

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки**  
**Кафедра експериментальної фізики**  
**та інформаційно-вимірювальних технологій**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з науково-педагогічної і  
навчальної роботи та рекрутації  
проф. Гаврилюк С. В. \_\_\_\_\_

**Протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_ 2018 р.**

**ПРОГРАМА**  
**нормативної навчальної дисципліни**  
**РЕЛАКСАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В НАПІВПРОВІДНИКАХ**

**підготовки**

Магістра

**спеціальності**

105 Прикладна фізика та наноматеріали

**освітньої програми**

Прикладна фізика

Луцьк – 2018

**Програма навчальної дисципліни «РЕЛАКСАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В НАПІВПРОВІДНИКАХ»** підготовки магістра, галузі знань «10 – Природничі науки», спеціальності «105 – Прикладна фізика та наноматеріали» освітньої програми «Прикладна фізика».

«\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2018 р. – \_\_\_ с.

**Розробники:**

**Мирончук Галина Леонідівна**, доцент кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірвальних технологій, кандидат фізико-математичних наук

**Рецензент:**

**Шигорін Павло Павлович**, доцент кафедри теоретичної та математичної фізики, кандидат фізико-математичних наук

**Програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірвальних технологій**

протокол № 3 від 12 вересня\_\_\_\_\_ 2018 р.

Завідувач кафедри: \_\_\_\_\_ ( Федосов С. А. )

**Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною комісією факультету інформаційних систем, фізики та математики**

протокол № \_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2018 р.

Голова науково-методичної комісії факультету \_\_\_\_\_ ( Полетило С. А. )

**Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною радою Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки**

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма (спеціалізація), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання	<b>10 – Природничі науки, 105 – Прикладна фізика та наноматеріали, Прикладна фізика</b>  <b>Магістр</b>	<b>Нормативна</b>
Кількість годин/кредитів 150/5		Рік навчання 5
		Семестр 9-ий
		Лекції 20 год.
		Практичні (семінарські) 16 год. Лабораторні 18 год. Індивідуальні год.
		Самостійна робота 87 год.
ІНДЗ: немає	Консультації 9 год. Форма контролю: екзамен	

## 2. АНОТАЦІЯ КУРСУ:

Дисципліна «Релаксаційні процеси в напівпровідниках» належить до переліку нормативних навчальних дисциплін, забезпечує професійний розвиток магістра та призначена для узагальнення, систематизації та закріплення теоретичних знань і практичних навиків, набутих за час навчання, які сприятимуть розумінню процесів збудження, захоплення й релаксації нерівноважних носіїв заряду та методи визначення параметрів локальних центрів у напівпровідниках.

**Основними завданнями є:** опрацювання літературних матеріалів по тематиці робіт; характеристика мети, завдання, об'єкту і предмету досліджень; визначення проблематики, актуальності і наукової новизни; висвітлення теоретичних основ вибраної тематики; висвітлення методики досліджень; формулювання змісту і тестової частини; формулювання висновків досліджень; надання студентам поняття нерівноважних систем, встановлення зв'язку між генерацією та релаксацією нерівноважних носіїв заряду та навчити студентів методами експериментальних досліджень нерівноважних систем.

## 3. КОМПЕТЕНЦІЇ

**Згідно з вимогами освітньої програми здобувачі магістра повинні:**

**знати:** фізичний зміст процесів і явищ, які відбуваються при різного роду впливах (температура, електромагнітне опромінення) зовнішніх факторів на напівпровідники; знати методику визначення параметрів локальних центрів у напівпровідниках.

**вміти:** визначати ширину забороненої зони та параметри домішкових центрів в напівпровідниках, визначати час життя вільних носіїв заряду; здійснювати вимірювання спектрального розподілу коефіцієнта поглинання та фотопровідності; користуватися електровимірними приладами, знаходити зведену, абсолютну та відносні похибки.

## 4. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 2

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Практ. (Семін.)	Лабор.	Сам. роб.	Конс.
<b>Змістовий модуль 1. Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною</b>						
Тема 1. Основні оптичні характеристики напівпровідників	7	2	2		2	1
Тема 2. Механізми поглинання світла в напівпровідниках	7	2			4	1

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Практ. (Семін.)	Лабор.	Сам. роб.	Конс.
Тема 3. Експериментальне визначення ширини забороненої зони напівпровідників оптичними методами	13	2	2	4	4	1
Разом за модулем 1	27	6	4	4	10	3
<b>Змістовий модуль 2. Електро- та фотопровідність напівпровідників</b>						
Тема 4. Фотопровідність та її гашення.	20	2	2	4	11	1
Тема 5. Центри прилипання у фотопровідниках.	16	2	2		11	1
Тема 6. Вплив температури на електро та фотопровідність напівпровідників	22	2	4	4	11	1
Тема 7. Основні механізми рекомбінації нерівноважних носіїв заряду.	14	2			11	1
Тема 8. Механізми рекомбінації нерівноважних носіїв заряду.	14	2			11	1
Тема 9. Стаціонарний час життя	17	2	2	2	11	
Тема 10. Час релаксації об'ємного заряду.	20	2	2	4	11	1
Разом за модулем 2	123	14	12	14	77	6
<b>Всього годин:</b>	150	20	16	18	87	9

