

Розробники²: Подолян Артем Олександрович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики
Ісаєв Микола Вікторович, кандидат фіз.-мат. наук,
доцент кафедри загальної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Боровий М.О.)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від 7 травня 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №21 від 10 травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії _____

(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2019 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання глибоких та систематичних знань щодо існуючих шляхів експериментальної характеристики напівпровідників, зокрема визначення електрофізичних та структурних параметрів напівпровідників, а також експериментальних методів дослідження фототермоіндукваних процесів у низьковимірних системах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони електродинаміки, статистичної фізики, фізики твердого тіла, фізики напівпровідників та основи математичного аналізу
2. Вміти застосовувати попередні знання з курсів електродинаміки, фізики твердого тіла, математичного аналізу для розв'язку задач з фізики напівпровідників.
3. Володіти елементарними навичками розрахунку питомої провідності, знаку основних носіїв заряду, впливу основних типів дефектів на фізичні властивості напівпровідників.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Методи експериментальних досліджень напівпровідникових матеріалів» розглядаються базові принципи методів характеристики напівпровідникових матеріалів. Мета вивчення дисципліни – отримання глибоких та систематичних знань і навичок щодо методів характеристики напівпровідників, а також експериментальних методів дослідження фототермоіндукваних процесів у низьковимірних системах. Навчальна задача курсу полягає в засвоєнні основних методів дослідження електрофізичних та структурних параметрів напівпровідників, оволодіння методиками вимірювання таких параметрів напівпровідників, як тип провідності, ширина забороненої зони, час життя, довжина дифузії та ефективна маса носіїв заряду. Результати навчання полягають в опануванні методів дослідження електрофізичних та структурних параметрів напівпровідників, вмінні вибирати фізичні методи дослідження напівпровідників відповідно до поставлених задач. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, виконання та здача лабораторних робіт, іспит.

Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – оволодіння методами і принципами необхідними в майбутній практичній діяльності фахівця, вміннями і навичками для запобігання небезпек.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується складністю та невизначеністю умов.

Загальних:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики.
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Фахових:

- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- Здатність моделювати фізичні системи та явища і процеси.
- Здатність використовувати базові знання з фізики для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук.
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
<i>Код</i>	<i>Результат навчання</i>			
<i>1.1</i>	<i>Знати основні методи дослідження електрофізичних та</i>	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	<i>20</i>

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

*

	<i>структурних параметрів напівпровідників</i>			
1.2	<i>Знати основні методи експериментальних досліджень фототермічного перетворення в низьковимірних системах</i>	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	20
2.1	<i>Вміти проводити вимірювання основних параметрів напівпровідників: тип провідності, ширина забороненої зони, час життя, довжина дифузії та ефективна маса носіїв заряду.</i>	<i>Лабораторні роботи</i>	<i>Захист лабораторних робіт</i>	10
2.2	<i>Вміти моделювати фототермоіндуковані процеси у низьковимірних системах.</i>	<i>Лабораторні роботи</i>	<i>Захист лабораторних робіт</i>	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	2.1	2.2
Програмні результати навчання				
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.	+		+	
ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.		+		+

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: “Методи експериментальних досліджень напівпровідникових матеріалів”, який включає в себе 8 лекцій і 3 лабораторні роботи та «Застосування фототермоіндукованих процесів у низьковимірних системах для дослідження їх фізичних властивостей», який складається з 7 лекцій.

8. Схема формування оцінки:

а. **Форми оцінювання студентів:** (азначається перелік видів робіт та

форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (12 балів – 20 балів). Контроль с.р.с. (12 балів – 20 балів).
2. Виконання та здача лабораторних робіт (6 балів – 10 балів)
3. Модульна контрольна робота 2 (12 балів – 20 балів).
4. Виконання та здача лабораторних робіт.

- підсумкове оцінювання у формі заліку

Підсумкове оцінювання у формі екзамену³: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.

(слід чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни).

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

- в. Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

³ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (**100** балів - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен**).

