

Загальні відомості про курс:

Курс лекцій за програмою підготовки магістрів.

Всього 34 год. лекцій.

Курс передбачає лекції, розгляд ряду експериментальних і теоретичних робіт з поточної наукової літератури за тематикою курсу, самостійну роботу студентів.

Викладач: Проф., д.ф.-м.н. С.М.Рябченко

Короткий зміст та мета курсу:

Сучасна фізика магнітних явищ становить один з самостійних розділів фізики взагалі, а також основу для цілого ряду практичних застосувань. Водночас, методи досліджень, пов'язані з поведінкою твердих тіл у магнітному полі, дослідженні квантових переходів між станами, що виникають у магнітному полі, впливу поля на спектральні, теплові, механічні властивості твердих тіл дають потужний інструмент з'ясування природи взаємодій, що визначають властивості речовини та можливості їх застосування у різноманітних функціональних пристроях.

Пропонований курс включає в себе систематизоване викладення основ фізики магнітних явищ у її застосуванні до досліджень твердих тіл і передбачає як розгляд теоретичної основи явищ, так і огляд експериментальних методів у їх конкретному застосуванні до сучасних наукових досліджень і практичних використань.

Курс розрахований на майбутніх спеціалістів зайнятих науковою діяльністю насамперед у галузі досліджень низькотемпературних властивостей твердих тіл та пристроїв функціональної електроніки на їх основі.

Зміст курсу:

1. Вступ (2 г.). Предмет курсу. Загальний огляд головних напрямків фізики магнітних явищ. Релятивістська природа магнетизму. Магнітні властивості електронів і ядер. Локалізований електрон у магнітному полі. Орбітальний момент; спін; гіпотеза про магнітний монополь. Ван-Флеківський парамагнетизм. Діамагнетизм. Джерела різниці магнітних властивостей систем вільних електронів, систем локалізованих електронів, та систем, що суміщають локалізовані і делокалізовані носії заряду. Спільність та різниця іон-іонної та носій-іонної обмінних взаємодій. Системи з орієнтаційним парамагнетизмом і ван-флеківським парамагнетизмом.

2. Магнітні властивості систем делокалізованих електронів (6 г.). Фермі-рідина; сила Лоренця; векторний потенціал e/m поля та його внесок до імпульсу. Парамагнетизм Паулі. Квантування Ландау; квантові стани Ландау у координатному та імпульсному просторі; квантування орбіт; квантування магнітного потоку. Діамагнетизм Ландау. Електромагнітні переходи між рівнями Ландау; циклотронний (діамагнітний) резонанс в металах і в напівпровідниках; перерізи Фермі-поверхні. Квантовий і ультраквантовий ліміти. Діамагнітні екситони у напівпровідниках. Гальваномагнітні осциляційні ефекти Шубнікова – Де-Гааза та Де-Гааза – Ван Альфена. Ефект Холла в тривимірних і двовимірних системах. Квантовий ефект Холла; методи його експериментального виявлення; вимоги до зразків. Елементи теорії цілочисленого та нецілочисленого КЕХ; Заповнення рівнів Ландау; локалізовані та делокалізовані стани

електронів у двовимірній системі; особливості проблеми локалізації у 1-му, 2-х та 3-х вимірних системах. Кулонівські міжелектронні кореляції у ультраквантовому ліміті; модель Лафліна.

3. Локалізовані магнітні моменти в твердих тілах (4 г.). Моменти вільного іону, їх складання. Перехідні іони. Взаємодія іонів з локалізованими моментами. Можливість впорядкування в системі локалізованих моментів. Ядерні моменти; надтонка взаємодія і квадрупольна взаємодія в вільному іоні; ці ж взаємодії для іону в твердому тілі. Відновлення густини хвильової функції електрона центру забарвлення по вимірах його надтонкої взаємодії з ядрами оточення. Електронні стани перехідних іонів в кристалічному полі. Основні уявлення теорії кристалічного поля. Метод еквівалентних операторів. Спін-гемільтоніан. Спін-спінова взаємодія; методи її опису. Спін-граткова взаємодія і релаксація; основні механізми. Симетрія розташування парамагнітного центру в кристалі. Стани з спонтанним пониженням локальної симетрії. Статичний та динамічний ефект Яна-Теллера.

