

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ім. Б.І. ВЕРКІНА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

М.І. Глушук
« 16 » 2020 р.



ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

Спектроскопічні методи дослідження твердих тіл

(назва навчальної дисципліни)

з галузі знань «10 Природничі науки»
за спеціальністю «104 Фізика та астрономія»
та
з галузі знань «14 Фізика»
за спеціальністю «142 Фізика твердого тіла»,

<i>Рівень вищої освіти</i>	<u>третій (освітньо-науковий)</u>
<i>Освітня програма</i>	<u>доктор філософії</u>
<i>Форма навчання</i>	<u>денна</u>
<i>Загальний обсяг у кредитах</i>	
<i>Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи:</i>	<u>4 кредити ЄКТС</u>

Харків - 2020

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО:

Фізико–технічним інститутом низьких температур ім. Б. І. Веркіна
Національної академії наук України
(повне найменування вищого навчального закладу)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Гречнєв Геннадій Євгенович - доктор фізико-математичних наук, професор, заступник директора Фізико–технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України.

Найдюк Юрій Георгійович - доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу мікроконтактної спектроскопії Фізико–технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України.

Програма затверджена Вченою радою Фізико–технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України, «__» _____ 2020 р., протокол №

1. Опис навчальної дисципліни

<i>Найменування показників</i>	<i>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</i>	<i>Характеристика навчальної дисципліни</i>
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів – 4	Галузі знань: - «10 Природничі науки»	
Загальна кількість годин – 120 (36 аудиторних)	Спеціальності: - «104 Фізика та астрономія»	
Тижневих годин для денної форми навчання аудиторних – 2 самостійної роботи здобувача – 8	Освітньо-науковий рівень: доктор філософії	<i>Лекції, годин</i>
		30
		<i>Семінари, годин</i>
		6
		<i>Самостійна робота, годин</i>
		84
		<i>Вид контролю</i>
		іспит

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни “Спектроскопічні методи дослідження твердих тіл” є формування у майбутнього науковця поняття теорії електронних і фононних спектрів твердих тіл і експериментальних методів їх дослідження, ознайомити аспірантів з сучасним станом фізики твердого тіла, надати інформацію про сучасні методи експериментального дослідження електрон-фононної взаємодії, надпровідних, оптичних та магнітних властивостей твердих тіл. Завданням курсу є формування вміння у аспірантів проводити аналіз різноманітних властивостей твердих тіл на основі електронних та фононних спектрів кристалів, класифікації спектрів квазічастинок та колективних збуджень, правил відбору при оптичних переходах. В результаті вивчення даного курсу аспірант повинен знати основні поняття предмету, викладені у програмі курсу; пояснювати основні принципи та використовувати вивчені експериментальні методи досліджень у процесі виконання дисертаційної роботи.

Після завершення курсу аспірант повинен:

Знати:

- основи теорії енергетичних спектрів електронів і фононів в твердих тілах;
- особливості і механізми електрон-фононної взаємодії в твердих тілах;
- основні положення квантової теорії і статистичної фізики кристалічних систем;
- основні методи створення точкових контактів для отримання мікроконтактних спектрів;
- фізичні основи сучасних методів дослідження спектрів електронів провідності і фононів;
- основні методи квантових обчислень спектрів електронів провідності;
- особливості зв'язку оптичних та магнітних явищ з електронною структурою твердих тіл.
- основи теорії надпровідності та методи дослідження надпровідного стану

Вміти:

- визначати напрямки актуальних досліджень та успішно вирішувати фізичні задачі в рамках своєї спеціальності, використовуючи знання надані прослуханим курсом;

- знаходити додаткову навчальну і поточну наукову літературу стосовно спектроскопічних методів дослідження твердих тіл та отримувати актуальну інформації щодо сучасного стану справ в рамках своїх наукових інтересів.

- використовувати засвоєне теоретичне підґрунтя та викладені експериментальні методи у самостійній науковій роботі.

Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі **програмні результати навчання:**

знання:

- 1) здобуття поглиблених знань і розумінь в фізиці та споріднених областях, включаючи методики проведення експериментів та/або теоретичних наукових досліджень (ПРН-1.1);
- 2) здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації (ПРН-1.2);
- 3) здатність ясно та ефективно описувати результати наукової роботи (ПРН-1.3);
- 4) здатність вести спеціалізовані наукові семінари та публікувати наукові статті в вітчизняних та закордонних наукових журналах (ПРН-1.4);
- 5) здатність робити огляд та пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, он-лайн ресурси (ПРН-1.5);
- 6) здатність підготувати та успішно захистити дисертаційну роботу на основі індивідуальних досліджень (ПРН-1.6);
- 7) досягнення відповідних знань, розумінь та здатностей використання методів аналізу даних та статистики на найбільш сучасному рівні (ПРН-1.7).

