

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики низьких температур

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної  
роботи



Робоча програма навчальної дисципліни

«Фізика слабозв'язаних надпровідників»

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістр  
галузь знань 10 природничі науки  
(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 Фізика та астрономія  
(шифр, назва спеціальності)

освітньо-наукова 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:


Орт Олександр Георгійович, 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

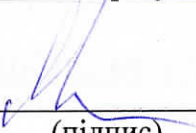


  
\_\_\_\_\_ Валерій ШКЛОВСЬКИЙ  
(підпис) (ім'я та прізвище)


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 ОНП

  
\_\_\_\_\_ Юрій БОЙКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Фізика слабозв'язаних надпровідників» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів (назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

Спеціальності 104 Фізика та астрономія  
(шифр, назва спеціальності)

освітня програма «Фізика»

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування у студентів сучасних уявлень про фізику слабозв'язаних надпровідників. Розглядаються основні теоретичні моделі слабозв'язаних надпровідників та їх основні властивості.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є навчити студентів проводити самостійні дослідження дипломних робіт, а також дати необхідну базу для подальшого більш глибокого вивчення фундаментальних та прикладних аспектів фізики слабозв'язаних надпровідників

#### 1.3. Кількість кредитів: 3

#### 1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
4-й	-й
Лекції	
22 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
68 год.	год.
Індивідуальні завдання	
2 контрольні роботи – 10 годин, курсова робота - 10	

#### 1.6. Заплановані результати навчання

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

Знати: основні властивості слабозв'язаних надпровідників та основні напрямки впровадження слабозв'язаних надпровідників і збудованих на їх основі приладах ( в першу чергу, надпровідникових квантових інтерферометрів, або сквідів) в різноманітних галузях науки і техніки.

Вміти: вести та самостійно доповнювати конспекти лекцій, опрацьовувати як навчальну, так і спеціальну фахову, у тому числі і періодичну наукову літературу, здійснювати самоконтроль якості засвоєння теоретичних знань з використанням тестів.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

*Розділ 1. Ефекти Джозефсона.*

*Тема 1.1. Фазова когерентність та види слабких зв'язків.*

*Тема 1.2. Стаціонарний ефект Джозефсона.*

*Тема 1.3. Нестационарний ефект Джозефсона.*

*Тема 1.4. Експериментальні методи детектування джозефсонівської генерації.*

*Розділ 2. Відгук джозефсонівського переходу на зовнішнє магнітне поле.*

*Тема 2.1. Рівняння Фаррелла-Прейнджа.*

*Тема 2.2. Проникнення слабого магнітного поля в джозефсонівський перехід.*

*Тема 2.3. Проникнення сильного магнітного поля в широкий джозефсонівський перехід. Джозефсонівські вихорі.*

*Тема 2.4. Проникнення сильного магнітного поля в вузький джозефсонівський перехід. Максимальний дисипативний (надпровідний) струм в джозефсонівському переході.*

*Розділ 3. Надпровідні квантові інтерферометри (сквиди).*

*Тема 3.1. Симетричний двоконтактний сквид.*

*Тема 3.2. Одноконтактний сквид.*

*Тема 3.3. Застосування ефектів слабкої надпровідності.*

## 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
<b>Розділ 1. Ефекти Джозефсона.</b>												
Тема 1.1. Фазова когерентність та види слабких зв'язків.	8	2				6						
Тема 1.2. Стаціонарний ефект	14	2				12						

Джозефсона..												
Тема 1.3. Нестационарний ефект Джозефсона.	14	2				12						
Тема 1.4. Експериментальні методи детектування джозефсонівської генерації.	15	2				13						
Разом за розділом 1	51	8				43						
<b>Розділ 2. Відгук джозефсонівського переходу на зовнішнє магнітне поле.</b>												
Тема 2. 1 Рівняння Фаррелла- Прейнджа.	2	2				0						
Тема 2. 2. Проникнення слабкого магнітного поля в джозефсонівський перехід.	2	2				0						
Тема 2. 3. Проникнення сильного магнітного поля в широкий джозефсонівський перехід. Джозефсонівські вихорі.	15	2				13						
Тема 2. 4. Проникнення сильного магнітного поля в вузький джозефсонівський перехід. Максимальний дисипативний (надпровідний) струм в джозефсонівському переході.	2	2				0						
Разом за розділом 2	21	8				13						
<b>Розділ 3. Надпровідні квантові інтерферометри (сквиди).</b>												
Тема 3.1. Симетричний двоконтактний сквид.	2	2				0						
Тема 3.2. Одноконтактний сквид.	2	2				0						

Тема 3.3. Застосування ефектів слабкої надпровідності.	14	2			12						
Разом за розділом 3	18	6			12						
<b>Усього годин</b>	90	22			68						

