

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра експериментальної фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор з науково-педагогічної роботи
О.В.Запороженко
2020 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Оптоелектроніка

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти __ другий (магістерський) _____

Галузь знань _____ 10 – природничі науки _____
(цифр і назва)

Спеціальності _ 104-Фізика та астрономія, 105 – Прикладна фізика та наноматеріали __
(цифр і назва)

Освітні програми _ Фізика та астрономія, Прикладна фізика та наноматеріали _____

Вид дисципліни _____ вибіркова (104), обов'язкова (105) _____

Факультет _____ математики, фізики, та інформаційних технологій _____
(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

Робочу програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробник робочої програми:
доктор фізико-математичних наук, професор Ваксман Ю.Ф.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри експериментальної фізики
Протокол № 1 від "31" серпня 2020 року

Завідувач кафедри



(підпис)

Сминтина В.А.
(прізвище та ініціали)

Робочу програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від " 3 " вересня _____ 2020 року

Голова НМК



(підпис)

Ніцук Ю.А.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Оптоелектроніка» складена відповідно до освітньо-професійних програм підготовки другого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти (магістр з фізики та астрономії, магістр з прикладної фізики та наноматеріалів). Галузь знань: 10 – Природничі науки. Спеціальності: 104-Фізика та астрономія, 105-Прикладна фізика та наноматеріали.

Освітньо-професійні програми: «Фізика та астрономія», «Прикладна фізика та наноматеріали».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є: надання майбутнім магістрам необхідних теоретичних та практичних знань в області сучасної оптоелектроніки та вміння використовувати їх в практичній і дослідницькій роботі.

Знання, що отримують студенти з навчальної дисципліни, є базовими для блоку дисциплін з фізики та астрономії, прикладної фізики та наноматеріалів, що забезпечують природничо-наукову та професійно-практичну підготовку.

1.2. Основним завданням вивчення дисципліни є: формування у студентів знань, умінь та навичок в області оптоелектроніки, які необхідні фахівцю в його майбутній професійній діяльності, уміння постійно підвищувати свій професіональний рівень.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів таких спеціальних фахових **компетентностей**:

Інтегральна компетентність, ІК (спеціальність 104):

- здатність розв'язувати складні задачі і проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності та/або в процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Інтегральна компетентність, ІК (спеціальність 105):

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і проблеми з фізики та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій, застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності, ЗК(спеціальність 104):

- K1. Знання та розуміння предметної області та розуміння предметної діяльності.
- K2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- K3. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- K4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- K5. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- K6. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- K9. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

Спеціальні компетентності, СК (спеціальність 104):

- K12. Глибокі концептуальні знання та розуміння найбільш актуальних проблем та досягнень у різних галузях сучасної теоретичної і експериментальної фізики та астрономії.
- K13. Здатність користуватися основними джерелами наукової інформації, у тому числі базами даних та науковими публікаціями.
- K14. Усвідомлення мети й завдань сучасної фізики та астрономії, здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей фізики або астрономії відповідно до обраної спеціалізації.
- K15. Здатність брати участь у колективних дослідженнях, у тому числі міжнародних.
- K16. Усвідомлення кількісного характеру досліджень у фізиці та астрономії і здатність застосовувати спеціальні математичні та теоретичні методи для розв'язування задач предметної галузі.
- K17. Здатність збирати та аналізувати дані, у тому числі оцінювати їх можливі похибки і невизначеність.
- K18. Здатність планувати й здійснювати теоретичні та/або експериментальні дослідження фізичних або астрономічних об'єктів, явищ і процесів на основі розуміння і навичок практичного використання спеціалізованих знань фізики, астрономії та астрофізики, відповідно до обраної спеціалізації, а також спеціальних математичних методів та інформаційних технологій.

K19. Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними та астрономічними теоріями і уявленнями.

K20. Здатність робити наукові узагальнення та осмислення результатів наукових досліджень, співвідносити висновки із положеннями сучасних фізичних або астрономічних теорій.

K21. Здатність представляти результати досліджень професійній та непрофесійній аудиторії.

K22. Здатність організовувати навчальний процес та проводити практичні і лабораторні заняття з фізичних та астрономічних навчальних дисциплін у вищих навчальних закладах.

Загальні компетентності, ЗК (спеціальність 105):

K1. Знання та розуміння предметної області та розуміння предметної діяльності.

K2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

K3. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

K4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

K5. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

K6. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

K7. Навички здійснення безпечної діяльності.

K8. Здатність працювати в міжнародному контексті.

K9. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

K10. Здатність усвідомлювати рівні можливості та гендерні проблеми.

K11. Здатність дотримуватися принципів академічної доброчесності.

