

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Фізичні властивості матеріалів з магнітним впорядкуванням**  
для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
освітній ступінь Бакалавр  
освітня програма "Фізичне матеріалознавство/неметалічне матеріалознавство"  
вид дисципліни Вибіркова *ВК 4.4.1*

|   |            |
|---|------------|
| Форма навчання                          | денна      |
| Навчальний рік                          | 2022/2023  |
| 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)

КИЇВ – 2022

Розробник: Семенко Михайло Петрович, д.ф.-м.н., професор, професор кафедри фізики металів.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів

  
(підпис)

(Курилюк В.В.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол від « 20 » травня 2022 р. за № 8

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол від «10» червня 2022 року за № 11

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

( Оліх.О.Я. )  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – формування у студентів систематичних уявлень про види взаємодії між магнітними моментами мікроскопічних та макроскопічних об'єктів, природу магнітного впорядкування в речовині та методи впливу на магнітні характеристики твердих тіл.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Успішне опанування курсів математичного аналізу, загальної фізики, квантової механіки, статистичної фізики, фізики твердого тіла.
2. Знання теоретичних основ математичної фізики, методів моделювання фізичних об'єктів і процесів з використанням математичних методів та програмних продуктів, методів експериментальних досліджень, методів структурного аналізу.

**3. Анотація навчальної дисципліни:** У рамках курсу "Фізичні властивості матеріалів з магнітним впорядкуванням" розглядаються сучасні підходи експериментального дослідження і теоретичного опису магнітних явищ в конденсованих середовищах. Мета вивчення дисципліни – 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. 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. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, 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, засвоєння теоретичних засад та методів керування магнітними характеристиками твердих тіл.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (шостий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП ""Фізичне матеріалознавство/неметалічне матеріалознавство" дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*інтегральної:*

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

*загальних:*

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. (ЗК1).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК3)
- Здатність бути критичним і самокритичним. (ЗК4).

*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 самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей. (ФК10)

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

| Результат навчання<br>(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 | 40   |
| 2.1   | Вміти описувати магнітні явища в конденсованих середовищах, кваліфіковано пояснювати механізми впливу зовнішніх полів на тверді тіла, орієнтуватись у шляхах керування параметрами магнітних матеріалів, добирати необхідний комплекс експериментальних методик для з'ясування природи взаємодій, що визначають магнітні властивості твердого тіла. | лекції, самостійна робота             | Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік | 40   |
| 2.2   | Вміти визначати основні магнітні параметри матеріалів різними методами  | Лабораторні роботи, самостійна робота | Результати виконання лабораторних робіт   | 20   |

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

| Результати навчання дисципліни  | 1.1 | 2.1 | 2.2 |
|---|-----|-----|-----|
| <b>Програмні результати навчання</b>  |     |     |     |
| 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/або 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,   | +   | +   |     |

\* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання. |  |  |  |
|---|--|--|--|

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання: (max/min)

1. Контрольна робота 1 за темами 1-7 – 10 балів / 7 балів
2. Контрольна робота 2 за темами 8-14: – 10 балів / 6 балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 4 бали / 2 бали
3. Лабораторні роботи (6 робіт) : – 12 балів / 7 балів
4. Підготовка рефератів: РН 2.1 – 4 бали / 2 бали

#### - підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання заліку дорівнює 60. Для отримання заліку оцінка за залік не може бути меншою 36 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 24 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 / Fail | 0-59   |

