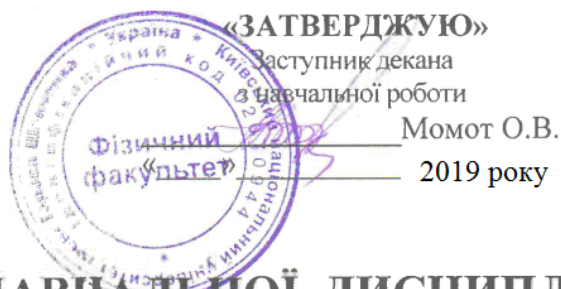


**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Фізичний факультет**

Кафедра загальної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах
(повна назва навчальної дисципліни)
для студентів

галузь знань **10 Природничі науки**

(шифр і назва)

спеціальність **104 Фізика та астрономія**

(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень **магістр**

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма **Фізика наносистем**

спеціалізація **Фізика наносистем**

вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання

очна

Навчальний рік

2019/2020

Семестр

1

Мова викладання, навчання

українська

та оцінювання

Форма заключного контролю

залік

Викладачі: доцент Подолян Артем Олександрович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)


на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2019

Розробники:

Подолян Артем Олександрович, канд.фіз.-мат.наук, доцент
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри загальної фізики


(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)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання базових знань із фізики оптичних та фотоелектронних явищ в напівпровідникових наноструктурах для розв'язання задач професійної діяльності; розвиток навичок самостійного вивчення науково-технічної літератури, набуття вміння формулювання практичних задач з врахуванням їх фізичної суті; розвинення наукового світогляду, сучасного фізичного мислення в області фізики низькорозмірних напівпровідників.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

знати: математичне формулювання та фізичний зміст основних фізичних принципів та законів із фізики оптичних та фотоелектронних явищ в напівпровідникових наноструктурах; основні теоретичні та експериментальні підходи для розгляду даного класу явищ; основні сучасні досягнення фізики оптичних та фотоелектронних явищ в напівпровідникових наноструктурах та їх застосування у різних галузях науки і виробництва.

вміти: логічно і послідовно формулювати основні закономірності протікання оптичних та фотоелектронних процесів у напівпровідникових наноструктурах; самостійно працювати з науковою літературою в галузі фізики низькорозмірних напівпровідників.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Фізика оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах» розглядаються сучасні експериментальні та теоретичні досягнення в області вивчення оптичних та фотоелектричних явищ в напівпровідникових наноструктурах. Метою вивчення дисципліни є засвоєння основних закономірностей поглинання та розсіювання світла та зумовлених нерівноважними носіями заряду фотоелектричних явищ в напівпровідникових наноструктурах. Навчальна задача курсу полягає в оволодінні методами аналізу та розрахунку основних оптичних та фотоелектричних явищ в напівпровідникових наноструктурах. Результати навчання полягають в умінні застосовувати закони взаємодії світла з напівпровідниковими наноструктурами для розв'язання практичних задач. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – засвоєння основних оптичних та фотоелектронних явищ та фізичних закономірностей в напівпровідникових наноструктурах; оволодіння методами і принципами теоретичного та експериментального розв'язку фізичних проблем для даного класу явищ.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика наносистем» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей:**

Інтегральних:

Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі фізики наносистем, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань.

Загальних:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел.

ЗК5. Здатність працювати в міжнародному науковому просторі.

ЗК6. Здатність використовувати професійно-профільовані знання в галузі фізики.

Фахових:

ФК6. Здатність застосовувати знання з фізики нанорозмірних напівпровідників.

ФК8. Здатність застосовувати знання з нанофотоніки, оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах.