Спеціальні компетентності, СК (спеціальність 105):

K12. Глибокі концептуальні знання та розуміння найбільш актуальних проблем та досягнень у різних галузях сучасної теоретичної, експериментальної фізики та фізики наноматеріалів.

K13. Здатність користуватися основними джерелами наукової інформації, у тому числі базами даних та науковими публікаціями.

K14. Усвідомлення мети й завдань сучасної теоретичної та експериментальної фізики та фізики наноматеріалів, здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей прикладної фізики відповідно до обраної спеціалізації.

K15. Здатність брати участь у колективних дослідженнях, у тому числі міжнародних.

K16. Усвідомлення кількісного характеру досліджень у прикладній фізиці і здатність застосовувати спеціальні математичні та теоретичні методи для розв'язування задач предметної галузі.

K17. Здатність збирати та аналізувати дані, у тому числі оцінювати їх можливі похибки і невизначеність.

K18. Здатність планувати й здійснювати теоретичні та/або експериментальні дослідження фізичних об'єктів, явищ і процесів на основі розуміння і навичок практичного використання спеціалізованих знань фізики, нанофізики, відповідно до обраної спеціалізації, а також спеціальних математичних методів та інформаційних технологій.

K19. Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними теоріями і уявленнями.

K20. Здатність робити наукові узагальнення та осмислення результатів наукових досліджень, співвідносити висновки із положеннями сучасних фізичних теорій.

1.3. Кількість кредитів: 4(спеціальність-104), 5(спеціальність-105).

1.4. Загальна кількість годин 120(спеціальність-104), 150(спеціальність-105)

| |
|---|
| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни |
| за вибором (спеціальність-104), обов'язкова (спеціальність-105) |
| Денна форма навчання |
| Рік підготовки |
| 1-й |
| Лекції |
| 30 год. |
| Практичні/семінарські |
| --- |
| Лабораторні |
| 18 |

| |
|--|
| Самостійна робота |
| 72 год. (спеціальність-104), 102 (спеціальність-105) |
| В тому числі індивідуальні завдання. |

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-професійними програмами «Фізика та астрономія», «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти можуть досягти наступних програмних результатів навчання.

Спеціальність 104-фізика та астрономія:

ПР1. Глибокі концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем та досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та астрономії.

ПР2. Знання, розуміння та здатність використовувати на практиці основні методи планування, постановки та проведення фізичного або астрономічного експерименту (комп'ютерної симуляції).

ПР3. Уміння цілеспрямовано обирати предмет, об'єкт та методи фізичних або астрономічних досліджень.

ПР4. Знання та навички, необхідні для здійснення наукових досліджень та/або інновацій в одній із галузей сучасної фізики та астрономії відповідно до обраної спеціалізації.

ПР6. Уміння встановлювати зв'язок між фізичними та астрономічними величинами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, обирати і використовувати відповідні методи для аналізу даних і оцінювання рівня їх достовірності.

Спеціальність 105-прикладна фізика та наноматеріали:

ПР1. Глибокі концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем та досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та фізики наноматеріалів.

ПР2. Знання, розуміння та здатність використовувати на практиці основні методи планування, постановки та проведення фізичного експерименту (комп'ютерної симуляції).

ПР4. Знання та навички, необхідні для здійснення наукових досліджень та/або інновацій в одній із галузей прикладної фізики, фізики та технології наноматеріалів відповідно до обраної спеціалізації.

ПР6. Уміння встановлювати зв'язок між фізичними величинами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, обирати і використовувати відповідні методи для аналізу даних і оцінювання рівня їх достовірності.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

1 рік

Розділ 1. Джерела оптичного випромінювання.

Тема 1. Вступ. Предмет вивчення в оптоелектроніці. Переваги оптоелектронних приладів і систем. Характеристики оптичного випромінювання. Історія розвитку оптоелектроніки.

Тема 2. Люмінесцентні джерела випромінювання в оптоелектроніці. Загальні характеристики люмінесцентних джерел. Люмінесценція напівпровідників. Електролюмінесценція напівпровідникових структур. Світлодіоди на основі напівпровідникових чипів. Органічні світлодіоди.

Тема 3. Джерела когерентного випромінювання. Характеристики індукованого випромінювання. Резонатори в квантових генераторах. Моді резонаторів. Резонатори Фабрі-Перо. Волоконні резонатори. Добротність резонаторів.

Тема 4. Лазери з оптичною накачкою. Трирівневі системи індукованого випромінювання. Рубіновий лазер. Чотирирівневі системи індукованого випромінювання. Неодимовий лазер. Волоконні лазери. Режими роботи лазерів.

Тема 5. Газові лазери. Особливості створення інверсної населеності рівнів. Гелій-неоновий лазер. Іонні лазери. Молекулярні лазери. Напівпровідникові лазери.

