

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики низьких температур

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи


А. В.
“ ” 20 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Електронні властивості номальних металів і методи дослідження
електронного енергетичного спектру

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 10 природничі науки

(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 Фізика та астрономія

(шифр, назва спеціальності)

освітня програма «Фізика»

спеціалізація _____

(шифр, назва)

вид дисципліни нормативна

факультет фізичний

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

«31» серпня 2021 року, протокол № 7.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:


Білецький Володимир Іванович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики низьких температур.

Савич Сергій Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики низьких температур.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики низьких температур

Протокол від «29» червня 2021 року № 17.

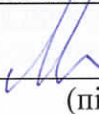
Завідувач кафедри фізики низьких температур


_____ Валерій ШКЛОВСЬКИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

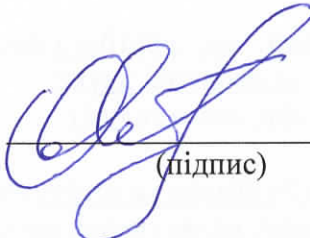
Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «31» серпня 2021 року № 1.

Голова методичної комісії фізичного факультету


_____ Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Гарант ОП


_____ Олег ЛАЗОРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Електронні властивості нормальних металів і методи дослідження їх електронних енергетичних спектрів” укладена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програм «Фізика» підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму підготовки 104-фізика та астрономія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни є отримання теоретичних і практичних навичок в галузі експериментального вивчення електронних властивостей металів при низьких температурах.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни є сформувані у студентів фізичні уявлення щодо основних квантово-механічних законів, які обумовлюють існування металевого стану речовин і властивостей металів, а також розглянути низку основних експериментальних методів, за допомогою яких були отримана більшість відомостей про електронні стани у металах та поверхню Фермі металів. Ознайомити студентів з взаємозв'язками і взаємозалежностями між електронними властивостями і практичним використанням металів у технічних пристроях.

1.3. Кількість кредитів : 9

1.4. Загальна кількість годин : 270

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
7-й	-й
Лекції	
64 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
96 год.	год.
Самостійна робота	
110 год.	год.
Індивідуальні завдання	
2 контрольні роботи	

1.6. Заплановані результати навчання. Обсяг відомостей у запропонованій галузі знань, які дозволять студентам виконати кваліфікаційні роботи і у подальшому застосувати їх у науковій і викладацькій діяльності.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Квантовомеханічні уявлення про побудову електронного енергетичного спектру.

Тема 1. Розвиток уявлень щодо фізики металів.

Зміст. Класифікація твердих тіл: метал, ізолятор, напівпровідник, напівметал, надпровідник. Типи хімічних зв'язків у речовинах. Утворення металів при конденсації нейтральних атомів. Металевий зв'язок і кристалічна ґратка. Типи кристалічних ґраток, що реалізуються у металах. Прості (неперехідні) та перехідні метали.

Тема 2. Модель вільних електронів

Зміст. Важливіші співвідношення між електронними характеристиками металу у випадку квадратичного ізотропного закону дисперсії. Час релаксації, рухливість електронів, довжина вільного пробігу. Класична модель Друде-Лоренця. Квантово-механічна модель Зоммерфельда. Уявлення про поверхню Фермі (ПФ), імпульс Фермі, фермівська швидкість електронів.

Тема 3. Термодинамічні властивості металів: електронна теплоємність

Зміст. Повна теплоємність при постійному тиску. Густина станів електронів поблизу поверхні Фермі. Порівняння ґраткової та електронної питомих теплоємностей. Отримання коефіцієнту електронної теплоємності з калориметричних даних. Особливості експериментального обладнання.

Тема 4. Динаміка блохівських електронів.

Зміст. Вплив кристалічної ґратки на рух електронів. Залежність енергії електрона у ґратці від його квазіімпульсу. Теорема Блоха. Обернена решітка. Побудова зон Бріллюена для основних типів кристалічних ґраток. Метод Вігнера-Зейтца. Ефективна маса.

Тема 5. Класифікація поверхней Фермі

Зміст. Заповнення електронами зон Бріллюена. Електронні та діркові ПФ. Метод Харисона побудови ПФ. Закриті та відкриті ПФ. Приклади ПФ металевих елементів

Тема 6. Кінетичні властивості металів і напівпровідників.