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин	
1	Ознайомитися зі структурами і основними типами джозефсонівських переходів. Виконати теоретичні розрахунки з отримання першого фундаментального співвідношення Джозефсона методом Р. Фейнмана.	8	опитування
2	Виконати теоретичні розрахунки з отримання першого фундаментального співвідношення Джозефсона методом Л.Г. Асламазова і А.І. Ларкіна.	8	опитування
3	Опанувати резистивну модель джозефсонівського переходу. Зробити порівняльний аналіз теоретичної та експериментальної вольт-амперних характеристик джозефсонівських переходів. Опрацювати тему «Зворотній нестационарний ефект Джозефсона. Сходінки Шапіро».	8	опитування
4	Підготовка до контрольної роботи	5	контрольна робота
5	Ознайомитися з прямим виявленням джозефсонівської генерації І.К. Янсоном, В.М. Свистуновим і І.Д. Дмитренко в 1964 р. (м. Харків, ФГІНТ). Опанувати методами аналітичного дослідження структури джозефсонівського вихору та порівняльним аналізом структури джозефсонівських і абрикосівських вихорів.	8	опитування
6	Ознайомитися з теоретичними і експериментальними роботами з вивчення змішаних станів джозефсонівського переходу (лінійний ланцюжок джозефсонівських вихорів в широкому джозефсонівському переході).	8	опитування
7	Ознайомитися зі застосуванням надпровідних квантових інтерферометрів (сквидів) в вимірюваній техніці та медицині. Скласти уявлення про застосування сквидів в якості логічних елементів та елементів пам'яті в обчислюваній техніці.	8	опитування
8	Підготовка до контрольної роботи	5	контрольна робота
9	Підготовка курсової роботи	10	захист курсової роботи
	Разом	68	

## 6. Індивідуальні завдання

2 індивідуальні контрольні роботи, курсова робота

## 7. Методи контролю

7.1. Поточний контроль – опитування і індивідуальні контрольні роботи;

7.2. Семестровий підсумковий контроль – екзамен.

## 8. Схема нарахування балів

для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Екзамен	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Контрольна робота, передбачена навчальним планом (2), курсова робота	Разом		
Т 1.1. – Т 1.3.	Т 2.1 – Т 2.4	Т 3.1 – Т 3.3	2 x 5 балів, 1 x 10 балів	40 балів	60 балів	100 балів
6 балів	8 балів	6 балів				
20 балів			20 балів			

T1, T2 ... – теми розділів.

## Критерії оцінювання

- Оцінка рівня знань:
  - глибина і міцність знань про фізику надпровідності і фізику слабозв'язаних надпровідників; знання основних теоретичних моделей слабозв'язаних надпровідників та їх основних властивостей.;
  - рівень мислення та вміння синтезувати знання з окремих тем;
  - вміння складати розгорнутий план відповіді;
  - вміння давати точні формулювання та правильно користуватись понятійним апаратом фізики надпровідності;
  - культура відповіді (грамотність, логічність і послідовність викладу).
- Оцінка навичок самостійної роботи;
  - навички пошуку необхідної літератури теоретичного та експериментального характеру з галузі фізики надпровідності (зокрема фізики слабозв'язаних надпровідників);
  - орієнтація в потоці інформації з обраної галузі та тематики;
  - навички ведення записів (складання простого і розгорнутого плану, конспекту, виступу);
  - навички науково-пошукової роботи.
- Оцінка вміння застосувати знання на практиці.
  - виконання індивідуальних завдань (контрольні роботи).

## 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. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. М. : «Наука», Гл. ред. физ.-мат. лит.; 1982. – 240 с.
2. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. Изд. 2-е. испр. и доп. Рязановым В.В. и Фейгельманом М.В. М.: МЦНМО, 2000. – 388 с.
3. Туннельные явления в твердых телах. Под ред. Бурштейна Э и Лундквиста С. М.: «Мир», 1973. – 422 с.
4. Солимар Л. Туннельный эффект в сверхпроводниках и его применение. М.: «Мир», 1974. – 428 с.
5. Кулик Н.О., Янсон И.К. Эффект Джозефсона в сверхпроводящих туннельных структурах. М. : «Наука», Гл. ред. физ.-мат. лит.; 1970. – 272 с.
6. Бароне А., Патерно Д. Эффект Джозефсона: физика и применения. М.: «Мир», 1984. – 639 с.
7. Слабая сверхпроводимость. Квантовые интерферометры и их применения. Под ред Шварца Б.Б. и Фонера С. М.: «Мир», 1980. – 256 с.

### Допоміжна література

1. Асламазов Л.Г., Губанков В.Н. Слабая сверхпроводимость. М.: «Знание», 1982. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Физика», №4).
2. Дмитренко И.М. В мире сверхпроводимости. Київ: «Наукова Думка», 1981. – 196 с.
3. Дмитренко И.М. Квантовые эффекты в сверхпроводимости. М.: «Знание», 1968. – 48 с.
4. Фейман, Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т 8,9. Квантовая механика. М.: «Мир», 1978.
5. Жарков Г.Ф. Туннельный эффект Джозефсона в сверхпроводниках. В сб. статей (с. 135) «Сверхпроводимость», серия «Современные проблемы физики», М.: «Наука», Гл. ред. физ.-мат. лит.; 1967. – 167 с.

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

1. [www/superconductors/org](http://www.superconductors.org)
2. [http://www.vargin.mephi.ru/book\\_ph\\_tvte1o.html](http://www.vargin.mephi.ru/book_ph_tvte1o.html)
3. [http://www.vargin.mephi.ru/book\\_phys.html](http://www.vargin.mephi.ru/book_phys.html)
4. [http://www.vargin.mephi.ru/book\\_ph-razn.html](http://www.vargin.mephi.ru/book_ph-razn.html)