Тема 6. Лазерні діоди. Генерування випромінювання у лазерному діоді. Гетероструктурні лазерні діоди. Лазери з вертикальним резонатором. Одномодові напівпровідникові лазери. Лазерні діоди з керованою довжиною хвилі. Суперлюмінесцентні діоди. Низькорозмірні ефекти у світлодіодах і лазерних діодах.

Розділ 2. Приймачі та середовища оптичного випромінювання.

Тема 7. Приймачі оптичного випромінювання. Основні характеристики і параметри приймачів оптичного випромінювання. Фоторезистори Фотодіоди. Фототранзистори. Фототиристри. Фотоприймачі світлових образів.

Тема 8. Оптичні волокна як середовища передачі світлового сигналу. Будова оптичних волокон. Класифікація волокон. Характеристики волокон. Волоконно-оптичні підсилювачі. Ербієвий підсилювач. Оптичні підсилювачі в оптико-волоконних лініях зв'язку.

Тема 9. Оптрони. Елементи оптронів. Основні параметри оптронів. Резисторні оптрони. Діодні оптрони. Транзисторні оптрони. Тиристорні оптрони.

Розділ 3. Інтегрально-оптичні схеми.

Тема 10. Процеси у плоскому хвилеводі. Умови збудження хвилеводних мод. ТЕ та ТМ хвилі у хвилеводі. Просторовий розподіл світлового поля у плоскому хвилеводі. Різні типи оптичних плоских хвилеводів. Оптичні втрати у плоскому хвилеводі.

Тема 11. Інтегрально-оптичні елементи. Відгалужувачі, розгалужувачі та з'єднувачі. Активні відгалужувачі та модулятори. Інтегрально-оптичні дефлектори. Інтегрально-оптичні дзеркала, лінзи. Введення – виведення випромінювання в інтегрально-оптичних хвилеводах.

3. Структура навчальної дисципліни

| Тема | Кількість годин | | | | | |
|---|---------------------|------|-----|------|------|-----------------|
| | Усього (104/105) | Лек. | Пр. | Лаб. | Інд. | СР (104/105) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Розділ 1. Джерела оптичного випромінювання | | | | | | |
| 1. Вступ. | 3/3 | 1 | - | - | - | 2/2 |
| 2. Люмінесцентні джерела випромінювання в оптоелектроніці. | 16/18 | 4 | - | 4 | - | 8/10 |
| 3. Джерела когерентного випромінювання. | 14/16 | 2 | - | 4 | - | 8/10 |
| 4. Лазери з оптичною накачкою. | 9/11 | 3 | - | - | - | 6/8 |
| 5. Газові лазери. | 10/14 | 2 | | 2 | | 6/10 |
| 6. Лазерні діоди | 16/18 | 2 | | 4 | | 10/12 |
| Розділ 2. Приймачі та середовища оптичного випромінювання. | | | | | | |
| 7. Приймачі оптичного випромінювання | 15/17 | 3 | - | 4 | - | 8/10 |
| 8. Оптичні волокна як середовища передачі світлового сигналу. | 9/15 | 3 | - | - | - | 6/12 |
| 9. Оптрони. | 8/10 | 2 | | - | | 6/8 |
| Розділ 3. Інтегрально-оптичні схеми. | | | | | | |
| 10. Процеси у плоскому хвилеводі. | 10/14 | 4 | - | - | - | 6/10 |
| 11. Інтегрально-оптичні елементи. | 10/14 | 4 | - | - | - | 6/10 |
| Усього годин | 120/150 | 30 | - | 18 | - | 72 / 102 |

4. Теми лабораторних занять

1. Дослідження характеристик світлодіода.
2. Частотні характеристики газового лазера.
3. Кутовий розподіл випромінювання газового лазера.
4. Математичне моделювання роботи напівпровідникового лазера.
5. Дослідження стаціонарних характеристик фоторезистора.

6. Дослідження кінетики фотоструму в фоторезисторі.
7. Дослідження кінетики фотоструму в фотодіоді.

5. Завдання для самостійної роботи

1. Підготовка теоретичного матеріалу за темами:
 - Люмінесцентні джерела випромінювання в оптоелектроніці.
 - Джерела когерентного випромінювання.
 - Лазери з оптичною накачкою.
 - Газові лазери.
 - Приймачі оптичного випромінювання.
 - Оптичні волокна як середовища передачі світлового сигналу.
 - Оптрони.
 - Процеси у плоскому хвилеводі.
 - Інтегрально-оптичні елементи.
2. Підготовка до лабораторних робіт та складання звітів.