Зміст. Кінетичне рівняння Больцмана. Наближення часу релаксації. Електропровідність. Правило Матісена. Закон Блоха-Грюнайзена. Формула Ліфшиця. Температурна залежність опору напівпровідника. Закон Ареніуса. Вимірювання енергетичної щільності напівпровідника методом термоактиваційного аналізу.

Тема 7. Теплопровідність (1)

Зміст. Кінетичне рівняння Больцмана. Закон Відемана-Франца. Енергетична та імпульсна довжини вільного руху електронів. Поняття нормальних процесів та процесів перекидання при розсіюванні електронів.

Тема 8 Теплопровідність (2)

Зміст. Температурна залежність електронної теплопровідності. Формула Вільсона. Залежність числа Лоренца від температури. Уявлення про термоелектричні явища у металах.

Розділ 2. Основні експериментальні методи вивчення електронного енергетичного спектру.

Тема 1. Квазічастинки у магнітному полі (1)

Зміст. Рух квазічастинок у сталому магнітному полі. Циклотронна частота і маса. Зв'язок ефективної і циклотронної маси при квадратичному ізоотропному і анізотропному законах дисперсії. Вплив форми поверхні Фермі на циклотронну масу.

Тема 2. Квазічастинки у магнітному полі (2)

Зміст. Електрони і дірки. Ефективне магнітне поле. Слабкі і сильні магнітні поля. Експериментальне обладнання для спостереження електронних явищ у магнітних полях.

Тема 3. Квантування енергії електронів в магнітному полі

Зміст. Квантуюче магнітне поле. Розподіл електронів у р-просторі у присутності магнітного поля. Рівні Ландау, циліндри Ландау, спінове розщеплення рівнів. Густина станів при різних розмірностях електропровідних сполук.

Тема 4. Осциляційні явища у квантуючому магнітному полі.

Зміст. Осциляції магнітного моменту металів у магнітному полі – ефект де Хааза - ван Альфена та осциляції електропровідності металів – ефект Шубнікова – де Хааза, Аналіз експериментальних залежностей і розрахунок площі перетину поверхні Фермі.

Тема 5. Квазічастинки у схрещених електричному і магнітному полях

Зміст. Ефект Холла. Визначення густини електронів і дірок за допомогою ефекта Холла у металах та напівпровідниках. Гальваномагнітні методи досліджень електронного енергетичного спектру: а) слабкі поля; б) сильні поля.

Тема 6. Циклотронний резонанс Азбеля – Канера

Зміст. Нормальний і аномальний скін-ефекти. Визначення циклотронної маси електронів у металах з експерименту. Аналіз результатів у випадку складних поверхней Фермі.

Тема 7. Поглинання звуку в металах.

Зміст. Поглинання звуку у металах. Низькі частоти. Високі частоти. Магнітоакустичні осциляційні явища. Ефект нахилу.

Тема 8. Розмірні ефекти в магнітному полі

Зміст. Вплив розмірів зразків на електропровідність металів у магнітному полі. Ефект Зондхеймера. Радіочастотний розмірний ефект.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Назва												
Тема 1	12	4				8						
Тема 2	10	4				6						
Тема 3	10	4				6						
Тема 4	35	4		24		7						
Тема 5	10	4				6						
Тема 6	11	4				7						
Тема 7	36	4		24		8						
Тема 8	11	4				7						
Разом за розділом 1	135	32		48		55						
Розділ 2. Назва												
Тема 1	12	4				8						
Тема 2	10	4				6						
Тема 3	10	4				6						
Тема 4	35	4		24		7						
Тема 5	10	4				6						
Тема 6	11	4				7						
Тема 7	36	4		24		8						
Тема 8	11	4				7						
Разом за розділом 2	135	32		48		55						
Усього годин	270	64		96		142						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення енергії активації створення вакансій у золоті	24
2	Вивчення електричного опору металів і сплавів	24
3	Теплоємність алюмінію при низьких температурах	24
4	Залежність температури Кюрі від концентрації сплаву нікель-мідь	24
	Разом	96

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Підкреслити особливості ПФ металів 1-ї, 2-ї і 3-ї груп таблиці	6

