

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи
Оксана МОМОТ
«23» червня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Фізика надпровідних матеріалів
для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 Фізика та астрономія
освітній рівень	Бакалавр
освітня програма	Фізика
спеціалізований вибірковий блок	Фізика металів
вид дисципліни	Вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	сьомий
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: професор Семенко Михайло Петрович

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

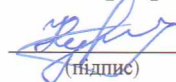
КИЇВ – 2025

Розробники: Семенко Михайло Петрович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів


(підпис)

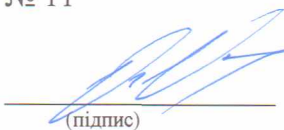
(Василь КУРИЛЮК)

Протокол № 12 від «22» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» червня 2025 року № 11

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Олег ОЛІХ)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – вивчення явища надпровідності, як одного з найбільш цікавих явищ у фізиці, та формування уявлень про основні сучасні напрямки розвитку теоретичних та експериментальних досліджень про явище надпровідності.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, квантової механіки та статистичної фізики, фізики конденсованих середовищ, електродинаміки, курсів вищої математики.
2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів загальної фізики, квантової механіки та статистичної фізики, фізики конденсованих середовищ, математики для розв'язку практичних задач з курсу.
3. Володіти елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.

3. Анотація навчальної дисципліни: Вибіркова навчальна дисципліна “Фізика надпровідних матеріалів” є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”. Розглянуті в курсі поняття широко використовуються в ряді важливих дисциплін, які є складовими таких розділів фізики як фізика та теорія твердого тіла. Результатом навчання є оволодіння знаннями про специфічні властивості надпровідного стану, фізичні механізми таких властивостей та області застосування явища надпровідності. Крім цього, будуть розглянуті основні типи надпровідників та основні теорії, що використовуються для опису явища надпровідності у різних матеріалах. Отримані знання при вивченні цієї дисципліни тісно зв'язані з дисциплінами: “Фізика твердого тіла”, “Квантова теорія твердого тіла”, “Основи магнетизму”, тощо. Крім того, система знань, отримана при вивченні “Фізики надпровідних матеріалів”, є необхідною для вільного ознайомлення з науковою літературою та подальшої підготовки спеціалістів різних кваліфікаційних рівнів. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи. Методи оцінювання: контрольні роботи, звіти по лабораторних роботах, підготовка рефератів.

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з основними властивостями надпровідників, параметрами, що характеризують надпровідний стан, основними теоріями, для опису явища надпровідності. Одним із завдань дисципліни є ознайомлення з різними підходами до опису та аналізу явища надпровідності: термодинамічного, електродинамічного, квантово-механічного, статистичного, які досить широко застосовуються до опису явищ у фізиці, зокрема у фізиці твердого тіла.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП “Фізика”, спеціалізований вибірковий блок «Фізика металів»), дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

інтегральної:

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

загальних:

- § Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. (ЗК1).
- § Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК3).
- § Здатність приймати обґрунтовані рішення. (ЗК5)
- § Навички здійснення безпечної діяльності (ЗК7).
- § Прагнення до збереження навколишнього середовища. (ЗК10).
- § Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. (ЗК12)

фахових:

- § Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. (ФК1).
- § Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів. (ФК2).
- § Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів. (ФК3).
- § Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту. (ФК7).
- § Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).
- § Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей. (ФК10).
- § Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.(ФК13)

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні поняття, що характеризують надпровідний стан, їх фізичний зміст та основні типи надпровідників.	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, , звіти по лабораторних роботах, підготовка рефератів, залік	35
1.2	Знати основні підходи (термодинамічний, електродинамічний) та теорії для опису явища надпровідності.	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, , звіти по лабораторних роботах, підготовка рефератів, залік	35
2.1	Вміти визначати основні параметри надпровідного стану та описувати надпровідний стан з використанням різних підходів.	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, , звіти по лабораторних роботах, підготовка рефератів, залік	30

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибірових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	2.1
Програмні результати навчання			
ПРН1. 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 астрономії.	+	+	+
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+	+
ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	+	+	
ПРН7. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.			+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень..	+	+	+
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:(max/min)

1. Контрольна робота 1 за темами 1-4: РН 1.1 – 17 балів / 11балів
2. Контрольна робота 2 за темами 5-8: РН 1.2 – 17 балів / 11балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 6 бали / 2бали
3. Лабораторні роботи (4 роботи): РН 2.1 – 15 балів / 9балів
4. Підготовка рефератів: РН 2.1 – 5 балів / 3бали

- підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання заліку дорівнює 40. Для отримання заліку оцінка за залік не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 бали. Студент допускається до заліку за умови виконання всіх передбачених планом лабораторних робіт та написання відповідної якості рефератів.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій.

