

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА

Кафедра фізики та астрономії



Проректор з науково-педагогічної роботи

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

О.В.Запорожченко

О.В.Запорожченко

2022 р.

*Вересня*

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ВБ 7.1. «ФІЗИКА НАДПРОВІДНОСТІ»**

Рівень вищої освіти

**перший (бакалаврський)**

Галузь знань

**10 – Природничі науки**

Спеціальність

**104 - Фізика та астрономія**

Освітньо-професійна програма

**Фізика та астрономія**

ОНУ

2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика надпровідності». – Одеса: ОНУ, 2022. – 8с.

Розробник: Кулінський Володимир Леонідович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри  Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»  Юрій НІЦУК

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК  Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		<b>Очна (денна) форма навчання</b>
Загальна кількість кредитів – 3 годин – 90 змістовних модулів - 1	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Другий (освітньо-професійний)</u>	Вибіркова дисципліна
		<b>Рік підготовки:</b>
		4-й
		<b>Семестр</b>
		7-й
		<b>Лекції</b>
		30 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>
		14 год.
		<b>Лабораторні</b>
		0 год.
		<b>Самостійна робота</b>
		46 год.
<b>Форма підсумкового контролю:</b> <b>залік</b>		

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** є викладання основ теорії низькотемпературної надпровідності. Показаний розвиток ідей у історичній перспективі. Акцент зроблено на прогресі теорії завдяки відкриттю нових експериментальних фактів (ефект Мейснера-Оксенфельда, поведінка термодинамічних характеристик таких як ентропія та теплоємність, явище квантування магнітного потоку, ізотопічний ефект та інш.), починаючи з електродинамічної теорії Лондонів та термодинамічної  $\Psi$ -теорії Гінзбурга-Ландау. Наприкінці курсу розглядаються основи мікроскопічного підходу (теорія Бардіна-Купера-Шріфера). Курс побудовано таким чином, щоб показати як основні закони відомі з курсів електродинаміки, термодинаміки та квантової механіки працюють у реальному феномені надпровідності.

### **Завдання:**

- засвоєння бакалаврами основних положень теорії надпровідності

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетентностей.

**Інтегральна компетентність:** Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

**Загальні компетентності:**

K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

**Спеціальні (фахові) компетентності:**

K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

Заплановані результати навчання: по проходженні курсу студенти будуть *знати*: зв'язок теорії надпровідності з поняттями та методами квантової теорії конденсованих середовищ, статистичної фізики та теорії фазових перетворень;

*вміти*: застосовувати принципи квантової теорії для пояснення явищ у надпровідниках і обчислення їх фізичних характеристик

*розуміти*: принципи застосування надпровідників у сучасних технологіях.

що забезпечує **програмні результати**

ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

### **3.Зміст навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Феноменологічна теорія надпровідності**

**Тема 1** Ефект Мейснера у надпровідниках. Мейснерівський струм. Ідеальний діаманетизм надпровідників. Мейснерівські струми у однозв'язних та багатозв'язних НП. Руйнування НП магнітним полем і струмом. Правило Сільсбі.

**Тема 2** Основи теорії Лондона. Рівняння Ф. Лондона. Зв'язок між струмом та векторним потенціалом. Опис ефекта Мейснера у НП в теорії Лондона (задача з

плоскою геометрією). Лондонівська глибина проникнення. Явище квантування магнітного потоку.

**Тема 3** Термодинамічний характер переходу надпровідник-нормальний метал. Діаграма стану у змінних магнітне поле -- температура.

**Тема 4** Проміжний стан НП. Фактор намагніченості. Поверхнева енергія на границі НП-НМ. Фактори які впливають на знак поверхневої енергії.

**Тема 5** Лондонівські і Піппардовські НП. Довжина кореляції.

### **Змістовий модуль 2. Основи мікроскопічної теорії надпровідності**

**Тема 6** Основи теорії Гінзбурга-Ландау. Основні рівняння теорії. Границі застосування теорії.

**Тема 7** Задача про проникнення магнітного поля у НП область з плоскою геометрією в теорії Гінзбурга-Ландау. Поверхнева енергія на межі розподілу НП-НМ у теорії Гінзбурга-Ландау. НП 1-го и 2-го роду.

**Тема 8** Основи мікроскопічної теорії низькотемпературної НП. Спектр елементарних збуджень. Нестійкість фермі-сфери. Енергетична щілина. Уявлення про куперівські пари, механізм утворення куперівських пар.

**Тема 9** Одночастинковий тунельний струм на межі НП-НМ и НП-НП. Вольтамперні характеристики контактів.

**Тема 10** Ефекти Джозефсона (на постійному та змінному струмах). SQUID. Застосування надпровідників у сучасних технологіях.

