Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор
з науково-педагогічної роботи

_____

«____»_____20 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Теорія надпровідності
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____магістр_____

галузь знань_____10 Природничі науки_____
(шифр і назва)
спеціальність _____104 – Фізика та астрономія_____
(шифр і назва)
освітня програма _____Освітньо-наукова програма “Фізика”_____
(шифр і назва)
спеціалізація _____“Фізика”_____
(шифр і назва)
вид дисципліни_____за вибором_____
(обов’язкова / за вибором)
факультет _____фізичний_____

20_20_ / 20_21_ навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету .

“28” червня 2020 року, протокол № 5

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:
Шкловський Валерій Олександрович , докт. фіз.-мат. наук, професор

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

Протокол від “__24__”_____06_____2020__ року № __10_

Завідувач кафедри __теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця_____

_____ _____Рашба Г.І.__ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
_____фізичного факультету_____
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “__25__”_____06_____2020__ року № __10_

Голова методичної комісії____фізичного факультету___ _____

_____ __Макаровський М.О..__
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни **«Теорія надпровідності»** складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки другого рівню вищої освіти – магістр

спеціальності (напряму) – 104 – «фізика та астрономія»

освітньо-наукова програма – фізика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія надпровідності» є формування уявлень студентів про першу послідовну теорію надпровідності Бардіна, Купера, Шріфера (БКШ) , зокрема про її зв'язок із простою двухрідинною теорією надпровідності

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

навчити студентів

- основам поняттям БКШ теорії надпровідності,
- знаходженню точних та наближених рішень теорії БКШ,
- основам кінетики надпровідників,
- користуючись навчальною та довідковою літературою, обирати адекватні методи вивчення задач теорії надпровідності.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
1-й
Лекції
24 год.
Практичні, семінарські заняття
12 год.
Лабораторні заняття
Не передбачені навчальним планом
Самостійна робота
84 год. (в тому числі 10 год. на підготовку до 2 контрольних робіт
Індивідуальні завдання
Залік

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: якісні, наближені та точні методи дослідження основних задач теорії надпровідності.

вміти: досліджувати із допомогою теоретичних формул теорії БКШ поведінку її результатів від зміни температури, частоти надвисоких збуджень та параметрів металу.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. **ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРІЇ БКШ**

Тема 1. Феномен Купера
Тема 2. Редукований гамільтоніан БКШ та пробна хвильова функція електронів
Тема 3. Обчислення надпровідникової щілини при T=0 в теорії БКШ
Тема 4. Розподіл куперівських пар в основному стані
Тема 5. Фізичний смисл енергетичної щілини у надпровіднику
Тема 6. Температурна залежність енергетичної щілини в теорії БКШ
Тема 7. Енергія основного стану в теорії БКШ
Тема 8. Квазічастинки у теорії БКШ
Тема 9. Густина стану квазічастинок у теорії БКШ
Тема 10. Напруженість критичного магнітного поля в теорії БКШ
Тема 11. Двохрідинна модель надпровідності та її обґрунтування в теорії БКШ
Тема 12. Андріївське відбиття
Тема 13. Оцінка довжини когерентності в теорії БКШ
Тема 14. Заряд квазічастинок в теорії БКШ
Тема 15. Спектри квазічастинок для нормального метала та надпровідника
Тема 16. Співвідношення між критичною температурою і енергетичною щілиною при T=0 в теорії БКШ

Розділ 2. **ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ У КІНЕТИЦІ НАДПРОВІДНИКІВ**

Тема 17. Асиметрія спектру квазічастинок і електричне поле у надпровіднику
Тема 18. Надлишковий опір NS межі
Тема 19. Нерівноважне підсилення надпровідності
Тема 20. Поглинання звуку у нормальних металах
Тема 21. Поглинання звуку у надпровідниках
Тема 22. Оцінка частоти зіткнень електронів з фононами у нормальному металі
Тема 23. Процеси релаксації у надпровідниках – загальна картина
Тема 24. Процеси релаксації у надпровідниках – їх температурна залежнсть
Тема 25. Комплексна провідність надпровідника у двохрідинній моделі
Тема 26. Нормальний скін-ефект у надроводнику
Тема 27. Поверхневий імпеданс металу
Тема 28. Поверхневий імпеданс надпровідника у двохрідинній моделі

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	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. **ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРІЇ БКШ**												
Тема 1	3.75	0.5	0.25			3						
Тема 2	3.75	0.5	0.25			3						
Тема 3	3.75	0.5	0.25			3						
Тема 4	3.75	0.5	0.25			3						
Тема 5	4.25	1	0.25			3						

