

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

ПРОГРАМА

**кандидатського іспиту зі спеціальності**

**01.04.07 - Фізика твердого тіла**  
(фізико-математичні науки)

Київ – 1999

## **I. Структура твердих тіл**

1. Кристалічні та аморфні тіла. Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браує. Індеси Мілера. Точкові і просторові групи. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Обернена ґратка. Зони Бріллюєна.

2. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення дислокацій в кристалах. Вплив радіаційних, механічних та термічних дій на реальну структуру твердих тіл.

3. 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.

4. 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 квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, маґнізи, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок.

2. Коливання кристалічної решітки - фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки, Дебайвська частота. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів. Ангармонізм та теплове розширення.

3. Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель, Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зона схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхність Фермі. Тензор ефек-

тивних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в невироджених напівпровідниках.

4. Явища в контактах. Потенціальні бар'єри. Контакт на різниця потенціалів. Струми, обмежені просторовим за рядом. Бар'єр Шотткі. Квазідвобірні системи в напівпровідниках: гетероструктури, МДН-структури (метал-діелектрик напівпровідник). Розмірне квантування електронного спектра.

5. Електронний спектр та густина станів електронів в квантуючому магнітному полі. Ефект де Гааза-ван Альфена. Спектр квазідвобірних електронів в поперечному квантуючому магнітному полі.

### **III. Електронні кінетичні властивості твердих тіл**

1. Кінетичні рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах. Електрон-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.

2. Напівпровідники. Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній. Домішкові рівні. Донори та акцептори, р-п-переходи. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Гана.

3. Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.

### **IV. Оптичні та магнітні явища твердих тіл**

1. Атомний магнетизм. Магнітні властивості слабомагнітних 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. Багатофононні процеси. Комбінаційне розсіювання світла в кристалах. Поглинання

зв'язаними носіями. Правила відбору. Міжзонні прямі та непрямі переходи. Люмінесценція кристалів. Рекомбінаційне випромінювання в діелектриках та напівпровідниках. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери. Різні типи ОКГ та принцип їх дії.

3. Діамагнетизм вільного електронного газу. Спіновий парамагнетизм. Закон Кюрі. 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 Агеєвим. 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. Дифузійні та без-дифузійні перетворення у двокомпонентних системах. Мартенситні перетворення. Види термічної обробки. Метастабільний стан. Розпад пересичених твердих розчинів.

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

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

утворення центрів кристалізації. Залежність швидкості утворення та швидкості росту центрів кристалізації від переохолодження. Направлена кристалізація та концентраційне переохолодження. Ліквіаційна мікронеоднорідність. Концентраційні неоднорідності при дендритній кристалізації. Механізми та кінетика росту кристалів. Дифузійна задача росту кристалів ( задача Стефана про промерзання, задачі росту кулі).

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

6. 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. Електронографія та електронна мікроскопія. Нейтронографія, 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.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров и др. Современная кристаллография. М.: Наука, 1980.
2. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
3. В.Л. Бонч-Бруевич. С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М.; Наука, 1967.
4. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М.; Наука, 1979
5. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
6. Л. Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Статистическая физика. М.; Наука, 1976.
7. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Механика сплошных сред. М.: Наука, 1976.
8. У. Узрт, Р. Томсон, Физика твердого тела. М.; Мир, 1969.
9. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. т.1,2
10. А. Роуз-Инс, Е. Родерик. Введение в физику сверхпроводимости. М.; Мир, 1972.
11. Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Зллис. Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: Мир. 1967.
12. Н. Мотт, З. Дэвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.; Ми.р, 1982. т.1, 2