4. Методи магнітного резонансу та їх застосування (6 г.). Принцип магнітного резонансу, його різновиди. Огляд загальних рис та відмінностей різних магніторезонансних методів, їх можливостей. Основні поняття; рівняння Блоха; подовжня і поперечна релаксації, насичення. Огляд експериментальних методів: ядерний магнітний резонанс високої та низької роздільності; ядерний квадрупольний резонанс; електронний парамагнітний резонанс; подвійний електронно-ядерний резонанс; принцип спінової луни; імпульсні методи в магнітних резонансах; магніторезонансна томографія і її медичні використання. Окремі питання техніки магніторезонансних методів. Оптичні методи детектування магнітного резонансу; їх переваги і обмеження. Спін-залежна рекомбінація фотозбуджень в напівпровідниках і детектування магнітного резонансу по спін-залежній провідності.

5. Магнітні властивості речовин з високою концентрацією магнітних іонів (6 г.). Обмінна взаємодія. Наближення середнього поля. Функція Бріллюена. Магнітне впорядкування. Елементарні уявлення про спінові хвилі. Феро-, фері- та антиферомагнетики. Спінове скло. Огляд різноманітності видів магнітного впорядкування в твердих тілах (класифікація, термінологія, зміст).

Додаткове включення до теми: Фазові переходи і їх класифікація. Основи теоретичних уявлень. Поняття параметру порядку. Природа критичного стану. Принцип масштабної інваріантності та його використання. Поняття прафази. Спонтанне пониження симетрії. Стани з хвилями спінової густини, зарядової густини. Неспіврозмірні фази. Основні уявлення опису магнітовпорядкованого стану. Проблема просторового виродження стану з векторним параметром порядку. Термодинамічний потенціал магнітовпорядкованої системи. Магнітопружність; магнітопружні хвилі. Зняття просторового виродження через спонтанне пониження симетрії завдяки магнітопружній взаємодії. Основні уявлення про природу та типи виникнення доменів. Термодинамічна рівноважність і незворотність. Феро- та антиферомагнітні резонанси.

6. Ефекти носій-іонної обмінної взаємодії в твердих тілах (6 г.). Співіснування вільних і локалізованих магнітних моментів в твердих тілах та взаємодія між ними. Магнітні метали; магнітні та магнітозмішані (напівмагнітні, розчинені магнітні) напівпровідники. Гігантське спінове розщеплення електронних станів. Спектроскопічні прояви. Магнітні полярони. Флуктуаційний внесок в магнітополяронну енергію. Автолокалізація. Методи експериментальних досліджень. Можливість впорядкування локалізованих моментів через взаємодію з делокалізованими. RKKI – взаємодія і ефект середнього поля. Напівпровідникові гетероструктури; квантові ями; КЯ на основі магнітозмішаних напівпровідників. Розсіювання носіїв в системах з носій-іонною

обмінною взаємодією. Ефект Кондо. Уявлення про модель Хаббарда. Спін-залежні явища при взаємодії е/м випромінювання з напівпровідниками і діелектриками.

7. Магнітні властивості надпровідників (4 г.). Ефект Мейснера та його феноменологічне пояснення. Надпровідники I-го та II-го роду. Критичні магнітні поля. Квантування магнітного потоку у надпровіднику. Надпровідник I-го роду у полі близькому до критичного. Проміжний стан, домени. Вихорі Абрикосова у надпровідниках II-го роду. Вихорові ґратки. Методи їх досліджень. Магнітний резонанс у надпровідниках. Огляд результатів магніторезонансних досліджень високотемпературних надпровідників.

Передумова:

Базові курси:

- Квантова механіка;
- Основи фізики твердого тіла;

ЛІТЕРАТУРА:

1. В.Г. Барьяхтар, Б.А. Иванов, "Магнетизм. Что это?", Киев, Наукова думка, 1981.
2. Ч. Киттель, "Введение в физику твердого тела", Москва, Наука, 1978 (гл. 7,8,12,16,17).
3. С.В. Вонсовский, "Магнетизм", Москва, Наука, 1971.
4. Ч. Сликтер, "Основы теории магнитного резонанса", Москва, Мир, 1977.
5. Дж. Пейк, "Парамагнитный резонанс", Москва, Мир, 1965.
6. М. Фишер, "Природа критического состояния", Москва, Мир, 1968.
7. К.М. Херд, "Многообразие видов магнитного упорядочения", УФН, т.142, с.331, 1984.
8. Ж. Винтер, "Магнитный резонанс в металлах", Москва, Мир, 1976.