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>
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні механізми поглинання світла в напівпровідникових наноструктурах	<i>Лекції, самостійна робота, консультації</i>	<i>Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік</i>	10
1.2	Знати основні механізми розсіювання світла в напівпровідникових наноструктурах	<i>Лекції, самостійна робота, консультації</i>	<i>Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік</i>	10
1.3	Знати основні механізми захоплення та рекомбінації носіїв заряду в напівпровідникових квантових ямах	<i>Лекції, самостійна робота, консультації</i>	<i>Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік</i>	10
1.4	Знати основні фотоелектричні явища в напівпровідникових квантових ямах	<i>Лекції, самостійна робота, консультації</i>	<i>Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік</i>	10
1.5	Знати основні практичні застосування оптичних та фотоелектричних явищ	<i>Лекції, самостійна робота, консультації</i>	<i>Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік</i>	10
2.1	Вміти будувати енергетичні діаграми напівпровідникових наноструктур і класифікувати механізми поглинання світла в них.	<i>Лекції, самостійна робота, консультації</i>	<i>Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні</i>	15

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

*

			роботи, залік	
2.2	Вміти оцінювати коефіцієнт поглинання світла в напівпровідникових наноструктурах	Лекції, самостійна робота, консультації	Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік	15
3.1	Представляти результати розрахунків у вигляді, що доступні як для фахівців, так і не фахівців у фізиці наноструктур	Лекції, самостійна робота, консультації	Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік	10
4.1	Формулювати ціннісні судження щодо перспектив розширення областей застосування оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах	Лекції, самостійна робота, консультації	Усне опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, залік	10

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

Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	3.1	4.1
ПРН 1.9. Знати основи фізики нерівноважних відкритих систем	+	+	+	+	+				+
ПРН 2.2. Вміти будувати енергетичні діаграми вільної поверхні, поверхні розділу фаз квантово-розмірних систем						+		+	
ПРН 2.3. Вміти розраховувати перерозподіл заряду, потенціалу і поля на поверхні і границях розділу фаз, оцінювати ступінь локалізації електронів і визначати роботу виходу електронів						+	+	+	

Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Основні механізми поглинання світла в напівпровідниках та напівпровідникових наноструктурах», який включає в себе 8 лекцій та «Механізми розсіювання світла, рекомбінації носіїв заряду, фотоелектричні явища в напівпровідникових наноструктурах та функціонування приладів», який складається з 7 лекцій.

7. Схема формування оцінки:

7.1. **Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Опитування під час першого змістового модуля – 7 балів/ 4 бали
2. Модульна контрольна робота 1 – 23 бали/14 балів
3. Опитування під час другого змістового модуля – 7 балів/ 4 бали
4. Модульна контрольна робота 2 – 23 бали/ 14 бали

Модуль 1: оцінка за відповіді при усному опитуванні, за модульну контрольну роботу з теми «Основні механізми поглинання світла в напівпровідниках та напівпровідникових наноструктурах» – 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Модуль 2: оцінка за відповіді при усному опитуванні, за модульну контрольну роботу з теми «Механізми розсіювання світла, рекомбінації носіїв заряду, фотоелектричні явища в напівпровідникових наноструктурах та функціонування приладів» – 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Для студентів, які упродовж семестру не досягли мінімального рубіжного рівня оцінки (60% від максимально можливої кількості балів) проводиться заключна семестрова контрольна робота, максимальна оцінка за яку не може перевищувати 20% підсумкової оцінки (до 20 балів за 100-бальною шкалою).

- підсумкове оцінювання у формі заліку

максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка 24 балів). Підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів), яка визначається як сума балів за систематичну роботу впродовж семестру та за результатами проведення заліку. Результатами навчання, які оцінюються під час заліку, є РН 1.1. - 4.1.

При простому розрахунку отримаємо:

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	залік	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>

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше 36 балів. Для допуску до заліку студент обов'язково має написати передбачені програмою контрольні роботи або написати заключну семестрову контрольну роботу. Оцінка за залік не може бути меншою 24 балів для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Умовою отримання позитивної результуючої оцінки з дисципліни є досягнення не менш як 60% від максимально можливої кількості балів.

