

Електронна структура та властивості низькорозмірних систем

Білет 1.

ЕЛЕКТРОННІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ. Модель Друде. Принцип Паулі та електронні стани. Статистика Фермі та модель Зоммерфельда. Проблеми теорій Друде та Зоммерфельда. Модель желе. Теорія подвійного шару.

Білет 2.

ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА КРИСТАЛІВ. Поняття кристалічної ґратки. Обенена ґратка та зона Брілюена. Електрони у періодичному потенціалі. Теорема Блоха. Наближення слабого потенціалу. Зонна щільність. Metali та діелектрики. Густина електронних станів. Поверхня Фермі.

Білет 3.

ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА ТА ТРАНСПОРТНІ ВЛАСТИВОСТІ. Напівкласична модель. тау-наближення. Електропровідність. Вплив магнітного поля. Ефект Хола у сильних та слабких магнітних полях та магнетоопір. Осциляції коефіцієнта Хола. Ефект де Гааза - ван Альфена.

Білет 4.

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОННОЇ СТРУКТУРИ. Метод сильного зв'язку. Експериментальне визначення коефіцієнтів перескоку. Функції Ваньє. Метод комірок. Методи псевдопотенціалу. Методи розрахунку "з перших принципів": теорія функціоналу густини.

Білет 5.

ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА НИЗЬКОВИМІРНИХ СИСТЕМ. Густина електронних станів одно-, дво- та тривимірних металів. Вплив розмірності на електронну структуру. Розмірні переходи. Ефекти електронної локалізації. Властивості шарованих структур.

Білет 6.

ПОВЕРХНЕВІ СТАНИ. Робота виходу та поверхневий бар'єр. Подвійний шар просторового заряду. Поверхневі електронні стани. Взаємодія локальних електронних станів з енергетичними зонами. Сорбція. Впорядковані поверхні.

Білет 7.

ФОРМАЛІЗМ ФУНКЦІЙ ГРІНА. Проблема багатьох тіл. Поняття сильних кореляцій. Метод канонічних перетворень. Від електронного газу до електронної рідини. Фермі-рідина. Поняття квазічастинок. Критерії існування квазічастинок. Власна енергія. Співвідношення Крамерса-Кроніга.

Білет 8.

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ФЕЙМАНІВСЬКИХ ДІАГРАМ. Побудова одночасткової функції Гріна. Рівняння Дайсона. Вакуумна амплітуда. Енергія основного стану. Двохчасткова функція Гріна. Поляризаційна функція Гріна. Функція Ліндхардта. Функція Гріна та вакуумна амплітуда при кінцевих температурах.

Білет 9.

МОТ-ХАБАРДІВСЬКІ СИСТЕМИ ТА ВАЖКІ ФЕРМІОНИ. Перехід метал-діелектрик у низьковимірних системах. t - J модель. Нецентросиметричні метали. Важкі ферміони та надпровідність. Надпровідність та феромагнетизм. Орбітальне та зарядове впорядкування. Кондо-дефекти та Кондо-системи.

Білет 10.

ХВИЛІ ЗАРЯДОВОЇ ГУСТИНИ (CDW). Теорія електронної нестабільності одновимірних металів. Перехід Паерлса. Аномалія Кона. Роль флуктуацій. Проблема дво-вимірних системи. Реальні матеріали з CDW. Експериментальне спостереження хвиль зарядової густини в одно- та дво-вимірних системах.

Білет 11.

ВТНП КУПРАТИ. Надпровідність у купратах, огляд експериментальних результатів. Фазова діаграма та електронна структура. d -симетрія. Надпровідна щілина та псевдо-щілина. Спін-разядове розділення. Аналіз та класифікація просторових неоднорідностей. Структура магнітного спектру. Можливі механізми ВТНП.

Білет 12.

