

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет

(назва факультету, інституту, центру, коледжу)

Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана/директора
з навчальної роботи

«__» _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика напівпровідників

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування <i>(шифр і назва)</i>
спеціальність	152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка <i>(шифр і назва спеціальності)</i>
освітній рівень	бакалавр <i>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)</i>
освітня програма	Оптотехніка <i>(назва освітньої програми)</i>
спеціалізація <i>(за наявності)</i>	_____ <i>(назва спеціалізації)</i>
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	20__/20__
Семестр	8
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська__
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: проф. Кондратенко С.В.

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

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

ВСТУП

1. Мета дисципліни – надати базові знання з фізики напівпровідників, необхідні як для розуміння фізичних процесів, що відбуваються в напівпровідниках та напівпровідникових пристроях, так і для розуміння явищ, що вивчаються в інших курсах за спеціальністю.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності)¹:

1. Знати основи квантової механіки, основні поняття радіоелектроніки, принципи теорії твердого тіла.
2. Вміти - вимірювати спектри люмінесценції та поглинання, електрофізичні параметри напівпровідникових структур, аналізувати роботу електронних схем.
3. Володіти елементарними навичками вибору компонент електронних схем прецизійних пристроїв і приладів оптотехніки.

3. Анотація навчальної дисципліни:

“Фізика напівпровідників” включає вивчення розділів: визначальні фізичні ознаки напівпровідників, основи зонної теорії напівпровідників, статистика електронів і дірок у напівпровідниках, оптичні властивості напівпровідників та елементи кінетичної теорії явищ переносу.

4. Завдання (навчальні цілі): - ознайомлення студентів з напівпровідниковими матеріалами, з основними поняттями та ідеями сучасної фізики напівпровідників, підготовка студентів до вивчення спеціальних оглядів та оригінальних робіт з окремих питань даної області. Ознайомлення із сучасними методами дослідження основних параметрів напівпровідників, насамперед їх оптичних і електричних властивостей.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Визначальні ознаки напівпровідників, основи зонної теорії напівпровідників, їх основні оптичні та електричні властивості	Лекції та лабораторні	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, модульна контрольна робота	10
2.1	Статистику електронів та дірок, кінетичні явища в напівпровідниках, а також основні механізми поглинання світла напівпровідниками	Лекції та лабораторні	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань,	10

2.2	Застосувати набуті знання для оцінки параметрів напівпровідників, а також величин, що характеризують кінетичні явища в напівпровідниках, вміти проводити відповідні виміри та розрахунки.	Лекції та лабораторні	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань, модульна контрольна робота	10
2.3	Використати набуті навички на виробничих підприємствах та в лабораторіях науково-дослідних і навчальних установ.	Лекції та лабораторні	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань,	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	2.1	2.2	2.3
Програмні результати навчання (назва)				

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1: 5 балів
2. Модульна контрольна робота 2: 5 балів
3. Лабораторні роботи (6 робіт):– 5 балів за кожну

- підсумкове оцінювання у формі заліку: - 60 балів

- умови допуску до підсумкового заліку:

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

7.2 Організація оцінювання: *(обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).*

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
Змістовий модуль 1 Визначальні фізичні ознаки напівпровідників та основи зонної теорії напівпровідників				
1	Вступ. Тема 1. Вступ. Визначальні фізичні ознаки напівпровідників. Класифікація речовин за величиною провідності. Визначальні фізичні ознаки напівпровідників. Енергетичні зони металів, діелектриків та напівпровідників. Поняття про дірки. Способи керування концентрацією носіїв заряду. Загальна характеристика фізичних явищ, які лежать в основі напівпровідникових приладів. Основні матеріали напівпровідникової техніки, їх класифікація. Вирощування кристалів.	2	2	
2	Тема 2. Енергетичний спектр носіїв в періодичному потенціальному полі. Кристалічні решітки. Елементарна та примітивна комірки.	2	2	5
3	Тема 3. Електронний газ у періодичному потенціальному полі. Квазіімпульс та хвильовий вектор. Теорема Блоха.	2		5
4	Тема 4. Обернена решітка. Зони Бріллюена.	2	2	5
5	Тема 5. Енергетичні зони. Закон дисперсії. Ефективна маса електрона. Ізоенергетичні поверхні.	2		5
6	Тема 6. Зонна структура деяких напівпровідників. Експериментальне визначення ефективних мас електронів і дірок, результати вимірів ефективних мас вільних носіїв заряду в деяких напівпровідниках.	2	2	5
7	Тема 7. Функція розподілу вільних носіїв заряду за енергетичними станами. Граничні умови Борна-Кармана.	2		5

