

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА
ім. І.М. ФРАНЦЕВИЧА

ПРОГРАМА
вступного іспиту в аспірантуру
із спеціальності
105 „Прикладна фізика та наноматеріали”

Затверджена Вченою радою
ІПМ НАН України
від 29.06.2016р., протокол № 6

КИЇВ-2016

1. СТРУКТУРА ТВЕРДИХ ТІЛ

Ідеальний кристал. Кристалічна гратка, базис, елементарна комірка, примітивна комірка, комірка Вігнера-Зейтца.

Операції симетрії кристалічних структур. Трансляція, точкові операції симетрії, точкова група симетрії.

Класифікація ґраток Браве та кристалічних структур. Сингонії.

Індекси Міллера. Положення та позначення площин, напрямків та вузлів елементарної ґратки в кристалі.

Відбиття рентгенівських променів від атомних площин. Закон Брегга.

Обернена ґратка. Об'єм елементарної комірки. Перша зона Брілюена.

Методи дослідження кристалічних структур. Використання електронів, нейтронів, рентгенівських променів для дослідження кристалів. Метод Лауе, метод обертання кристала, метод коливань, метод порошку.

2. ДИНАМІКА КРИСТАЛІЧНОЇ ГРАТКИ

Типи зв'язку в кристалах. Метали, іонні кристали, ковалентні кристали, молекулярні кристали. Класична теорія гармонічних коливань. Теплоємність класичного кристала. Закон Дюлонга–Пті. Пружні властивості кристалів.

Фоони та коливання ґратки. Спектр фоонів. Теплоємність кристалів при різних температурах. Моделі Ейнштейна та Дебая. Температура Дебая. Фактор Дебая-Уоллера.

Фоони в металах. Закон дисперсії фоонів. Експериментальне визначення закону дисперсії.

Ангармонічні ефекти. Стала Грюнайзена. Теплопровідність ґратки.

Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення сильного та слабого зв'язку. Зонна модель та типи хімічного зв'язку у твердих тілах. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність. Поверхня Фермі, її приклади у різних кристалічних структурах. Методи дослідження.

Електронний спектр та густина станів електронів у квантуючому магнітному полі. Ефект де Гааза-ван Альфена.

3. ДЕЯКІ ПИТАННЯ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ

Основні питання квантової механіки. Хвильова функція вільної частинки. Принцип невизначеності Гейзенберга. Рівняння Шредінгера і його фізичне розуміння. Розв'язок рівняння Шрьоденгера в найпростіших випадках – прямокутна потенційна яма, гармонічний осцилятор і проходження частинки через потенційний бар'єр. Спін електрона. Принцип Паулі.

4. ЕЛЕКТРОННА ТЕОРІЯ ТВЕРДИХ ТІЛ

Класична електронна теорія. Закон Відемана–Франца. Статистика Максвелла-Больцмана і Фермі–Дірака. Енергія, теплоємність і магнетизм електронного газу. Кінетичне рівняння Больцмана. Електро- і теплопровідність газу вільних електронів. Час релаксації і довжина вільного пробігу електронів.

Рух електрона в періодичному полі. Опис енергетичного стану кристалу за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Теорема Блоха. Густина станів. Ефективна маса електронів. Електрони і дірки. Зони Брілюєна. Щільність електронних станів. Поверхня Фермі і експериментальні методи визначення її форми. Діелектрики, напівпровідники, метали.

Надпровідність. Основні властивості надпровідників. Надпровідники I та II роду. Ефект Мейсснера. Вихрові структури. Куперівські пари. Тунельний ефект та ефект Джозефсона.

Основні експериментальні методи дослідження електронної структури твердих тіл. Гальваномагнітні явища. Термоелектричні і термомагнітні ефекти. Рентгенівська і електронна спектроскопія. Електронний парамагнітний резонанс.

5. ДЕФЕКТИ КРИСТАЛІЧНОЇ БУДОВИ ТВЕРДИХ ТІЛ

Точкові дефекти – атоми заміщення, атоми проникнення, вакансії. Вплив точкових дефектів на фізичні властивості твердих тіл. Відпал дефектів.

