спектральне і кореляційне представлення шуму, числові характеристики цих представлень. Пряме і зворотнє перетворення Фур'є. Спектральна щільність флуктуацій. Дискретне перетворення Фур'є.	2	8
3	Джерела шуму напівпровідникового діода і біполярного транзистора.	2	6
4	Тепловий шум. Дробовий шум. Генераційно-рекомбінаційний шум.	6	12
5	Шум в області об'ємного просторового заряду: основні механізми.	4	10
6	Стаціонарні і нестаціонарні флуктуації. Флікер-шум.	8	16
7	Поверхневий і об'ємний шум: природа і відмінності.	2	4
8	Методика вимірювання електричного шуму. Шумова спектроскопія дефектної структури напівпровідника.	6	12
9	Особливості шуму квантових систем.	2	5
10	Шум в наноструктурах.	4	2
<b>Всього</b>		<b>38</b>	<b>81</b>

Загальний обсяг **120** год., в тому числі:  
 Лекції **38** год.  
 Консультації **1** год.  
 Самостійна робота **81** год.

#### 9. Словник фахових термінів

- noise spectral density - спектральна щільність шуму
- noise factor - коефіцієнт шуму
- generation-recombination noise - генераційно-рекомбінаційний шум
- white noise - білий шум
- flicker-noise - флікер-шум
- quantum noise - квантовий шум
- non-stationary noise - нестаціонарний шум

#### 10. Рекомендована література

##### Основні джерела:

1. N. Lukuanchikova. Noise Research in Semiconductor Physics. Taylor & Francis Ltd; 1st edition.
2. Aldert van der Ziel, Noise in Measurements. John Wiley & Sons (January 1, 1976).

##### Додаткова література:

3. Noise: Sources, Characterization, Measurement (Prentice-Hall information and system sciences series)
4. Noise in Solid State Devices and Circuits [Japanese Edition] Published by Wiley-Interscience, 1970