уміння:

- 1) здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел (ПРН-2.1);
- 2) самостійно планувати та виконувати експерименти, оцінювати отримані результати (ПРН-2.2);
- 3) обирати методи і моделювати явища та процеси різної складності при вирішенні фізичних задач з урахуванням спеціалізації в конкретних галузях фізики конденсованого стану (ПРН-2.3);
- 4) поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціалізації з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів (ПРН-2.4);
- 5) застосовувати знання і розуміння для розв'язування задач синтезу та аналізу елементів та систем, характерних обраній спеціалізації (ПРН-2.5);
- 6) ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди (ПРН-2.6);
- 7) застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв'язання науково-дослідних завдань з обраної спеціалізації та проведення досліджень (ПРН-2.7);
- 8) аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення (ПРН-2.8);
- 9) підготувати запит на отримання фінансування, звітну документацію (ПРН-2.9).
- 10) формулювати науково і технічно значиму проблематику, володіти різними формами її публічної презентації (он-лайн презентації, публічні лекції, науково-популярні тексти тощо) (ПРН-2.10).

Здобути комунікативні навички та набути навичок працювати автономно і відповідально:

- 1) ефективно спілкуватись на професійному та соціальному рівнях, включаючи усну та письмову комунікацію іноземною мовою (ПРН-3.1);
- 2) кваліфіковано представляти та обговорювати отримані результати та здійснювати трансфер набутих знань (ПРН-3.2).
- 3) здатність адаптуватись до нових умов та самостійно приймати рішення (ПРН-4.1);
- 4) здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань (ПРН-4.2);

- 5) здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики (ПРН-4.3);
- 6) здатність самовдосконалюватися, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття експертних рішень (ПРН-4.4);
- 7) здатність демонструвати розуміння засад охорони праці, електробезпеки та їх застосування (ПРН-4.5).

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у аспірантів загальних та фахових **компетентностей**:

- ЗК-1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК-2 Здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
- ЗК-5 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації;
- ЗК-8 Здатність бути критичним і самокритичним;
- ЗК-9 Здатність до практичного застосування знань;
- ЗК-10 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- ЗК-11 Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК-12 Здатність до наукового мислення, зокрема володіння загальнонауковими (філософськими) компетентностями, спрямованими на формування системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного кругозору.
- ЗК-13 Здатність дотримуватись морально-етичних правил поведінки, а також академічної доброчесності, характерних для учасників академічного середовища.
- ФК-1 Концептуальні та методологічні знання щодо історії розвитку та сучасного стану наукових досліджень з основних напрямів фізики.
- ФК-2 Поглибленні спеціалізовані знання з того напрямку сучасної фізики, який був обраний для проведення власного наукового дослідження, та розуміння сучасних фізичних теорій і методів, спроможність до їхнього аналізу та ефективного застосування в практиці наукової та науково-педагогічної діяльності і проведенні досліджень.
- ФК-4 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у фізиці і дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з фізики та суміжних галузей.
- ФК-6 Здатність самовдосконалюватися, презентувати результати досліджень фахівцям і нефахівцям.
- ФК-7 Здатність до формулювання наукових задач та планування стратегій їхнього розв'язання з можливістю інтеграції знань з різних наукових сфер та застосуванням системного підходу в практичній діяльності.
- ФК-10 Здатність підготувати та успішно захистити дисертаційну роботу на основі узагальнення власних експериментальних або теоретичних досліджень з фізики.
- ФК-11 Здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати комплексні аспекти при розв'язанні проблемних завдань та проведенні наукових досліджень.
- ФК-12 Знати та вміти застосовувати фундаментальні знання з фізики конденсованого стану для аналізу явищ та процесів, які відбуваються в твердих тілах і рідинах, знати основні закономірності утворення структури твердих тіл та взаємозв'язок структури з фізичними властивостями твердих тіл, вміти використовувати основні принципи сучасної фізики конденсованого стану до виконання конкретних науково-дослідних робіт зі спеціальності.
- ФК-14 Знати основні поняття теорії електронних і фононних спектрів твердих тіл і експериментальних методів їх дослідження, положення квантової теорії і статистичної фізики кристалічних систем та вміти проводити аналіз різноманітних властивостей твердих тіл на основі електронних та фононних спектрів кристалів.
- ФК-15 Знати сучасні підходи, моделі та методи теоретичного дослідження конденсованих середовищ (в першу чергу – в твердих тіл) і явищ, пов'язаних зі складною структурою цих середовищ. Вміти вирішувати конкретні задачі теоретичної і експериментальної фізики з використанням сучасних підходів, моделей та методів теоретичного дослідження.