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	лаб.зан.	С/Р
ЧАСТИНА 1				
МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ				
1	Методи визначення питомої провідності та рухливості носіїв заряду	6	7	15
2	Методи визначення параметрів нерівноважних носіїв заряду: амбіполярна дрейфова рухливість, коефіцієнт амбіполярної дифузії, час життя носіїв заряду, дифузійна довжина носіїв заряду, швидкість поверхневої рекомбінації носіїв заряду.	4	7	15
3	Методи дослідження структурних параметрів напівпровідників: оптичні методи дослідження структурних дефектів, скануюча зондова мікроскопія, скануюча тунельна мікроскопія, атомно-силова мікроскопія.	6		15
	Підсумкова модульна контрольна робота 1	1		
ЧАСТИНА 2				
ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОТЕРМОІНДУКОВАНИХ ПРОЦЕСІВ У НИЗЬКОВИМІРНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ				
1	Фотоакустичні явища в твердих тілах Фотоакустичний ефект, механізми фотоакустичного ефекту, методи реєстрації фототермоіндукованого пружного збурення. С. р. с. Оцінка ефективності механізмів фотоакустичного перетворення в твердих тілах.	2		4
2	Газомікрофонний метод реєстрації фотоакустичного відгуку. Модель Розенцвейга-Гершо формування фотоакустичного відгуку, газомікрофонний метод реєстрації фотоакустичного відгуку у класичній конфігурації С. р. с. Газомікрофонний метод реєстрації фотоакустичного відгуку у конфігурації на проходження теплової хвилі.	2		4

3	<p>П'єзоелектричний метод реєстрації фотоакустичного відгуку</p> <p>Квазістаціонарне наближення, модель Джексона-Амера формування фотоакустичного відгуку, модель Блонського формування фотоакустичного відгуку.</p> <p>С. р. с. Модель жорстких нормалей формування фотоакустичного відгуку в твердих тілах</p>	2		4
4	<p>Метод спектроскопії комбінаційного розсіяння світла для дослідження теплофізичних властивостей кристалічних твердих тіл</p> <p>Комбінаційне розсіяння світла, Розсіяння Стокс/Антистокс, залежність положення піку КРС від температури.</p> <p>С. р. с. Метод теплового відбивання для дослідження теплофізичних властивостей наноструктурованих матеріалів.</p>	2		3
5	<p>Застосування фототермічних методів для тераностики. Фототермічне перетворення в біологічних тканинах.</p> <p>С.р.с. Використання наночастинок для покращення контрасту, методи реєстрації фототермічного відгуку в біологічних об'єктах.</p>	2		4
6	<p>Фототермічні процеси в наноструктурованих системах з фазовими перетворенням</p> <p>С. р. с. Фізичні основи фотоакустичної томографії біологічних організмів.</p>	2		4
7	<p>Застосування лазерного випромінювання для розплавлення матеріалів.</p> <p>С.р.с. Нелінійні процеси поширення теплового збурення при фазових перетвореннях.</p>	2		2
8	Підсумкова модульна контрольна робота 2	1		
	ВСЬОГО	30	14	76

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Лабораторних занять – 14 год

Самостійна робота - 76 год.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна:

4. Ланно М., Бургуэн Ж. Точечные дефекты в полупроводниках. Экспериментальные аспекты. М., Мир, 1985, 304 с.
5. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. М., Высшая школа, 1987, 239 с.
6. Коротченков О.О., Оліх О.Я., Островський І.В. Методичні вказівки до лабораторного практикуму «Фізика напівпровідникових матеріалів», К., ВПЦ «Київський університет», 2005, 69 с.
7. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Нижний Новгород, Ин-т физики микроструктур, 2004, 114 с.
8. В.П.Жаров, В.С.Летохов "Лазерная оптикоакустическая спектроскопия", М.: Наука, 1984.
9. В.Э.Гусев, А.А.Карабутов "Лазерная оптоакустика", М.: Наука, 1987.
10. Rosencwaig. Photoacoustic and Photoacoustic Spectroscopy. New York: John Wiley and sons. 1980. 310p.

Додаткова:

1. Венгер Е.Ф., Грендел М., Данишка В., Конакова Р.В., Прокопенко И.В., Тхорик Ю.А., Хазан Л.С. Структурная релаксация в полупроводниковых кристаллах и приборных структурах. К., «Фенікс», 1994, 245 с.
2. Елисеев А.А., Лукашин А.В. «Функциональные наноматериалы», М. Физматлит, 2010, 456 с.
3. Основы фототермоакустики. Практикум / Упоряд. І.Я.Кучеров, К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2002. -34 с.
4. Основы фототермоакустики / Козаченко В.В., І.Я.Кучеров, К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2006. -48 с.
5. В.А.Сабликов, В.Б.Сандомирский, М.Г.Евтихов “Фотоакустический эффект в полупроводниках и полупроводниковых структурах”, Препринт № 16/371/ ИРЭ АН СССР. М., 1983.
6. О.В.Волчанский "Исследование фотоакустического эффекта в полупроводниках", диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Киев, 1992.