Змістовий модуль 2 Статистика електронів та дірок в напівпровідниках, оптичні властивості та явища переносу в

8	Тема 8. Розподіл Фермі-Дірака. Концентрація електронів і дірок у власному напівпровіднику. Інтеграл Фермі та його наближені вирази. Критерії виродженого і невиродженого електронного газу.	2	2	5
9	Тема 9 Концентрація носіїв заряду та положення рівня Фермі в домішкових напівпровідниках. Статистика електронів на домішкових центрах. Багатозарядні домішкові центри та їх енергетичні рівні. Функція розподілу для домішкових центрів. Вид функції розподілу для однозарядних донорів і акцепторів. Концентрація вільних носіїв заряду у напівпровіднику, що містить прості донори і акцептори. Розміщення рівня Фермі в залежності від температури. Умова електронейтральності. Взаємна компенсація донорів та акцепторів. Визначення енергетичних рівнів домішки з температурної залежності концентрації вільних носіїв.	2		5
10	Тема 10. Поглинання світла в напівпровідниках. Види поглинання. Власне поглинання. Прямі та непрямі оптичні переходи; форма края міжзонного	2	2	

	поглинання в прямозонних та непрямозонних напівпровідниках. Вплив зовнішніх факторів на положення краю оптичного поглинання.			
11	Тема 11. Поглинання світла в розупорядкованих та аморфних напівпровідниках. Правило Урбаха. Екситонне поглинання. Екситонне поглинання. Іонізація домішкових центрів. Взаємодія світла з іонізованими домішковими центрами. Поглинання вільними носіями заряду. Поглинання решіткою.	2	2	5
12	Тема 12. Елементи кінетичної теорії явищ переносу. Розподіл електронів за швидкостями. Дрейф вільних носіїв заряду в електричному полі. Рухливість електронів та дірок в напівпровідниках. Кінетичне рівняння Больцмана. Електропровідність. Час релаксації.	2		5
13	Тема 13. Механізми розсіяння носіїв заряду. Ефективний переріз розсіювання. Розсіювання електронів на іонах домішок. Розсіювання на акустичних і полярних оптичних фононах. Розсіювання на нейтральних атомах домішок, дислокаціях і вакансіях. Холлівська рухливість. Залежність рухливості від температури та вмісту домішок. Ефект Холла в напівпровідниках зі змішаною (електронною і дірковою) провідністю.	2	2	5
14	Тема 14. Напівпровідники в сильних електричних полях. Розігрів електронного газу. Термоелектрична іонізація. Ефект Френкеля. Електростатична та ударна іонізація. Від'ємний диференціальний опір в напівпровідниках. Ефект Ганна.	2		5
ВСЬОГО²		28	16³	60

*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 104 год.⁴, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **28 год.**

Лабораторні заняття - **16 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

9. Рекомендовані джерела⁵:

Основна:

1. Ю. Питер, М. Кардона. Основы физики полупроводников /Пер. с англ. И.И. Решиной. Под ред. Б.П. Захарчени. 3-е изд. М.: Физматлит, 2002. 560 с.
2. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. – М. Техносфера, 2006. – 592 с.
3. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р.Дж. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. – М. Техносфера, 2007. – 368 с.
4. В.Л.Бонч-Бруевич, С.Г.Калашников. Физика полупроводников. – М. Наука, 1990. – 672 с.
5. Смит Р. Полупроводники. – М.: Мир, 1982.
6. Киреев П.С. Физика полупроводников. – М.: Высшая школа, 1975.

² У робочій програмі навчальної дисципліни для лекційних, семінарських, практичних і лабораторних занять зазначається *реальна* кількість годин (*кратне 2 год. – час тривалості пари*).

³ У робочій програмі навчальної дисципліни зазначається *реальна* кількість годин (*кратне 2 год. – час тривалості пари*).

⁴ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

⁵ В тому числі Інтернет ресурси

7. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. /В.И. Гаман. Томск: Изд-во НТЛ, 2000. 426 с.

8. Орешкин П. Т. Физика полупроводников и диэлектриков.- М.: Высшая школа, 1977.

Додаткова:

10. Алималу А. Квантовая теория кристаллических тел. – М.: Мир, 1981.

11. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. – Мир, 1984. Т.1, 456 с; Т.2, 456 с.

14. John N. Davies. The physics of low-dimensional semiconductors. An introduction. – Cambridge university press, 1998. – 425 p.

Голова Науково-методичної ради

В.А.Бугров