ФК-17 Знати сучасний стан фізики магнітних явищ, зокрема при низьких температурах, сучасні методи експериментального дослідження магнітних систем, теоретичного опису квантових явищ фізики магнетизму та проблеми і перспективи розвитку фізики низькотемпературного магнетизму, основи побудови магнітних систем і експериментального устаткування; наукові принципи створення функціональних магнітних матеріалів та їх практичного застосування. Вміти аналітично описати властивості основних класів магнетиків а також експериментально визначити належність речовини до певного магнітного класу

ФК-18 Знати основні напрями досліджень і розробок в області низьких температур, сучасні методи отримання низьких і наднизьких температур, а також методи експериментального дослідження і аналізу властивостей низькотемпературних систем і явищ, термодинамічні основи охолодження та зрідження реальних газів, фізичні властивості кріогенних рідин та особливості роботи з ними, властивості речовин при низьких температурах та основні методи їх дослідження, методи та елементи низькотемпературної термометрії. Вміти обґрунтовано вирішувати фізичні задачі в рамках своєї спеціальності, використовуючи різнобічні міждисциплінарні знання з фізики низьких температур.

ФК-20 Знати молекулярну будову речовини та природу фізичних процесів на молекулярному рівні, зокрема, на рівні окремих молекул, сучасні актуальні напрями фундаментальних досліджень в області молекулярної фізики, молекулярної біофізики, нанофізики та нанобіофізики. Знати та вміти використовувати сучасні методи дослідження структури, маси, енергії та інших характеристик ізольованих молекул і їх міжмолекулярних взаємодій при самостійному виконанні конкретних науково-дослідницьких робіт.

Пререквізити

Для вивчення курсу необхідні базові знання з фізики твердого тіла, квантової механіки, атомної фізики, магнетизму, оптики, фізики напівпровідників та діелектриків.

Постреквізити

Основні положення навчальної дисципліни мають застосовуватися при проведенні власних наукових досліджень.

3. Анотація навчальної дисципліни

Курс «Спектроскопічні методи дослідження твердих тіл» є курсом зі спеціалізації, який узагальнює та систематизує знання аспірантів, отримані у інших курсах, а також знайомить з новими теоретичними і експериментальними методами дослідження енергетичних спектрів електронів провідності, фононів, а також електрон-фононної взаємодії.

4. Структура навчальної дисципліни

Тема 1. ЕЛЕКТРОННІ СПЕКТРИ АТОМІВ І ТВЕРДИХ ТІЛ; ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ФУНКЦІОНАЛУ ГУСТИНИ

Заповнення електронних оболонок. Іонний потенціал. Утворення кристалів з атомів. Квантова теорія майже вільних електронів. Періодичність кристалів і хвильові функції Блоха. Осередки Вігнера- Зейтца і зони Бріллюена. Ефективна маса зонних електронів. Зонна структура кристалів. Електрони як квазічастинки. Закон дисперсії електронів в кристалі. Густина електронних станів. Напівпровідники і ізолятори. Напівметали і метали. Поверхня Фермі. Електронна теплоємність металів. Методи розрахунку зонної структури. Напівемпіричні методи. Псевдопотенціали. Теорія функціоналу електронної і спінової густини. Самоузгоджені розрахунки з повним потенціалом. Методи розрахунків електронної структури систем з сильними кулонівськими кореляціями.