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Параметри, які визначають реакцію матеріалу на опромінення	5
2	Поперечний переріз захоплення нерівноважних носіїв заряду центрами рекомбінації	5
3	Фотопровідність при наявності в напівпровіднику рекомбінаційних центрів	5
4	Рівняння неперервності	6
5	Рекомбінація за участю домішкових центрів	5
6	Залежність часу життя носіїв заряду від положення рівня Фермі в напівпровіднику	5
7	Оптичне звільнення захоплених центрами електронів і дірок. Модель потенціальних кривих.	5
8	Квазірівні Фермі	6
9	Центри прилипання в фотопровідниках. Демаркаційні рівні	6
10	Неоднорідності в напівпровідниках і їх вплив на енергетичні параметри електронів в зонах. Приклади деяких типових неоднорідностей, які мають місце в напівпровідниковій електроніці	6
11	Особливості розподілу енергетичних електронних станів в неоднорідних напівпровідниках, утворення хвостів щільності станів в забороненій зоні напівпровідника. Локалізовані і делокалізовані електронні стани, рівень протікання.	5
12	Особливості оптичних переходів в неоднорідних напівпровідниках, правило Урбаха. Вплив на край смуги власного поглинання світла в напівпровідниках статичного і динамічного безпорядку (розупорядкування кристалічної ґратки).	6
13	Приклади неупорядкованих систем. Електропровідність неупорядкованих напівпровідників	5
14	Електронно-діркова зонно-зонна рекомбінація носіїв заряду, час	5

	життя неосновних носіїв заряду і приклади його визначення	
15	Основні види рекомбінації через домішкові центри і їх особливості. Моделі рекомбінаційних процесів.	6
16	Термічно стимульована провідність у напівпровідниках	6
	<b>Разом</b>	<b>87</b>

## 6. ВИДИ (ФОРМИ) ІНДИВІДУАЛЬНИХ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ ЗАВДАНЬ (ІНДЗ)

Немає

## 7. РОЗПОДІЛ БАЛІВ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Залік проводиться в усній формі – захисту результатів ВКР. Захист складається з доповіді-презентації (виступу) науково-дослідних результатів, їх обговорення та відповідей на запитання (60 балів за належну презентацію та доповідь, повну відповідь з коментарем на запитання, та мотивованими висновками).

У процесі вивчення дисципліни використовують такі методи оцінювання навчальної роботи студента:

- поточне опитування;
- оцінювання самостійної роботи;
- усний залік.

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з курсу визначається так:

- кількості балів за поточне оцінювання – 40 балів;
- усний залік – 60 балів.

Таблиця 3

Поточний контроль (макс = 40 балів)										Модульний контроль/екзамен (макс = 60 балів)		Сума
Модуль 1					Модуль 2					МКР 1	МКР 2	
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2									
15			25							30	30	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	30	30	100
5	5	5	2	3	4	4	4	4	4			

Рейтингова оцінка з навчальної дисципліни визначається як сума у балах поточної та підсумкової оцінки. Рейтингова оцінка у балах за шкалою навчального закладу може бути переведена до п'ятибальної шкали оцінювання (національної шкали). Згідно з даними таблиці переводу рейтинговий оцінок від однієї шкали до іншої.

### Шкала оцінювання

Таблиця 4

Оцінка в балах за всі види навчальної діяльності	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	Відмінно	Зараховано
82 – 89	Дуже добре	
75 - 81	Добре	
67 -74	Задовільно	
60 - 66	Достатньо	
1–59	Незадовільно	Незараховано (з можливістю повторного складання)

## 8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Hummel R.E. Electronic Properties of Materials. / Hummel R.E. – Berlin:Springer, 1993. – 154s.
2. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников. М. : Наука, 1978. 616 с.
3. Бонч-Бруевич В.Л. Физика полупроводников. / Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. - М.: Наука, 1977. - 672 с.
4. Горбачев В. В., Спицина Л. Г. Физика полупроводников и металлов. М. : Наука, 1982. - 433 с.
5. Давидюк Г.Є. Нерівноважні процеси в напівпровідниках: Навч.посібник. / Г.Є.Давидюк – Луцьк: Ред.-вид. «Вежа» Волин. Держ. Ун-ту ім. Лесі Українки, 2000. – 151 с.
6. Киреев П. С. Физика полупроводников. М. : Высш. шк., 1975. 583 с.
7. Орешкин П. Т. Физика полупроводников и диэлектриков. М. : Высш. шк., 1977. 447 с.
8. Панков Ж.Г. Оптические процессы в полупроводниках. / Панков Ж.Г. - М.: Мир, 1973. - 456 с.
9. Ридли Б. Квантовые процессы в полупроводниках. / Ридли Б. - М.: Мир, 1986. - 304 с.
10. Ридли Б. Квантовые процессы в полупроводниках. М. : Энергия, 1986. 304 с.
11. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. / Рывкин С.М. - М.: Физматгиз, 1965. - 494 с.
12. Сильбанс Л. С. Физика полупроводников. М. : Сов. радио, 1967. 451 с.
13. Структурні елементи напівпровідникових пристроїв : курс лекцій. У 3 ч. / Федосов С. А. [та ін.]. Луцьк : Вежа-Друк, 2018. 79 с; 82 с; 75 с.
14. Третьяк О. В., Лозовський В. З. Основи фізики напівпровідників : Підручник: У 2 т. К. : Видав.-поліграф. центр "Київський університет", 2007. Т. 1. 338 с.
15. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников./ Уханов Ю.И. - М.: Наука, 1977. - 366 с.
16. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников. / Фистуль В.И. - М.: Высш. шк., 1984. - 352 с.
17. Шалимова К. В. Физика полупроводников. М. : Энергоатомиздат, 1985. 392 с.