

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Державний вищий навчальний заклад  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Кафедра фізики і хімії твердого тіла

**Фізика конденсованого стану**

(назва навчальної дисципліни)

**ПРОГРАМА**

**нормативної навчальної дисципліни**

підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 104 Фізика та астрономія

(шифр і назва спеціальності)

Івано-Франківськ  
2016

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
(повне найменування вищого навчального закладу)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Салій Ярослав Петрович, професор кафедри фізики і хімії твердого тіла, доктор фіз.-мат наук, професор.

Обговорено і затверджено Вченою радою фізико-технічного факультету протокол № 3 від "29" березня 2016 р.



## ПЕРЕДМОВА

Програма кандидатського екзамену зі спеціальності "Фізика конденсованого стану" відображає сучасний стан даної області фізики та включає її важливі розділи, знання яких необхідні висококваліфікованим фахівцям для успішної підготовки кандидатської дисертації.

Аспірант повинен показати високий рівень теоретичної та професійної підготовки, глибокі знання основних розділів фізики твердого тіла, а також уміння застосувати свої знання для вирішення народногосподарських завдань, дослідницьких та прикладних задач.

### **знати:**

способи і методи вирішення експериментальних і теоретичних завдань фізики конденсованого стану;

основні закони кристалографії;

закони і характеристики процесів взаємодії зондуючого випромінювання з твердим тілом;

основні результати зонної теорії твердих тіл;

способи визначення кінетичних характеристик твердих тіл;

закони оптики і магнетизму для твердих тіл;

### **вміти:**

застосовувати закони фізики твердого тіла до пояснення властивостей реальних нанооб'єктів;

представляти і застосовувати отримані результати, виходячи з тенденцій розвитку фізики конденсованого стану;

здійснювати відбір матеріалу, що характеризує область фізики конденсованого стану, з урахуванням конкретної наукової або технічної задачі.

## Програма навчальної дисципліни

### I. Структура твердих тіл

1. Кристалічні та аморфні тіла. Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індеси Міллера. Точкові і просторові групи.

2. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.

3. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів.

4. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення дислокацій в кристалах.

5. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Міжатомна взаємодія та сили зв'язку у твердому тілі. Структурні та фізичні особливості іонних, ковалентних, металічних та молекулярних кристалів. Щільнозапаковані структури.

6. Аморфні тіла – методи отримання та дифракційного дослідження структури. Рідинні кристали. Близький та далекий порядок. Напівпровідникове скло.

## II. Енергетичний спектр кристалів

1. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазі-частинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів.
2. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок.
3. Коливання кристалічної решітки – фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки. Дебайвська частота.
4. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів. Ангармонізм та теплове розширення.
5. Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхні Фермі.
6. Тензор ефективних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в невироджених напівпровідниках.
7. Явища в контактах. Потенціальні бар'єри. Контактна різниця потенціалів. Струми, обмежені просторовим зарядом. Бар'єр Шотткі. Квазідвовірні системи в напівпровідниках: гетероструктури, МДН-структури (метал-діелектрик-напівпровідник). Розмірне квантування електронного спектра.
8. Електронний спектр та густина станів електронів в квантуючому магнітному полі. Ефект де Гааза-ван Альфена. Спектр квазі-двовірних електронів в поперечному квантуючому магнітному полі.

## III. Електронні кінетичні властивості твердих тіл

1. Кінетичне рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах.
2. Електронно-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність. Магнітропір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.
3. Напівпровідники. Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній. Домішкові рівні. Донори та акцептори, p-n-переходи.
4. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Гана.
5. Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.

## IV. Оптичні та магнітні явища твердих тіл

1. Атомний магнетизм. Магнітні властивості слабо магнітних речовин. Класифікація та основні властивості магнетиків. Діамагнетизм системи слабо-взаємодіючих атомів і молекул. Діамагнетизм та парамагнетизм твердих тіл. Природа феромагнетизму. Домени. Антиферомагнетизм і феримагнетизм.
2. Механізми поглинання фотонів. Поглинання вільними носіями.

