Додаток 1

Додаток до робочої програми навчальної дисципліни
«Теорія надпровідності»
(назва дисципліни)

Дію робочої програми продовжено: на 2022/2023 н. р.

Заступник декана фізичного факультету з навчальної роботи

_____ ___Рохмістров Д.В.__
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_30_» __08_____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії _____ факультету

_____ __Макаровський М.О.___
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_30_» ____08____ 2022 р.

Додаток 1

Додаток до робочої програми навчальної дисципліни

Спеціальний курс «Теорія надпровідності»
(назва дисципліни)

Дію робочої програми продовжено: на 2021/2022 н. р.

Заступник декана фізичного факультету з навчальної роботи

_____ Рохмістров Д.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«30» 08 2021 р.

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету

_____ Макаровський М.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«30» 08 2021 р.

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-професійна 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" серпня 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 з гарантом освітньої програми

фізика (спеціальність 104 – фізика та астрономія)
назва освітньої програми

Гарант освітньої-професійної програми
(керівник проектної групи) Зиман З.З.

_____ Зиман З.З.
(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 3

1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
1-й
Лекції
24 год.
Практичні, семінарські заняття
Не передбачені навчальним планом
Лабораторні заняття
Не передбачені навчальним планом
Самостійна робота
66 год. (в тому числі 10 год. на підготовку для двох 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 надровіднику
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	2	0.5				1.5						
Тема 2	2	0.5				1.5						
Тема 3	2.5	1				1.5						
Тема 4	2.5	1				1.5						
Тема 5	2.5	1				1.5						

Тема 6	2.5	1				1.5						
Тема 7	3.5	1				2.5						
Тема 8	3.5	1				2.5						
Тема 9	3.5	1				2.5						
Тема 10	3.5	1				2.5						
Тема 11	3.5	1				2.5						
Тема 12	3.5	1				2.5						
Тема 13	3	1				2						
Тема 14	3	1				2						
Тема 15	2.5	0.5				2						
Тема 16	2.5	0.5				2						
Разом за розділом 1	46	14				32						
Тема 17	3.5	0.5				3						
Тема 18	3.5	0.5				3						
Тема 19	3.5	0.5				3						
Тема 20	3.5	0.5				3						
Тема 21	4.5	1				3.5						
Тема 22	4.5	1				3.5						
Тема 23	3.5	1				2.5						
Тема 24	3.5	1				2.5						
Тема 25	3.5	1				2.5						
Тема 26	3.5	1				2.5						
Тема 27	3.5	1				2.5						
Тема 28	3.5	1				2.5						
Разом за розділом 2	44	10				34						
Усього годин	90	24				66						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Не передбачені навчальним планом.

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 «куперівськи пари»	1.5
2	Прочитати про одноелектронну хвильову функції	1.5
3	Знайти визначення терміну енергетичні щілина та встановити, як щілина впливає на можливість фазових переходів.	1.5
4	Основний стан надпровідника	1.5
5	Фізичний смисл енергетичної щілини у надпровіднику	1.5
6	Енергетична щілина в теорії БКШ при ненульовій температурі	1.5
7	Обчислення енергії основного стану в теорії БКШ. В тому числі 1	3.5

	год. на курсову роботу.	
8	Класифікація квазічастинок у теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
9	Розрахунки густина стану квазічастинок у теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
10	Розрахунки напруженості критичного магнітного поля в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
11	Аналіз двохрідинної моделі в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
12	Коефіцієнт відбиття. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
13	Оціночні розрахунки довжини когерентності в теорії БКШ	2.5
14	Заряджені квазічастинки в теорії БКШ. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	2.5
15	Особливості енергетичних спектрів квазічастинок для нормального метала та надпровідника. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	2.5
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.	2.5
17	Електричне поле в надпровіднику. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
18	Електричний опір в нормальному стані. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
19	Підсилення надпровідності за рахунок нерівноваги. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
20	Звук та його поглинання у нормальних металах. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3
21	Звук та його поглинання у надпровідниках. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
22	Розрахунки частоти зіткнень електронів з фононами у нормальному металі. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
23	Особливості релаксаційних процесів у надпровідниках	3.5
24	Температурні залежності релаксаційних процесів у надпровідниках. В тому числі 1 год. на курсову роботу.	3.5
25	Комплексна провідність надпровідника у двохрідинній моделі	3.5
26	Тема 26. Нормальний скін-ефект у надровіднику	3.5
27	Тема 27. Поверхневий імпеданс металу	2.5
28	Тема 28. Поверхневий імпеданс надпровідника у двохрідинній моделі	2.5
	Разом	**88**

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

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					
10	10	10+10	20	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. Локтєв В. Лекції з фізики надпровідності / В. М. Локтєв // Київ : ІТФ НАН України, 2011. — 276 с.
2. Свідзинський А. Мікроскопічна теорія надпровідності. II / А. В. Свідзинський // Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2003. − Ч. 2. − 170 с.
3. Barone A. Physics and application of the Josephson effect /A. Barone and G. Paternò // New York: Wiley.- 1982.- 529 P.
4. De Gennes P. Superconductivity of metals and alloys / P. G. De Gennes//New York-Amsterdam: W. A. Benjamin Inc.- 1966.-292

Допоміжна література

1. Свідзинський А. Мікроскопічна теорія надпровідності. I / А. В. Свідзинський // Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2001. − Ч. 1. − 254 с.
2. Likharev K. Dynamics of Josephson junctions and circuits / K.K. Likharev // Philadelphia: Gordon and Breach.- 1991.- 614 P.
3. Solymar L. Superconducting tunneling and applications // L. Solymar // London: Chapman and Hall Ltd.- 1972.- 406 P.
4. Tinkham M. Introduction to superconductivity / M. Tinkham // New York: McGrow Hill Inc.- 1996.- 454 P.

5. Schmidt V. The Physics of Superconductors / V. V. Schmidt / Berlin: Springer.- 1997.- 206 P.

Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

https://ascg.msm.cam.ac.uk/lectures/introduction/welcome.php
https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-763-applied-superconductivity-fall-2005/lecture-notes/