Тема 2. ВПЛИВ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОННОЇ СТРУКТУРИ НА ФІЗИЧНІ

ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ

Загальна характеристика сил міжатомної взаємодії. Енергія зв'язку кристалів. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Металеві кристали. Молекулярні кристали. Кристали з водневими зв'язками. Фононні спектри кристалів. Зонні електрони в зовнішніх полях. Основи електронної теорії електропровідності. Електронні спектри надпровідників. Електрони в зовнішньому магнітному полі: квантові осциляції. Оптичні збудження в кристалах. Спіновий парамагнетизм металів. Зонний феромагнетизм і антиферомагнетизм. Основи теорії магнітного впорядкування. Магнітна сприйнятливність слабких магнетиків. Діамагнетизм електронів провідності

Тема 3. ТОЧКОВІ КОНТАКТИ - НОВИЙ ІНСТРУМЕНТ СПЕКТРОСКОПІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТВЕРДИХ ТІЛ

Балістичний режим. Формула Шарвіна. Функція розподілу електронів у балістичному контакті. Теорія Кулика-Омельянука-Шехтера (КОШ) нелінійної провідності балістичних контактів. Струмові режими у мікроконтактах. Мікроконтактна спектроскопія електрон-квазічастинкової взаємодії. Нерівноважні процеси в провідності мікроконтактів (МК), фонові складові. Ефект Кондо в провідності МК. Дослідження локальних та квазілокальних фононних збуджень. Двохрівневі системи (ДУС) в МК. Ефекти кристалічного поля та парамагнетизму збудження. Мікроконтактна спектроскопія сильнокорельованих електронних систем: високотемпературні надпровідники (ВТНП), системи з важкими ферміонами та змінною валентністю, диборид магнію та рідкоземельні нікель-борокарбідні сполуки

Тема 4. АНДРЕЄВСЬКА СПЕКТРОСКОПІЯ НАДПРОВІДНИКІВ

Транспорт електронів на межі розділу нормальний метал-надпровідник. Андреевське відбиття. Багатократне андреевське відбиття. Надлишковий та критичний струм. Дослідження надпровідної щільності методом андреевського відбиття. Теорія Блондера-Тінкхама-Клапвейка (БТК). Модифікована БТК модель для багатозонних надпровідників. Андреевська спектроскопія ВТНП та залізовмісних надпровідників, систем з важкими ферміонами, дибориду магнію, рідкоземельних нікель-борокарбідних сполук та інших актуальних надпровідників.

Тема 5. СПЕКТРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ МАТЕРІАЛІВ

Високотемпературні надпровідники, диборид магнію, залізовмісні надпровідники, системи з важкими ферміонами, сильнокорельовані електронні системи, рідкоземельні нікель-борокарбідні сполуки, системи з колосальним магнітопором, топологічні ізолятори, вейлівські та діраковські напівметали, низьковимірні шаруваті матеріали.

Теми лекційних занять

№	Назва лекції	Кількість годин
1	Електронна будова атомів і періодична система елементів	2
2	Квантова теорія майже вільних електронів	2
3	Зонна структура кристалів	2
4	Методи розрахунку зонної структури	2
5	Класифікація кристалів за типами зв'язку	2
6	Зонні електрони в зовнішніх полях	2
7	Оптичні спектри твердих тіл	2

8	Основи мікроконтактної спектроскопії.	2
9	Мікроконтактна спектроскопія електрон-квазічастинкової взаємодії.	2
10	Мікроконтактна спектроскопія сильнокорельованих електронних систем.	2
11	Основи мікроконтактної спектроскопії.	2
12	Мікроконтактна спектроскопія електрон-квазічастинкової взаємодії.	2
13	Мікроконтактна спектроскопія сильнокорельованих електронних систем.	2
14	Основи мікроконтактної спектроскопії.	2
15	Мікроконтактна спектроскопія електрон-квазічастинкової взаємодії.	2
	Разом	30

Теми семінарських занять

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Магнітні властивості вільних атомів. Правила Гунда.	1
2.	Балістичний режим. Формула Шарвіна. Струмові режими в мікроконтактах.	1
3.	Теорія КОШ нелінійної провідності балістичних контактів.	1
4.	Тепловий режим у мікроконтактах. Гетероконтакти	1
5.	Ефект Кондо у мікроконтактах	1
6.	Дослідження локальних та квазілокальних фононних збуджень та ДУС	1
	Разом	6

Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин
1	Ефекти кристалічного поля та парамагнетні збудження у мікроконтактах	10
2	Мікроконтактна спектроскопія ВТНП	10
3	Мікроконтактна спектроскопія систем з важкими ферміонами	10
4	Мікроконтактна спектроскопія залізовмісних надпровідників	10
5	Балістичний режим. Формула Шарвіна. Струмові режими в мікроконтактах.	10
6	Андреєвська спектроскопія систем з важкими ферміонами.	10
7	Андреєвська спектроскопія залізовмісних надпровідників.	8
8	Андреєвська спектроскопія дибориду магнію.	8
9	Андреєвська спектроскопія рідкоземельних борокарбідних сполук	8
	Разом	84

5. Методи навчання

МН1 – Лекції. Лекційний матеріал охоплює найбільш важливі та актуальні проблеми сучасних спектроскопічних методів дослідження твердих тіл науки. Деякі питання, що добре висвітлені в літературі, виносяться на самостійне вивчення.

