

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

Кафедра загальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи
Момот О.В.

«___» _____ 2020 року

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

2020/2021

Семестр

1

Мова викладання, навчання
та оцінювання

українська

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 – 2020

Розробники:

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Боровий М.О.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 12 від 21 травня 2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №33 від 11 червня 2020 року

Голова науково-методичної комісії _____
(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

«_____» _____ 2020 року

© _____, 2020 рік
© _____, 20__ рік

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 «Фізика», 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:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність працювати в міжнародному науковому просторі.
- Здатність використовувати професійно-профільовані знання в галузі фізики.

Фахових:

- Здатність застосовувати знання з фізики нанорозмірних напівпровідників.
- Здатність застосовувати знання з нанофотоніки, оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах.

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

| Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*) | | Методи викладання і навчання | Методи оцінювання | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|---|--|------------------------------|----------------------------|--|
| Код | Результат навчання | | | |
| 1.1 | Отримання знань з основних механізмів поглинання світла в напівпровідникових наноструктурах | лекції | Модульна контрольна робота | 30 |
| 2.1 | Отримання знань з основних механізмів розсіювання світла, рекомбінації нерівноважних носіїв, фотоелектричних явищ та функціонування приладів на основі напівпровідникових наноструктур | лекції | Модульна контрольна робота | 30 |

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

| Результати навчання дисципліни | 1.1 | 2.1 |
|---|-----|-----|
| Програмні результати навчання | | |
| 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 | + | + |

7. 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.

8. Схема формування оцінки:

8.1 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. Модульна контрольна робота 1 (16 балів- 30 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (16 балів- 30 балів).

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

- підсумкове оцінювання у формі заліку

Підсумкове оцінювання у формі заліку¹: (обов'язкове проведення залікового оцінювання в письмовій формі)

| | ЗМ1/Частина 1 (за наявності) | ЗМ2/Частина 2 (за наявності) | залік | Підсумкова оцінка |
|----------|------------------------------|------------------------------|-----------|-------------------|
| Мінімум | <u>16</u> | <u>16</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 заліку, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.²

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

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

8.2 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).

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 |

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 |

¹ 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**).

² У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

| | | | | |
|---|---|-----------|----------|-----------|
| 6 | <i>Оптичне поглинання в квантових точках та надгратках</i> | 2 | | 4 |
| 7 | <i>Оптичні властивості екситонів в напівпровідникових наноструктурах 1.</i> | 2 | | 4 |
| 8 | <i>Оптичні властивості екситонів в напівпровідникових наноструктурах 2.</i> | 2 | | 4 |
| | <i>Модульна контрольна робота 1</i> | | | |
| Частина 2. Механізми розсіювання світла, рекомбінації носіїв заряду, фотоелектричні явища в напівпровідникових наноструктурах та функціонування приладів | | | | |
| 9 | <i>Механізми розсіювання світла в твердих тілах.</i> | 2 | | 4 |
| 10 | <i>Механізми розсіювання світла в напівпровідникових наноструктурах</i> | 2 | | 4 |
| 11 | <i>Захоплення носіїв заряду в гетероструктурах.</i> | 2 | | 4 |
| 12 | <i>Рекомбінація нерівноважних носіїв в квантових ямах</i> | 2 | | 4 |
| 13 | <i>Фотоелектричні явища в квантових ямах</i> | 2 | | 4 |
| 14 | <i>Світловипромінюючі прилади на основі напівпровідникових наноструктур</i> | 2 | | 4 |
| 15 | <i>Оптичні детектори, модулятори та перемикачі на квантових ямах</i> | 2 | | 4 |
| | <i>Модульна контрольна робота 2</i> | | | |
| | ВСЬОГО | 30 | 0 | 60 |

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

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., Ясиевич, 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.