Захист звітів лабораторних робіт та доповіді по рефератам проводиться упродовж семестру.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано /	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Лабора- торні	С/Р
Змістовий модуль 1 Надпровідність та її феноменологічні моделі.				
1	Вступ. Надпровідність, історія її відкриття та розвиток уявлень.	2		
2	Тема 1. Надпровідність – особливий стан речовини. Основні характеристики надпровідного стану. Надпровідник та ідеальний провідник. Магнітні властивості надпровідників. Проміжний стан.			4
3	Тема 2. Термодинаміка надпровідників. Енергія надпровідників. Критичне магнітне поле. Ентропія. Теплоємність. Основні наслідки.	2		4
4	Тема 3. Електродинаміка надпровідників. Перше рівняння Лондонів. Друге рівняння Лондонів. Глибина проникнення магнітного поля. Квантування магнітного потоку. Розподіл поля та струму в найпростіших конфігураціях надпровідників. Пластинки в магнітному полі. Пластинка зі струмом. Пластинка зі струмом в магнітному полі. Плівка над екраном.	4		6
5	Тема 4. Теорія Гінзбурга-Ландау. Основні положення теорії фазових переходів Гінзбурга-Ландау. Рівняння теорії Гінзбурга-Ландау. Довжина когерентності та глибина проникнення. Енергія поверхні розділу між нормальною та надпровідною фазами. Критичне поле тонкої плівки. Критичний струм тонкої плівки.	5		8
6	Модульна контрольна робота 1	1		
Змістовий модуль 2 Використання теорії Гінзбурга-Ландау та мікроскопічна теорія надпровідності.				
7	Тема 5. Надпровідники II роду. Магнітні властивості надпровідників II роду. Поле одиничного вихору. Проміжний стан та друге критичне поле. Оборотної магнітний момент надпровідника II-роду. Поверхнева надпровідність. Поверхневий бар'єр. Перегрів Мейснерівського стану. Критичний струм в надпровідниках II-роду. Пінінг. Термоактиваційний крип. Критичний стан.	4		6
8	Тема 6. Ефект Джозефсона. Фазова когерентність і типи слабких зв'язків. Стаціонарний та нестаціонарний ефект Джозефсона. Відгук Джозефсоновського переходу на зовнішнє магнітне поле. Рівняння Фаррела-Прейнджа. Проникнення магнітного поля в перехід. Слабке та проміжне поле. Сильне магнітне поле. Надпровідні квантові інтерферометри. Одноконтактний та двоконтактний сквід. Використання слабкої надпровідності.	5		8
9	Тема 7. Мікроскопічна теорія надпровідності. Ізотопічний ефект. Електрон-фононна взаємодія. Спектр елементарних збуджень надпровідника. Теорія БКШ та її основні результати.	3		5
10	Тема 8. Високотемпературна надпровідність. Типи високотемпературних надпровідників. Кристалічна структура основних ВТНП керамік. Термодинамічні властивості. Електронні властивості. Основні теорії для опису.	3		5
11	Модульна контрольна робота 2	1		
Перелік лабораторних робіт				
12	Робота 1. Визначення структурних особливостей високо-		4	8

	температурних керамік методами дифракції			
13	Робота 2. Дослідження температурної залежності електроопору надпровідників		4	8
14	Робота 3. Дослідження температурної залежності магнітної сприйнятливості надпровідного стану		3	6
15	Робота 4. Дослідження контрольованих змін кисню в ітрієвій кераміці з використанням вагової головки магнетометра Фарадея		3	7
16	Консультація			1
	ВСЬОГО	30	14	75

Загальний обсяг **120** год., в тому числі:

Лекцій –**30** год.

Лабораторні – **14** год.

Консультації – **1** год.

Самостійна робота - **75** год.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна:

1. V.V. Schmidt. Introduction to the Physics of Superconductors. Springer, 1997. – 238 p.
2. D.R. Tilley, J. Tilley. Superfluidity and Superconductivity. 3rd ed., Institute of Physics Publishing, 1990. – 304 p.
3. D. Saint-James, G. Sarma, E.J. Thomas. Type II Superconductivity. Pergamon Press, 1969. – 366 p. P.G. de Gennes. Superconductivity of Metals and Alloys. Addison-Wesley, 1989 – 281 p.
4. N. Plakida. High-Temperature Cuprate Superconductors: Experiment, Theory, and Applications. Springer Series in Solid-State Sciences, Vol. 166, Springer, 2010. – 570 p.

Додаткова:

1. A. Gurevich, R.G. Mints, A.L. Rakhmanov. Physics of Composite Superconductors. Springer, 1997. – 240 p.
2. L.S. Davydov. High-Temperature Superconductivity. Kyiv: Naukova Dumka, 1990. – 176 p.
3. S.I. Sidorenko, S.M. Voloshko. Materials Science of High-Temperature Superconductors. Kyiv: Vyshcha Shkola, 1995. – 208 p.