МН2 – Семінарські заняття. Семінарські заняття передбачають самостійне вивчення аспірантами за завданням викладача окремих питань і тем лекційного курсу з наочним оформленням матеріалу у вигляді реферату, доповіді, повідомлення тощо. Семінарські заняття дають змогу викладачам ближче познайомитися з аспірантами, донести до них необхідну інформацію, а відтак перевірити, як вони засвоїли її, як користуються нею в навчальній і науковій роботі. Викладач має змогу враховувати теоретичну і практичну підготовку аспіранта, його індивідуальні особливості і здібності, що зумовлює підвищення рівня підготовки кожного аспіранта.

МН4 – Самостійна робота. Робота здобувачів носить в основному самостійний характер. Вони самостійно роблять пошук необхідної наукової літератури і опрацьовують її, консультуючись з викладачем. Таким чином вони поглиблюють набуті в процесі прослуховування лекцій знання. Основна увага приділяється формуванню та засвоєнню навичок самостійної підготовки для проведення запланованої дослідницької роботи.

МН3, МН5 – демонстрація презентацій, використання засобів мультимедіа, дистанційні заняття з використанням комп'ютерних засобів.

6. Методи діагностики знань

ФОРМИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ (ФО)

ФО1 – відвідування лекцій та творчий підхід в процесі наукового пошуку (20 балів);

ФО2 – самостійна робота, опрацювання літератури та електронних джерел за темою дослідження (20 балів);

ФО4 – відповідь на семінарі та використання сучасних інформаційних технологій при підготовці відповіді (20 балів);

ФО5 – робота в команді при виконанні завдань самостійної роботи та на семінарі (5 балів);

ФО6, ФО8, ФО9, ФО10 – підготовка та оформлення реферату та презентації, використання у доповіді прикладів реальних фізичних об'єктів, що пов'язані з дисертаційним дослідженням (20 балів).

Екзамен (15 балів)

Всього: 100 балів.

Шкала оцінювання

СУМА БАЛІВ	ОЦІНКА ЄКТС	ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ	
		екзамен	залік
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
64-74	D		
60-63	E	задовільно	
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

7. Критерії оцінювання результатів навчання

Кількість балів	Критерії оцінювання
90-100	У відповіді повністю розкрито зміст питання. Матеріал викладено логічно, аргументовано, мова є грамотною, науковий стиль викладення матеріалу, вільне володіння термінологічним апаратом дисципліни. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що входить до навчальної програми, та продемонстровано високі практичні навички.
75-89	Відповідь досить повно розкриває зміст питання або розкриває основні (найважливіші) аспекти у запитанні, слухач володіє термінологічним апаратом дисципліни. У викладеному матеріалі слухач має помилки із аргументацією відповіді, недостатня логічність та послідовність викладення матеріалу. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, та середній рівень володіння практичним матеріалом.
60-74	Відповідь на контрольне питання є неповною, розкриває тільки деякі аспекти навчального матеріалу. Слухач припускається помилок у використанні термінології навчальної дисципліни. Рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, додатковим та практичним матеріалом є середнім.
35-59	У відповіді допущено суттєві помилки, які свідчать про незнання лекційного матеріалу або обов'язкової літератури; слухач слабо володіє термінологією дисципліни.
1-34	Відповідь практично відсутня, слухач демонструє незнання лекційного матеріалу або обов'язкової літератури; не володіє термінологією

8. Навчально-методичне забезпечення

На початку семестру здобувачі отримують:

1. Робочу програму, що містить перелік тем, список рекомендованої літератури та інформаційних ресурсів, критерії та шкалу оцінювання; контрольні запитання до іспиту;
2. Пакет літератури, що містить основні підручники, навчальні та методичні посібники в електронній формі (формати .pdf та .djvu),

9. Питання до іспиту

1. Заповнення електронних оболонок.
2. Магнітні властивості вільних атомів.