Решітчаті поглинання. Багатофонові процеси. Комбінаційне розсіювання світла в кристалах. Поглинання зв'язаними носіями.

3. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери. Різні типи ОКГ та принцип їх дії.

4. Феромагнетизм. Молекулярне поле Вейса. Обмінна взаємодія. Феромагнітні домени. Енергія анізотропії. Доменні стінки. Антиферомагнетики. Ферити.

#### **V. Діелектрики**

1. Ефективне поле. Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис. Аномалії фізичних властивостей сегнетоелектриків в області фазових переходів.

#### **VI. Термодинаміка і фазові переходи**

1. Фізична природа твердих сполук. Утворення сполук. Закони Рауля і Генрі. Умови необмеженої та обмеженої розчинності. Класифікація проміжних фаз за Курнаковим та Агеевим. Електронні сполуки. Фази Лавеса. Фаза проникнення.

2. Рівновага фаз. Рушійна сила фазових переходів. Фазові рівноваги у багатокомпонентних системах. Вплив викривлення поверхні на фазову рівновагу. Формула Томсона. Правило фаз. Фазові переходи I і II роду.

3. Мартенситні перетворення. Види термічної обробки. Метастабільний стан. Розпад пересичених твердих розчинів.

4. Діаграми рівноваги. Аналіз діаграм стану з евтектичним, перитектичним, монотектичним, синтектичним та метатектичним перетвореннями, а також діаграм типу "Сигара". Діаграми стану з евтектоїдним, перитектоїдним та монотектоїдним перетвореннями.

5. Кінетика фазових перетворень. Кристалізація. Гомогенне та гетерогенне утворення центрів кристалізації. Робота утворення критичного зародка. Форма та швидкість утворення центрів кристалізації.

6. Механізми та кінетика росту кристалів. Дифузійна задача росту кристалів (задача Стефана про промерзання, задачі росту кулі).

7. Дифузія в металах та сплавах. Атомна теорія дифузії. Постулати Онзагера. Дифузія проти градієнта концентрації.

8. Переходи метал-діелектрик в системі електронів. Перехід Андерсона. Край рухливості в електронному спектрі. Перехід Мотта. Флуктуації. Тверді розчини та проміжні фази.

#### **VII. Надпровідність**

Основні властивості надпровідників. Ефект Мейснера. Надпровідники I і II роду. Основи мікроскопічної та термодинамічної теорій. Куперовські пари. Енергетична щільність і квазічастинки в надпровіднику. Тунельний ефект. Ефект Джозефсона. Високотемпературна надпровідність.

#### **VIII. Експериментальні методи фізики твердого тіла**

Рентгенографія – методи досліджень ідеальної та реальної структури.  
Електроннографія та електронна мікроскопія.

Нейтроннографія: пружне та непружне когерентне розсіювання,  
дослідження магнітних структур і фононних спектрів.

Електричні та гальваномагнітні вимірювання як методи вивчення  
електронної структури кристалів і складу домішок у напівпровідниках.

Оптичні методи досліджень: використання лазерних джерел світла.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров и др. Современная кристаллография. М.: Наука, 1980.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
3. Жданов Г.С., Хунджуа А.Г. Лекции по физике твердого тела. М., МГУ, 1988.
4. Харрисон У. Теория твердого тела. М., Наука, 1972.
5. Давыдов А.С. Теория твердого тела. М., Наука, 1976.
6. Задачи по физике твердого тела. Под ред. Г. Дж. Голдсмида. М., Наука, 1976.
7. Савельев И.В. Курс общей физики. М., Наука, 1979.
8. Смит Р. Полупроводники. М., Мир, 1982.
9. Салій Я.П., Чобанок В.М. Фізика твердого тіла. Спеціальний фізичний практикум. Івано-Франківськ, Плай, 2002.
10. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
11. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979.
12. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
13. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Статистическая физика. М.: Наука, 1976.
14. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Механика сплошных сред. М.: Наука, 1976.
15. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. т.1,2
16. А. Роуз-Инс, Е. Родерик. Введение в физику сверхпроводимости. М.: Мир, 1972.
17. Н. Мотт, З. Дзвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.; Мир, 1982. т.1, 2.