

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

ПРОГРАМА

вступного іспиту в аспірантуру

із спеціальності

105 “Прикладна фізика та наноматеріали”

Програма: «Прикладна фізика та наноматеріали»

**Затверджена Вченою радою
ІІМ НАН України
02.07.2024 р., протокол № 9**

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 Брілюєна.

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.

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

Фонони в металах. Закон дисперсії фононів. 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 Шредінґера і його фізичне розуміння. Розв'язок рівняння Шрьоденґера 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 Мейснера. Вихрові структури. Куперівські пари. Тунельний ефект та ефект Джозефсона.

Основні експериментальні методи дослідження електронної структури твердих тіл. Гальваноманітні 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. ДИФУЗІЯ 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. Поплавко Ю. М. Фізика твердого тіла. [в 2-х томах] / Ю. М. Поплавко; КПІ ім. Ігоря Сікорського.- Київ: Політехніка, 2017. – 416 с.
2. Поплавко Ю.М. Фізичне матеріалознавство: навч. посіб. / Ю.М. Поплавко, Л.П.Переверзева, В.І. Ільченко, О.С. Воронов, Ю.І. Якименко. – К.:НТУУ «КПІ», 2011: Частина 1. Перспективні напрями матеріалознавства – 302 с.; Частина 2. Діелектрики – 392 с.; Частина 3. Провідники і магнетики -372 с.; Частина 4. Напівпровідники – 336 с.
3. Третяк О.В., Лозовський В.З. Основи фізики напівпровідників: Підручник: У 2 т. – К.: Видавничо-поліграфічний центр; Київський університет, 2007. – Т. 1. – 338 с.
4. Поплавко Ю. М. Фізика діелектриків: підручник – К. : НТУУ «КПІ», 2015. –572 с.
5. Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. Фізика твердого тіла: навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. –413 с.