	Менделєєва	
2	Обґрунтувати Закон Арреніуса. Вимірювання енергетичної щільності напівпровідника методом термоактиваційного аналізу	6
3	Висвітлити особливості енергетичного спектру металів, напівметалів і напівпровідників	6
4	Навести короткий огляд атласа ПФ металів	5
5	Проаналізувати особливості електропровідності чистих металів і сплавів, аморфних металів	5
6	Навести приклади практичного використання ефекту Холла	5
7	Навести схему дослідження циклотронного резонансу АК	7
8	Сформулювати зв'язок особливостей магнітоопору метала з особливостями його поверхні Фермі	7
9	Навести огляд методів збуджень високочастотного звуку в металах	7
10	Охарактеризувати переваги різних методів створення зразків металів для досліджень	7
11	Сформулюйте основні уявлення про побудову енергетичного спектру металів. Модель Кроніга-Пенні	7
12	Порівняти інформативність спостережень гігантських квантових осциляції поглинання ультразвуку в металах з іншими осциляційними явищами	7
13	Навести лабораторні методи створення магнітних полів	7
14	Обґрунтувати роль магнітного поля у визначенні параметрів електронного енергетичного спектру	7
15	Навести методи створення високочастотного звуку	7
16	Наведіть схеми експериментального обладнання для визначення теплоємності твердих тіл	7
17	Підготуватись до контрольних робіт (2 роботи протягом семестру)	7
	Разом	110

6. Індивідуальні завдання

2 контрольні роботи

7. Методи контролю

Поточний контроль – опитування під час лекцій, контрольна робота; підсумковий контроль – екзамен.

8. Схема нарахування балів

Приклад для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Екзамен	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Курсова робота	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом		
T1-T8	T1-T8					

15	15		10	40	60	100
----	----	--	----	----	----	-----

T1, T2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання

90-100: вчасно і згідно з вимогами виконана самостійна робота, під час опитувань продемонстровано ґрунтовні знання в предмету і вміння самостійно мислити і опрацьовувати інформацію; ґрунтовні відповіді на усі питання екзаменаційного завдання.

70-89: вчасно і згідно з вимогами виконана самостійна робота; під час опитувань виявлено деякі недоліки знання в предмету і вміння опрацьовувати інформацію; під час опитування і екзамену відповіді містять незначні помилки.

50-69: контрольна робота і самостійні завдання виконана зі значними помилками; обмежені відповіді під час екзамену які містять суттєві помилки у висвітленні частини або всіх питань.

1-49: низький рівень підготовки і виконання самостійної роботи, відсутність зрозумілої відповіді на усі питання екзаменаційного завдання .

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. Том 1 и 2. М.: Мир 1979.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
3. Н.Б. Брандт, С.М. Чудинов. Электронная структура металлов. М.: Из – во МГУ, 1973.
4. Н.Б. Брандт, С.М.Чудинов. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фононов в металах. М.: Из – во МГУ, 1983.
5. Ч. Киттель. Элементарная физика твердого тела. М.: Наука, 1965.
6. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
7. У. Харрисон. Теория твердого тела. М.: Мир. 1972.
8. Физика метеллов – 1. Под. ред. Дж. Займана. М.: Мир, 1972.
9. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
10. М.И. Каганов, И.М. Лифшиц. Квазичастицы. М :; Наука, 1976.
11. М.И. Каганов. Электроны, фононы, магноны. М :; Наука, 1979.
12. И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов. Электронная теория металлов. М :; Наука, 1971.
13. А.А.Абрикосов. Введение в электронную теорию металлов. М :; Наука, 1971.

14. В.Л. Бонч-Бруевич, С.П. Калашников. Физика полупроводников. . М :, Наука, 1977.

Допоміжна література

1. В.В. Горбачев, Л.Г. Спицина. Физика полупроводников и металлов. М.: Металлургия, 1976.
2. С.М. Герасимов, М.В. Белоус, В.А. Москалюк. Физические основы электронной техники. К.: Вища школа, 1981.
3. М.Б. Гусева, Е.М. Дубинина. Физические основы твердотельной электроники. Издательство МГУ, 1986.
4. П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
5. Г.И. Епифанов. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 1977.
Б.Н. Бушманов, Ю.А. Хромов. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 1971.
6. Г.И. Епифанов. Физические основы микроэлектроники. М.: Советское радио, 1971

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. http://www.vargin.mephi.ru/book_ph_tvteho.html
2. http://www.vargin.mephi.ru/book_phys.html
3. http://vargin.mephi.ru/book/ph_razn.html