

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
Магнетизм в наноструктурах
для студентів

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

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	шостий
Кількість кредитів ECTS	3
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)

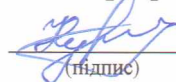
КИЇВ – 2025

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)

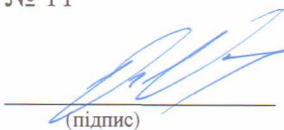
(Василь КУРИЛЮК)

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 – отримання глибоких та систематичних знань у галузі магнетизму та фізики нанокристалічних магнетиків, засвоєння фізичних принципів формування магнітних характеристик магнетиків та експериментальних методів фізики магнетизму, ознайомлення з галузями практичного застосування нанокристалічних магнетиків.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, квантової механіки, фізики твердого тіла. Мати основні уявлення про закони термодинаміки та статистичної фізики.
2. Знати теоретичні основи математичної фізики, методів моделювання фізичних об'єктів і процесів з використанням математичних методів та програмних продуктів, методів експериментальних досліджень, методів структурного аналізу.
3. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, аналітичної геометрії, математичної фізики, загальної фізики, квантової механіки, термодинаміки та статистичної фізики для розв'язку практичних задач.

3. Анотація навчальної дисципліни: У рамках курсу «Магнетизм в наноструктурах» розглядаються сучасні основи класичного магнетизму та вплив на магнітні властивості наноструктурованого стану. За мету дисципліни поставлено ознайомити студентів з фізичними принципами формування магнітного впорядкування в твердих тілах та закономірностями взаємодії між магнітними моментами мікроскопічних та макроскопічних об'єктів. Навчальна задача курсу полягає в оволодінні методами опису магнітних властивостей речовин і засвоєнні теоретичних засад методів досліджень магнітних характеристик твердих тіл та у визначенні ролі нанорозмірного стану у формуванні цих характеристик.

Методи викладання: лекції. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – освоєння студентами методів експериментального дослідження та теоретичного опису властивостей речовин з різними видами магнітного впорядкування та різної розмірності, засвоєння теоретичних засад та методів керування магнітними характеристиками наноматеріалів. Результати навчання полягають в умінні кваліфіковано описувати магнітні явища в конденсованих середовищах, пояснювати механізми впливу зовнішніх магнітних та електромагнітних полів на тверді тіла, орієнтуватись у шляхах керування параметрами магнітних матеріалів.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (шостий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", 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:

- § Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК3)
- § Здатність приймати обґрунтовані рішення. (ЗК5)
- § Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні. (ЗК14).

- § Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя (ЗК15).

фахових:

- § Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень. (ФК4).
- § Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту. (ФК14)

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати джерела магнетизму мікроскопічних та макроскопічних об'єктів, види та характер взаємодій між магнітними моментами, області застосування та вимоги до параметрів магнітних матеріалів.	лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік	50
2.1	Вміти описувати магнітні явища в наноматеріалах, кваліфіковано пояснювати механізми впливу зовнішніх полів на нанорозмірних магнетиках, орієнтуватись у шляхах керування параметрами магнітних матеріалів, добирати необхідний комплекс експериментальних методик для з'ясування природи взаємодій, що визначають магнітні властивості твердого тіла, зокрема і в нанорозмірному стані.	лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік	50

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

Результати навчання дисципліни		1.1	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.		+	+

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.		+
ПРН16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.	+	+
ПРН25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітніх траєкторій та професійного розвитку.		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання: (max/min)

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-7: РН 1.1 – 25+5=25 балів / 16 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 8-14: РН 2.1 – 25+5=25 балів / 16 балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 10 балів / 4