6. Індивідуальні завдання

Теми індивідуальних завдань:

1. Напівпровідникові лазерні діоди.
2. Фотоприймачі з внутрішнім підсиленням.
3. Світловипромінюючі діоди.
4. Гетеропереходи в оптоелектроніці.
5. Принципи і засоби передачі інформації по оптоволокну.
6. Фізичні основи роботи оптоелектронних пристроїв запису, збереження та зчитування інформації.
7. Оптоелектронні пристрої відтворення інформації.
8. Використання електро- та магнітооптичного ефектів в оптоелектроніці.

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький метод.

Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, дослідницький метод.

8. Методи контролю

Формами контролю навчальних здобутків студентів можуть бути поточний контроль: конспект лекцій; оцінка активності роботи на лекціях; аудиторне поточне опитування; звіт за виконаною лабораторною роботою, домашні завдання.

Підсумковий семестровий контроль (екзамен). Підсумкові бали для оцінки знань студентів розраховуються таким чином:

| № | Вид роботи | Форма контролю | Число балів |
|----|--------------------|--|-------------|
| 1. | Лекції | Контрольна робота | 20 |
| 2. | Лабораторні роботи | Поточний контроль. Звіти за виконання робіт | 5 15 |
| 3. | Сума | | 40 |

1. Схема нарахування балів

| Форма контролю | | | | Екзаменаційна робота | Сума |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------|----------------------|------|
| Підсумкові бали за поточний контроль | Звіти за лабораторні роботи | Контрольна робота | Разом | | |
| 5 | 15 | 20 | 40 | 60 | 100 |

10. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль (екзамен) проводиться у письмовій формі. Екзаменаційний білет містить три теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 20 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 20 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 15 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 14 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 10 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що студент отримав на екзамені, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка | | |
|--|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | За шкалою ЄКТС | для чотирирівневої шкали оцінювання | для дворівневої шкали оцінювання |
| 90 – 100 | A | відмінно | зараховано |
| 85-89 | B | добре | |
| 75-84 | C | | |
| 70-74 | D | задовільно | |
| 60-69 | E | | |
| 35-59 | FX | незадовільно | не зараховано |
| 1-34 | F | | |

11. Рекомендована література Перелік навчально-методичної літератури

1. Основна література

1. Бугров В.Е., Виноградова К.А. Оптоелектроника светодиодов. Учебное пособие.- СПб:НИУ ИТМО, 2013.-174с.
2. **Сминтина В.А., Ваксман Ю.Ф.** Курс загальної фізики: підручник у 6т./за заг.ред В.А.Сминтини.-Одеса: Астропринт, 2011-2012.-Т.4: Сминтина В.А., Ваксман Ю.Ф. Оптика.- Одеса:Астропринт,2012.- 276с.

3. Гермогенов В.П. Материалы, структуры и приборы полупроводниковой оптоэлектроники. Учебное пособие.-Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015.-272с.
4. Косяченко Л.А. Основы інтегральної та волоконної оптики. Навчальний посібник. Чернівці:Рута, 2008.-347с.
5. **Птащенко О.О.** Основы квантової електроніки. Навчальний посібник. Одеса: Астропринт,2010.- 390с.
6. Самохвалов М.К. Элементы и устройства оптоэлектроники. Учебное пособие.- Ульяновск: УлГТУ, 2003.-126с.
7. Сердюк В.В., **Ваксман Ю.Ф.** Люминесценция полупроводников. Учебное пособие. Киев-Одесса: «Выща школа»,1988.-200с.

Додаткова

1. Василевский А.М. и др. Оптическая электроника. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
2. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику. -М.: Высшая школа, 1991. - С.191.
3. Грибковский В.П. Полупроводниковые лазеры. – Минск: “Университетское”, 1988.
4. Григоруку В. І., Коротков П. А., Хижняк А. І. Лазерна фізика: Підручник. – К: “МП Леся”, 1997. – 480 с.
5. Звелто О. Принципы лазеров .-М.: Мир, 1990. – 560 с.
6. Чадюк. В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Генерація оптичного випромінювання. Київ: НТУУ "КПІ", 2012. – 433 с.
7. Электролюминесцентные источники света / И.К. Верещагин, Б.А. Ковалев, Л.А. Косяченко, С.М. Кокин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 168 с.

12. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

- 1.Элементы и устройства оптоэлектроники.- http://venec.ulstu.ru/lib/2003/4_Samohvalov.pdf
- 2.Оптоэлектроника и волоконная оптика.- <http://bookash.pro/ru/t/Оптоэлектроника/>
- 3.Оптоэлектроника светодиодов.- https://books.ifmo.ru/book/1178/optoelektronika_svetodiodov.htm
- 4.Материалы, структуры и приборы полупроводниковой оптоэлектроники.- <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000511917>
- 5.**Птащенко О. О.** Фізичні основи твердотільної електроніки: Навчальний посібник. Електронний варіант. – Одеса: phys.onu.edu.ua, 2011. – 118 с.