НАДПРОВІДНІСТЬ В АРСЕНІДАХ ТА ІНШИХ СИСТЕМАХ. Надпровідність у двовимірних металах. Нові Fe-As-надпровідники. Фазова діаграма. Електронна структура і магнітне впорядкування. Співіснування надпровідності і магнетизму. Можливі механізми.

Білет 13.

КВАНТОВИЙ ЕФЕКТ ХОЛА. Цілочисельний квантовий ефект Хола. Роль домішок. Дробовий квантовий ефект Хола. Функція Лафліна та елементарні збудження. Еніони. Підсумковий огляд низьковимірних систем з особливими електронними властивостями.

Білет 14.

ПОВЕРХНЕВІ ТА КОНТАКТНІ ЯВИЩА У НАПІВПРОВІДНИКАХ. Природа поверхневих електронних станів. Приповерхнева область просторового заряду (ОПЗ). Вплив поверхневого розсіювання на явища переносу. Квантові ефекти в приповерхневій області.

Білет 15.

ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ТА ОПТИЧНІ ЯВИЩА В ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ НАПІВПРОВІДНИКІВ. Вплив поверхні на фотопровідність напівпровідників. Вплив ОПЗ. Фотоелектромагнітний ефект. Вплив рекомбінації на поверхні та в ОПЗ на фотолюмінісценцію

Фізичні методи дослідження матеріалів

Білет 1.

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДИК. Необхідність досягнення ультрависокого вакууму у сучасному експерименті та методи його отримання. Дослідження кристалічної структури поверхні дифракційними методами. Огляд фотоемісійних методів дослідження електронної структури. Рентгенівська фотоемісійна дифракція. Інші методи дослідження електронних властивостей поверхні.

Білет 2.

ДИФРАКЦІЯ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ (LEED). Спостереження процесів рекомбінації, структурних переходів та виникнення надструктур у дифракційних спектрах. Поняття LEED-стану як оберненого процесу фотоемісії та визначення дисперсійних залежностей.

Білет 3.

СПЕКТРОСКОПІЧНІ МЕТОДИ. Класифікація спектроскопій за типами збуджень та детектування. Field-emission microscopy (FEM) and Field ion microscope (FIM). Thermal desorption spectroscopy (TDS) or Temperature programmed desorption (TPD). Quadrupole mass spectrometer (QMS). Rutherford backscattering spectrometry (RBS) and Secondary-ion mass spectrometry (SIMS).

Білет 4.

ТУНЕЛЬНА СКАНУЮЧА МІКРОСКОПІЯ (STM) ТА СПЕКТРОСКОПІЯ (STS). Топографія та спектрокопія. Тунельні спектри надпровідників. STS і квантова інтерференція. Квантові корали та моноатомна спектроскопія.

Білет 5.

ФОТОЕЛЕКТРОННА СПЕКТРОСКОПІЯ З КУТОВИМ РОЗДІЛЕННЯМ (ARPES). Шлях від фотоэффекту до сучасного ARPESy. Спектральна функція. Визначення параметрів взаємодії за спектрами ARPES. ARPES та STS — два різні погляди на густину електронних станів. Зв'язок з транспортними електронними властивостями.

Білет 6.

ФІЗИЧНІ ЯВИЩА У ВИСОКИХ МАГНІТНИХ ПОЛЯХ. Як отримати сильне магнітне поле. Типи магнітів: резистивні, надпровідні, гібридні, імпульсні. Чому ми хочемо мати високі магнітні поля. Квантовий ефект Холла. Квантування Ландау. Коливання Шубнікова де Гааза. Квантові коливання в органічному металі. Фаза Шубнікова у надпровідниках. Циклотронний резонанс.

Білет 7.

ТВЕРДІ ТІЛА З ТОЧКИ ЗОРУ СПЕКТРОСКОПІЇ. High field FT-FIR transmission setup. Лазери на вільних електронах. THz гар. ЕПР. Торк-експеримент. Спектри ЕПР в імпульсних полях. Інфра-червона спектроскопія та ЕПР.