бали

- 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 загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше, ніж 36 балів. Студент допускається до заліку за умови виконання всіх передбачених планом завдань для самостійної роботи.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій. Опитування 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	семінари	С/Р
Розділ 1 «Основи класичного магнетизму»				
1	Вступ. Тема 1. Ядерний та атомний магнетизм Магнітні моменти елементарних частинок, ядер та атомів. Статична магнітна сприйнятливість систем слабо взаємодіючих часток та сильно скорельованих систем.	3		4
2	Тема 2. Основні властивості феромагнетиків. Теорія молекулярного поля Вейсса та його природа. Модель Гейзенберга-Френкеля та модель Ізінга. Температурна залежність намагніченості та сприйнятливості. Точка Кюрі.	3		4
3	Тема 3. Види обмінної взаємодії. Пряма обмінна взаємодія. Непрямий обмін у феродіелектриках. Обмін через електрони провідності. s-d модель Вонсовського. Критерій феромагнетизму металів та феродіелектриків.	2		4
4	Тема 4. Антиферомагнетизм. Модель Нееля. Температурна залежність намагніченості антиферомагнетика. Точка Нееля. Кристалографічні особливості та магнітні властивості феритів.	2		4
5	Тема 5. Феримагнетизм. Теорія феромагнетизму Нееля. Кристалографічні особливості та магнітні властивості феритів.	2		4
6	Тема 6. Інші види магнітного упорядкування. Слабкий феромагнетизм (модель Дзялошинського). Гелімагнетизм та інші види неколінеарних магнітних структур. Спінове скло та його основні характеристики.	2		4
7	Тема 7. Поведінка магнітних домішок в немагнітних матрицях.	2		4
	Модульна контрольна робота 1	2		
Розділ 2 «Магнітні характеристики аморфних та нанокристалічних матеріалів»				
8	Тема 8. Магнітна анізотропія. Природа та види магнітної анізотропії. Температурна залежність констант магнітної анізотропії.	2		4
9	Тема 9. Доменна структура. Рівноважний розмір магнітного домена. Види доменних стінок. Розрахунок рівноважної товщини доменної стінки. Однодоменні частинки та їх властивості.	2		4
10	Тема 10. Суперпарамагнетизм.	2		4
11	Тема 11. Намагніченість нанокластерів та наноструктур. Квантове магнітне тунелювання.	2		4
12	Тема 12. Гігантський магнітоопір. Квантовий ефект Холла.	2		4
13	Тема 13. Особливості магнітних фазових переходів в наноструктурах та аморфних системах.	2		4

14	Тема 14. Прикладні застосування магнетиків. Вимоги до параметрів магнітних матеріалів.	2		4
	Модульна контрольна робота 2	2		
	ВСЬОГО	34		56

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:

Лекцій – **34** год.

Лабораторні – **0** год.

Консультації – **0** год.

Самостійна робота - **56** год.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна:

1. J.M.D. Coey. Magnetism and Magnetic Materials. – Cambridge, Cambridge University Press, 2010. – 614 p.
2. Кондир А. І. Наноматеріалознавство і нанотехнології. Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 452 с.
3. О.І. Товстолиткін, М.О. Боровий, В.В. Курилюк, Ю.А. Куницький. Фізичні основи спінтроники. Навчальний посібник. – Вінниця, Нілан-ЛТД, 2014. – 500 с.
4. M. Getzlaff. Fundamentals of Magnetism. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2008. – 387 p.
5. J.P. Liu, E. Fullerton, O. Gutfleish, D.J. Sellmyer. Nanoscale Magnetic Materials and Applications. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2009. – 720 p.

Додаткова:

1. N.A. Spaldin. Magnetic Materials: Fundamentals and Applications. – Cambridge, Cambridge University Press, 2011. – 274 p.
2. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, М.І. Захаренко, А.С. Волощенко. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем. – Київ: Академперіодика, 2003 – 208 с.
3. A.P. Guimaraes. Principles of Nanomagnetism. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2008. – 222 p.
4. А.М. Погорілий, С.М. Рябченко, О.І. Товстолиткін. Спінтроніка. Основні явища. Тенденції розвитку – УФЖ. Огляди, 2010, т. 6, №1, С. 37–97 (http://www.ujp.bitp.kiev.ua/files/reviews/6/1/r06_01_03pu.pdf).