#### **4. Структура навчальної дисципліни**

Назва тем	Кількість годин				
	Очна денна форма				
	Усього	у тому числі			
		Лекц.	Пр.	Лаб.	СР.
1	2	3	4	5	6
<b>Змістовий модуль 1. Основи феноменологічної теорії надпровідності</b>					
Тема 1	6	2	-		4
Тема 2	10	4	2		4
Тема 3	12	4	-		6
Тема 4	8	2	2		4
Тема 5	8	2	2		4
<b>Змістовий модуль 2. Основи мікроскопічної теорії надпровідності</b>					
Тема 6	10	2	-		6
Тема 7	10	2	2		4
Тема 8	12	4	2		6
Тема 9	8	4	2		4
Тема 10	8	4	4		4
	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>14</b>		<b>46</b>

#### **5. Теми семінарських занять**

Семинарські заняття не передбачені навчальним планом.

### 6. Теми практичних занять

№	Назва теми/Питання для підготовки, завдання	Кількість годин
1.	Ефект Мейснера у плоскому шарі	2
2.	Квантовомеханчний вивід рівнянь Лондонів	2
3.	Термодинамічні потенціали у присутності ЕМП	2
4.	Поведінка ентропії і стрибок теплопровідності на кривій рівноваги НМ-НП	2
5.	Нестаціонарний ефект Джозефсона	2
6.	Вольт-амперні характеристики контактів НМ-НП, НП1-НП2	4
	<b>Разом</b>	<b>14</b>

### 7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом.

### 8. Самостійна робота

№	Назва теми/Питання для підготовки, завдання	Кількість годин
1.	Ефект Мейснера у плоскому шарі	2
2.	Квантовомеханчний вивід рівнянь Лондонів	2
3.	Термодинамічні потенціали у присутності ЕМП	1
4.	Поведінка ентропії і стрибок теплопровідності на кривій рівноваги НМ-НП	1
5.	Фізичний зміст рівнянь теорії Гінзбурга-Ландау	1
6.	Структура абрикосівського вихора	1
7.	Нестаціонарний ефект Джозефсона	1
8.	Вольт-амперні характеристики контактів НМ-НП, НП1-НП2	2
9.	Застосування НП у сучасних технологіях	1
	<b>Разом</b>	<b>12</b>

### 9. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються інтерактивні методи навчання, наочні методи навчання. Базовим методом навчання є поєднання лекції та практичних занять. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання:

пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

## 10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання самостійних контрольних робіт студентів, захисту індивідуального завдання.

### Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Критеріями оцінювання є: повнота виконання завдання, структура і якість відповідей та на додаткові запитання викладача.

### Критерії оцінювання контрольних робіт

Критеріями оцінювання є правильність та повнота відповіді на тестові питання, обґрунтування правильних та виправлення помилок в результаті особистого захисту роботи. Кількість балів визначається за сумою правильних відповідей з урахуванням логічних зв'язків між завданнями при комп'ютерній обробці результатів тесту. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування, виконання самостійних та практичних робіт; розв'язання задач.

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти згідно положення ОНУ ім І.І. Мечникова. Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 11. Питання для поточного та підсумкового контролю.

Для кожної теми формами контролю навчальних здобутків студентів є поточний контроль якій здійснюється шляхом виконання завдань і контрольного теста. Питання поточного контролю публікуються у відповідному [G-class](#) і



можуть варіюватись в залежності від рівня аудиторії. [Приклад практичних завдань](https://drive.google.com/file/d/1ps0DzENeLcTxlDWIxTBy-QfckecDmkh/view?pli=1)

<https://drive.google.com/file/d/1ps0DzENeLcTxlDWIxTBy-QfckecDmkh/view?pli=1>

Підсумкові бали для оцінки знань студентів за змістовий модуль розраховуються таким чином:

## 12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний та періодичний контроль										Сума балів
Змістовний модуль 1					Змістовний модуль 2					
T1-T5					T6-T10					
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Контрольна робота M1 100					Контрольна робота M2 100					<b>100</b>

## 13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; [G-class](#) до якого долучаються студенти відповідного курсу; презентації; відео-лекції; методичні вказівки до практичних занять.

## 14. Рекомендована література Основна

1. Довгий Я., Чарівне явище - Надпровідність. Львів, Євросвіт 2000, 323с.
2. K. Fossheim, Superconductivity: Discoveries and Discoverers, Springer 2013
3. Abrikosov A.A., Foundations of physics of metals CUP 1987
4. Vitaly L. Ginzburg, On Superconductivity and Superfluidity a Scientific Autobiography, Springer 2008
5. Abrikosov A.A. Nobel Lecture: Type-II superconductors and the vortex lattice 2004, *Rev.Mod.Phys.*, Vol 76 p. 975-979

### Додаткова

1. J. de Nobel, The discovery of superconductivity, *Physics Today*, 1996, p 40-42
2. А. Варламов, Л. Асламазов, Несамовита фізика. Скрипка, піца, вино і надпровідність. Вид-во Наш Формат 2021, 250с.

## 15. Електронні інформаційні ресурси

1. <https://physicsworld.com/>
2. <http://www.superconductors.org/news.htm>
3. lib.onu.edu.ua
4. phys.onu.edu.ua