7.2. 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).*

Рівень досягнення запланованих результатів навчання визначається за результатами написання та захисту письмових контрольних робіт, відповідей при усному опитуванні.

Питома вага результатів навчання у підсумковій оцінці за умови її опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.5 (знання) – до 50% ;
- результати навчання 2.1 – 2.2 (вміння) – до 30% ;
- результати навчання 3.1 (комунікація) – до 10% ;
- результати навчання 4.1 (автономність і відповідальність) – до 10% .

У курсі передбачено 2 змістові модулі. Після завершення відповідних частин проводяться модульні контрольні роботи. Передбачено також усне опитування під час лекцій.

7.3. 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

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	семінари	С/Р
Частина 1. Основні механізми поглинання світла в напівпровідниках та напівпровідникових наноструктурах				
1	Основні поняття оптики конденсованих фаз речовини.	2		4
2	Механізми поглинання світла в об'ємних напівпровідниках.	2		4
3	Міжзонні оптичні переходи в квантових ямах	2		4
4	Внутрішньозонні оптичні переходи в квантових ямах 1	2		4
5	Внутрішньозонні оптичні переходи в квантових ямах 2	2		4
6	Оптичне поглинання в квантових точках та надгратках	2		4
7	Оптичні властивості екситонів в напівпровідникових наноструктурах 1.	2		4
8	Оптичні властивості екситонів в напівпровідникових наноструктурах 2.	2		4
	Модульна контрольна робота 1			
Частина 2. Механізми розсіювання світла, рекомбінації носіїв заряду, фотоелектричні явища в напівпровідникових наноструктурах та функціонування приладів				
9	Механізми розсіювання світла в твердих тілах.	2		4
10	Механізми розсіювання світла в напівпровідникових наноструктурах	2		4
11	Захоплення носіїв заряду в гетероструктурах.	2		4
12	Рекомбінація нерівноважних носіїв в квантових ямах	2		4
13	Фотоелектричні явища в квантових ямах	2		4
14	Світловопромінюючі прилади на основі напівпровідникових наноструктур	2		4
15	Оптичні детектори, модулятори та перемикачі на квантових ямах	2		4
	Модульна контрольна робота 2			
	ВСЬОГО	30	0	60

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:
Лекцій – **30 год.**
Семінари – **0 год.**
Самостійна робота - **60 год.**

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна:

1. Ю П., Кардона М. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.-560 с.
2. Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. Оптические свойства наноструктур. Санкт-Петербург: Наука. 2001.-188 с.
3. Ж. Панков. Оптические процессы в полупроводниках. М.: Мир, 1973.-456 с.
4. С. В. Гапоненко, Н. Н. Розанов, Е. Л. Ивченко, А. В. Федоров, А. М. Бонч-Бруевич, Т. А. Вартамян, С. Г. Пржибельский. Оптика наноструктур. СПб.: Недра, 2005 г.- 326 с.
5. Воробьев Л.Е., Данилов С.Н., Зегря Г.Г., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А., Яснеевич, И.Н., Берегулин Е.В. Фотоэлектрические явления в полупроводниковых и размерно-квантованных структурах. Санкт-Петербург: Наука, 2001, 248 с.

Додаткова:

6. B.R. Nag. Physics of Quantum Well Devices.- Kluwer Academic Publishers.- 2002.- 308 p.
7. S.L. Chuang. Physics of Photonic Devices.- Wiley.-2009.- 821 p.
8. И.А. Карпович, Д.О. Филатов, А.П. Горшков. Фотоэлектрическая диагностика квантово-размерных гетеронаноструктур. Нижний Новгород, 2007, 87 с.
9. Low-dimensional semiconductor structures: fundamentals and device applications. Ed. by K. Barnham and D. Vvedensky. Cambridge University Press, 2001, 393 p.
10. Э. Розеншер, Б. Винтер. Оптоэлектроника.- М.: Техносфера, 2004, 592 с.