

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра фізики та астрономії

Силабус курсу

Фізика надпровідності

Силабус

Обсяг	3 кредити, 90 годин
Семестр, рік	Семестр 7 Рік 4.
Дні, час, місце	Згідно розкладу занять
Викладач	Кулінський Володимир Леонідович, д.ф.м.н., професор
E-mail	kulinskij@onu.edu.ua
Робоче місце	Кафедра фізики та астрономії
Консультації	Очні консультації: четвер, 14.30-17.00, вул Пастера 42, ауд. 31

КОМУНІКАЦІЯ

Комунікація зі студентами: E-mail: kulinskij@onu.edu.ua; Google-Class
(хто має акаунт в onu.edu.ua)

АНОТАЦІЯ КУРСУ

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 Ψ - 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

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Феноменологічна теорія надпровідності

Тема 1 Ефект Мейснера у надпровідниках. Мейснерівський струм. Ідеальний діамагнетизм 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 намагніченності. 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 щільність. Уявлення про куперівські пари, механізм утворення куперівських пар.

Тема 9 Одночастинковий тунельний струм на межі НП-НМ и НП-НП. Вольт-амперні характеристики контактів.

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

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.	Нестационарний ефект Джозефсона	2
6.	Вольт-амперні характеристики контактів НМ-НП, НП1-НП2	4
	Разом	14

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.	Нестационарний ефект Джозефсона	1
8.	Вольт-амперні характеристики контактів НМ-НП, НП1-НП2	2
9.	Застосування НП у сучасних технологіях	1
	Разом	12

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.

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	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

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/1ps0DzENeLcTxxLDWixTBy-QfckecDmkh/view?pli=1>

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

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					100

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.

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.

Електронні інформаційні ресурси

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

ПОЛІТИКА КУРСУ

Визначається нормативними документами/Положеннями, які є чинними в ОНУ імені І.І.Мечникова (<https://onu.edu.ua/uk/geninfo/official-documents>).

Дедлайн виконання завдань з курсу визначає викладач. В разі поважних причин, перенесення терміну виконання завдань дозволяє викладач. Перескладання заборгованостей – з дозволу деканату.

Кожен студент повинен пам'ятати про академічну доброчесність що забезпечується самостійним виконанням навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю, належним посиланням на джерела інформації у разі виконання творчих робіт, дотриманням норм законодавства про авторське право і суміжні права, наданням достовірної інформації про результати власної наукової діяльності.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнуті до академічної відповідальності згідно Положенню про академічну доброчесність в ОНУ імені І.І.Мечникова. (<https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/documents/acad-dobrochesnost.pdf>).

Відвідування занять для студентів є обов'язковим, як і своєчасний прихід на заняття.