Тема 6	4.25	1	0.25			3						
Тема 7	4.5	1	0.5			3						
Тема 8	4	0.5	0.5			3						
Тема 9	4	0.5	0.5			3						
Тема 10	4.5	1	0.5			3						
Тема 11	4.5	1	0.5			3						
Тема 12	4.5	1	0.5			3						
Тема 13	4.5	1	0.5			3						
Тема 14	4.5	1	0.5			3						
Тема 15	4	0.5	0.25			3						
Тема 16	4	0.5	0.25			3						
Разом за розділом 1	66	12	6			48						
Розділ 2. **ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ У КІНЕТИЦІ НАДПРОВІДНИКІВ**												
Тема 17	4.5	1	0.5			3						
Тема 18	4.5	1	0.5			3						
Тема 19	4.5	1	0.5			3						
Тема 20	4.5	1	0.5			3						
Тема 21	4.5	1	0.5			3						
Тема 22	4.5	1	0.5			3						
Тема 23	4.5	1	0.5			3						
Тема 24	4.5	1	0.5			3						
Тема 25	4.5	1	0.5			3						
Тема 26	4.5	1	0.5			3						
Тема 27	4.5	1	0.5			3						
Тема 28	4.5	1	0.5			3						
Разом за розділом 2	54	12	6			36						
Усього годин	120	24	12			84						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Куперівські пари	0.5
2	Хвильова функція електрона	0.5
3	Енергетична щілина в спектрі в теорії БКШ	0.5
4	Основний стан надпровідника	0.5
5	Фізичний смисл енергетичної щілини у надпровіднику	0.5
6	Енергетична щілина в теорії БКШ при ненульовій температурі	0.5
7	Обчислення енергії основного стану в теорії БКШ	0.5
8	Класифікація квазічастинок у теорії БКШ	0.5
9	Розрахунки густина стану квазічастинок у теорії БКШ	0.5
10	Розрахунки напруженості критичного магнітного поля в теорії БКШ	0.5
11	Аналіз двохрідинної моделі в теорії БКШ	0.5
12	Коефіцієнт відбиття	0.5
13	Оціночні розрахунки довжини когерентності в теорії БКШ	1
14	Заряджені квазічастинки в теорії БКШ	1
15	Особливості енергетичних спектрів квазічастинок для нормального метала та надпровідника	1
16	Розрахунок формули, що пов’язує критичну температуру і	1

	енергетичну щілину при нульовій температурі в теорії БКШ	
17	Електричне поле в надпровіднику	0.5
18	Електричний опір в нормальному стані	0.5
19	Підсилення надпровідності за рахунок нерівноваги	0.5
20	Звук та його поглинання у нормальних металах	0.5
21	Звук та його поглинання у надпровідниках	0.5
22	Розрахунки частоти зіткнень електронів з фононами у нормальному металі	0.5
23	Особливості релаксаційних процесів у надпровідниках	0.5
24	Температурні залежності релаксаційних процесів у надпровідниках	0.5
25	Що таке комплексна провідниіть?	0.5
26	Нормальний скін-ефект у надровідниках	0.5
27	Визначення поверхневого імпедансу металу	0.5
28	Розрахунки поверхневого імпедансу надпровідника у двохрідинній моделі	0.5
	Разом	16

5. Завдання для самостійної роботи

Пояснення щодо того, що повинен зробити студент під час самостійної роботи.

1. По всім нижче вказаним темам опрацювати конспекти лекцій, прочитати відповідні параграфи в підручниках [1–4] та на відповідних інтернет-ресурсах.
2. Самостійно виконувати домашні завдання по відповідним темам.
3. Самостійно підготуватися для лабораторних занять.
4. Підготувати, написати та захистити курсову роботу.

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Провести літературний пошук щодо виникнення терміну «куперівські пари»	1
2	Прочитати про одноелектронну хвильову функції	1
3	Знайти визначення терміну енергетичні щілина та встановити, як щілина впливає на можливість фазових переходів.	1
4	Основний стан надпровідника	1
5	Фізичний смисл енергетичної щілини у надпровіднику	1
6	Енергетична щілина в теорії БКШ при ненульовій температурі	1
7	Обчислення енергії основного стану в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
8	Класифікація квазічастинок у теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
9	Розрахунки густина стану квазічастинок у теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
10	Розрахунки напруженості критичного магнітного поля в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
11	Аналіз двохрідинної моделі в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
12	Коефіцієнт відбиття. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
13	Оціночні розрахунки довжини когерентності в теорії БКШ	2
14	Заряджені квазічастинки в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	2