3. Правила Гунда.
4. Періодичність кристалів і хвильові функції Блоха.
5. Осередки Вігнера- Зейтца і зони Бріллюена.
6. Ефективна маса зонних електронів.
7. Закон дисперсії електронів в кристалі.
8. Густина електронних станів.
9. Напівпровідники і ізолятори.
10. Напівметали і метали.
11. Поверхня Фермі.
12. Електронна теплоємність металів.
13. Загальна характеристика сил міжатомної взаємодії.
14. Енергія зв'язку кристалів. Іонний зв'язок.
15. Ковалентний зв'язок.
16. Металеві кристали.
17. Молекулярні кристали.
18. Кристали з водневими зв'язками.
19. Основи електронної теорії електропровідності.
20. Електрони в зовнішньому магнітному полі: квантові осциляції.
21. Оптичні збудження в кристалах.
22. Спіновий парамагнетизм металів.
23. Зонний ферромагнетизм і антиферромагнетизм.
24. Основи теорії магнітного впорядкування.
25. Діамагнетизм електронів провідності
26. Моделі мікроконтактів.
27. Режими протікання струму у мікроконтактах.
28. Функція розподілу електронів у мікроконтактах.
29. Методи отримання мікроконтактів.
30. Формули Шарвіна, Максвелла, Векслера для опору мікроконтактів.
31. Фонони, густина станів.
32. Локальні та квазілокальні фононні збудження.
33. Природа фону на мікроконтактних спектрах.
34. Методи створення та критерії якості точкових контактів.
35. Модуляційні методи вимірювання похідних ВАХ контактів.
36. Дворівневі системи у аморфних тілах.
37. Термоелектричні ефекти у гетероконтактах.
38. Два типи надпровідників.
39. Куперівські пари, довжина когерентності.
40. Надлишковий та критичний струм точкових контактів з надпровідників.
41. Андреевське відбиття.
42. Багатократне андреевське відбиття.
43. Основні параметри в теорії БТК. Фізичний сенс параметрів Z та G.
44. Багатозонна БТК модель.
45. Причини уширення андреевських спектрів.
46. Визначення спінової поляризації за допомогою контактів з надпровідником.
47. Вейлівські та діраковські напівметали.

9. Рекомендована література

1. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. - М.: Мир, 1974.
2. Давыдов А.С. Теория твердого тела. - М.: Наука, 1976.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978.
4. Ашкрофт Н, Мермин Н. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1979.

5. Харрисон У., Электронная структура и свойства твердых тел: Физика химической связи. — М.: Мир, 1983.
6. Немошкаленко В. В., Антонов В. Н. Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Зонная теория металлов. — Киев: Наукова думка, 1985.
7. Немошкаленко В. В., Кучеренко Ю. Н. Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Электронные состояния в неидеальных кристаллах. — Киев: Наукова думка, 1986.
8. Соболев В.В., Немошкаленко В.В. Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Электронная структура полупроводников. — Киев: Наукова думка, 1988.
9. Барьяхтар В.Г., Зароченцев Е.В., Троицкая Е.П. Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Атомные свойства металлов. — Киев: Наукова думка, 1990.
10. Абаренков И.В., Антонова И.М., Барьяхтар В.Г., Булатов В.Л., Зароченцев Е.В. Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Электронная структура идеальных и дефектных кристаллов. — Киев: Наукова думка, 1991.
11. Юхновский И.Р., Гурский З.А. Квантово-статистическая теория неупорядоченных систем. — Киев: Наукова думка, 1991.
12. Уильямс А., Барт У. — Приложение теории функционала плотности к атомам, молекулам и твердым телам. М.: Мир, 1987.
13. 9. В. Буккель, *Сверхпроводимость*. Москва, «Мир», 1975.
14. 10. М. Тинкхам, *Введение в сверхпроводимость*. М.: Атомиздат, 1980.
15. 11. В. В. Шмидт, *Введение в физику сверхпроводников*, М.: МЦНМО, 2000.
16. 12. А. В. Хоткевич, И. К. Янсон, *Атлас микроконтактных спектров электрон-фононного взаимодействия в металлах*, Наукова думка, Киев, 1986.
17. 13. Ю. Г. Найдюк, И. К. Янсон, *Микроконтактная спектроскопия*, Изд. «Знание» Москва 1989 (arXiv:physics/0312016 v1).
18. 14. Yu. G. Naidyuk, I. K. Yanson, *Point-contact spectroscopy*, Springer, New-York, 2005