Дислокації, двійникові границі, дефекти пакування. Вектор Бюргерса. Пружні властивості дислокацій. Утворення і розмноження дислокацій. Рух дислокацій в кристалах.

Експериментальні методи вивчення недосконалої кристалічної будови. Метод ямок травлення і оптична мікроскопія. Рентгенівська дифракційна топографія. Внутрішнє тертя в металах.

6. ТЕРМОДИНАМІКА ТА ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ

Термодинамічні величини. Температура. Тиск. Робота і кількість тепла.

Рівновага фаз. Правило фаз Гібса. Діаграми рівноваг.

Тверді розчини (типи та структура). Проміжні фази.

Фазові перетворення. Кристалізація. Впорядкування. Розпад твердих розчинів. Термодинаміка та кінетика перетворення (основні характеристики). Механізми перетворення.

Методи термодинамічного дослідження.

7. МІЦНІСТЬ І ПЛАСТИЧНІСТЬ ТВЕРДИХ ТІЛ

Дислокаційна теорія межі текучості і її температурної залежності. Напруга Пайерсла-Набарро. Дислокаційні уявлення про деформаційне зміцнення і знеміцнення під час відпалу. Явище полігонізації і рекристалізації.

Високотемпературна міцність металів і сплавів.

Холодноламкість металів.

Вплив структурних факторів на механічні властивості. Дисперсійне зміцнення. Надпластичність металів і сплавів.

Вплив легуючих і домішкових елементів на міцнісні і пластичні властивості металів. Теоретична міцність металів.

Методи механічних і мікроскопічних досліджень матеріалів.

8. ДИФУЗИЯ В МЕТАЛАХ І СПЛАВАХ

Основні закони дифузії. Кінетика і механізм дифузії атомів в твердих тілах. Температурна залежність коефіцієнта дифузії. Самодифузія. Дифузія по границях зерен. Термодифузія і електроперенесення іонів в твердих тілах. Фактори, які впливають на швидкість дифузії.

Експериментальні методи визначення параметрів дифузії.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. Изд. 4-ое. М.: Наука, 1978.
2. Гроссе П. Свободные электроны в твердых телах. М.: Мир, 1982.
3. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Электронная структура металлов. М.: изд. МГУ, 1973.
4. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. М.: Атомиздат, 1976.
5. Френкель Я.И. Введение в теорию металлов. М.: Наука, 1972.
6. Мишин Д.Д. Магнитные материалы. М.: Высшая школа, 1981.
7. Халл Д. Введение в дислокации. М.: Атомиздат, 1963.
8. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.
9. Смирнов А.А. Молекулярно-кинетическая теория металлов. Москва, Наука. 1966.
10. Физическое металловедение /под ред. Р.Кана и П. Хаазена. М.: Металлургия, 1987.
11. Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. М.: Мир, 1978.
12. Роуз-Инс А., Родарик Е. Введение в физику сверхпроводимости. Москва: Мир, 1978.
13. Лифшиц В.Г., Кропошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1980.
14. Избранные методы исследования в металловедении \ под ред. Г.Й.Хунгера. М.: Металлургия, 1985.
15. Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. М.: Металлургия, 1973.
16. Хирш П., Хови А., Николсон Р., Пэшли Д., Уэлан М. Электронная микроскопия тонких кристаллов. М.: Мир, 1968.
17. Томас Г., Гориндж М. Дж. Просвечивающая электронная микроскопия материалов. М.: Наука, 1983.
18. Русаков А.А. Рентгенография металлов (учебник для вузов). М.: Атомиздат, 1977.
19. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. Пер.с англ. Под ред. М.П. Шаскольской. М.: Мир, 1974.
20. Фридель Ж. Дислокации. М.: Мир, 1967
21. Котрелл А.Х. Строение металлов и сплавов. М.: Металлургиздат, 1959.
22. Шапошников Н.А. Механические испытания металлов. М.: Машгиз, 1954.
23. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов В.И., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная спектроскопия. М.: "Металлургия", 1982.