15	Особливості енергетичних спектрів квазічастинок для нормального метала та надпровідника. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	2
16	Провести детальний розрахунок формули, що пов'язує критичну температуру і енергетичну щілину при нульовій температурі в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	2
17	Електричне поле в надпровіднику. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	4
18	Електричний опір в нормальному стані. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	4
19	Підсилення надпровідності за рахунок нерівноваги. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	4
20	Звук та його поглинання у нормальних металах. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	4
21	Звук та його поглинання у надпровідниках. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	4
22	Розрахунки частоти зіткнень електронів з фононами у нормальному металі. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	4
23	Особливості релаксаційних процесів у надпровідниках	3
24	Температурні залежності релаксаційних процесів у надпровідниках. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
25	Комплексна провідність надпровідника у двохрідинній моделі	3
26	Тема 26. Нормальний скін-ефект у надровіднику	3
27	Тема 27. Поверхневий імпеданс металу	2
28	Тема 28. Поверхневий імпеданс надпровідника у двохрідинній моделі	2
	Разом	**72**

6. Індивідуальні завдання

Курсова робота.

7. Методи контролю

Поточне опитування, перевірка домашніх завдань, дві контрольні роботи за основними розділами, захист курсової роботи, екзамен.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Курсова робота	Разом		
Т1-Т16	Т17-Т28					
20	20	10+10		60	40	100

Для зарахування розділу треба виконати контрольну роботу, домашні завдання та набрати в сумі не менше 10 балів, для зарахування курсової роботи треба набрати не менше 10 балів. В підсумку треба набрати для допуску до екзамена не менше 30 балів.

Критерії оцінювання письмової екзаменаційної роботи

Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Кожне питання

оцінюється в 20 балів. У відповіді на теоретичні питання студент повинен продемонструвати знання теорії навчальної дисципліни «Фізична кінетика» та її понятійно-категоріального апарату, термінології, понять і принципів предметної області дисципліни.

Максимальні бали виставляються в разі чіткої, логічної, послідовної відповіді на поставлене питання, з виводами основних формул, формулюванням фізичних законів

У процесі оцінювання теоретичних завдань екзаменаційного білету враховуються:

- повнота розкриття питання (4 бали);
- уміння чітко формулювати визначення фізичних понять, термінів та пояснювати їх (4 бали);
- здатність аргументувати отриману відповідь (4 бали);
- здатність робити аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків (4 бали);
- логічна послідовність викладення матеріалу у відповіді на завдання (4 бали).

Відповідь має бути обґрунтованою, з посиланням на відповідні фізичні закони та рівняння, з послідовними розрахунками всіх основних формул, доведеними до кінцевого результату з чіткою відповіддю на поставлене питання. За рішення задачі (практичного завдання) нараховуються такі бали:

1. Повна та послідовно обґрунтована відповідь отримує оцінку 20 балів у випадку, коли студент отримав правильну відповідь і продемонстрував метод і спосіб її отримання.
2. Оцінка 12-19 балів виставляється за відповідь, в якій є несуттєві похибки в логіці викладу,
3. Відповідь на питання отримує оцінку 7-11 балів, коли студент не отримав правильну відповідь або написав тільки кінцеву формулу без пояснень та виводу.
4. Відповідь на питання отримує оцінку 0-10 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, причому метод і спосіб розв’язання завдання були не вірними.

Екзамен зданий, якщо сумарна оцінка за письмову екзаменаційну роботу не менше 20 балів, а сумарний підсумковий бал не менше 50 балів.

Шкала оцінювання

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

9. Рекомендована література

Основна література

[1] В. В. Шмидт. Введение в физику сверхпроводников. — М.: Наука, 1982 г.

[2] А. А. Абрикосов. Основы теории металлов.— М.: Наука, 1987 г.

[3] M. Tinkham. Introduction to superconductivity, second edition, 1996.

[4] М. Тинкхам. Введение в сверхпроводимость.—М.: Атомиздат, 1980 г.

Допоміжна література

[1] Э.А. Пашицкий. Основы теории сверхпроводимости. – Киев, Вища школа, 1985 г.

[2] В.О.Шкловский, О.В.Добровольський. «Пінінг і динаміка вихорів у надпровідниках».Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна. – 2015. -120с.

[3]. И.М. Дмитренко. В мире сверхпроводимости. – Киев, Наукова думка, 1981 г.

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