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

| №<br>п/п   | Назва лекції  | Кількість годин |      |     |
|--|---|-----------------|------|-----|
|  |   | лекції          | Л.Р. | С/Р |
| Частина 1 «Джерела магнетизму мікроскопічних та макроскопічних об'єктів» |   |                 |      |     |
| 1  | Вступ.<br>Тема 1. Магнітні властивості твердих тіл: загальна інформація.  | 2               |      | 2   |
| 2  | Тема 2. Спін як невід'ємна характеристика квантових об'єктів. Власний магнітний момент електрона.                           | 2               |      | 2   |
| 3  | Тема 3. Магнітні моменти електронних оболонок атомів.   | 2               |      | 3   |
| 4  | Тема 4. Атомний діамagnetизм і парамагнетизм.   | 2               |      | 2   |
| 5  | Тема 5. Обмінна взаємодія та магнітне впорядкування в твердих тілах.  | 2               |      | 3   |
| 6  | Тема 6. Магнітна анізотропія та магнітострикція. Взаємодії, які лежать в їхній основі.                                      | 2               |      | 3   |
| 7  | Тема 7. Магнітні фазові переходи.   | 2               |      | 2   |
|  | Контрольна робота 1   |                 |      | 2   |
| Частина 2 «Поведінка магнетиків у зовнішніх електромагнітних полях»      |   |                 |      |     |
| 8  | Тема 8. Енергія феромагнітного стану.   | 2               |      | 2   |
| 9  | Тема 9. Магнітні домени та причини їх утворення. Намагнічування багатодоменного магнетика. Крива технічного намагнічування. | 2               |      | 3   |
| 10   | Тема 10. Магнітом'які та магнітожорсткі матеріали   | 2               |      | 2   |
| 11   | Тема 11. Особливості магнітних властивостей аморфних та нанокристалічних матеріалів.  | 2               |      | 3   |
| 12   | Тема 12. Динамічні процеси в магнетиках.  | 2               |      | 2   |
| 13   | Тема 13. Магнітний резонанс та його різновиди.  | 2               |      | 3   |
| 14   | Тема 14. Прикладні застосування магнетиків. Вимоги до параметрів магнітних матеріалів.                                      | 2               |      | 2   |
|  | Контрольна робота 2   |                 |      | 2   |
|  | Перелік лабораторних робіт.   |                 |      |     |
| 1  | Ознайомлення з методами досліджень статичних та динамічних магнітних параметрів   |                 | 2    | 2   |
| 2  | Визначення температури Кюрі нікелю методом диференціального термічного аналізу  |                 | 2    | 2   |
| 3  | Визначення температури Кюрі нікелю резистивним методом  |                 | 2    | 2   |
| 4  | Дослідження магнітної сприйнятливості слабкомагнітних речовин методом Фарадея   |                 | 3    | 2   |
| 5  | Визначення температури Кюрі та магнітного моменту нікелю методом Фарадея  |                 | 3    | 2   |
| 6  | Ознайомлення з методом вібраційного магнетометра для  |                 | 2    | 2   |

|  |  |           |           |           |
|--|--|-----------|-----------|-----------|
|  | отримання кривих намагнічування (петель гістерезису) |           |           |           |
|  |  |           |           |           |
|  | <b>ВСЬОГО</b>  | <b>28</b> | <b>14</b> | <b>48</b> |

Загальний обсяг **90 год.<sup>1</sup>**, в тому числі:

Лекцій – **28 год.**

Лабораторні – **14 год.**

Консультації – **0 год.**

Самостійна робота - **48 год.**

---

<sup>1</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### Основна:

1. J.M.D. Coey. *Magnetism and Magnetic Materials*. – Cambridge, Cambridge University Press, 2010. – 614 p.
2. С. Тикадзуми. *Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества*. – М., Мир, 1983. – 304 с.
3. E.L. Wolf. *Nanophysics and nanotechnology. An Introduction to modern Concepts in Nanoscience*. Wiley-VCH, Verlag GBH&Co.KGaA.2004. – 185 p.
4. С. Тикадзуми. *Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения*. – М., Мир, 1987. – 420 с.
5. О.І. Товстоли́ткін, М.О. Боровий, В.В. Курилюк, Ю.А. Куницький. *Фізичні основи спітроніки. Навчальний посібник*. – Вінниця, Нілан-ЛТД, 2014. – 500 с.
6. А.Г. Гуревич, Г.А. Мелков. *Магнитные колебания и волны*. – Москва, Физматлит, 1994. – 464 с.
7. M. Getzlaff. *Fundamentals of Magnetism*. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2008. – 387 p.
8. 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. Е.С. Боровик, В.В. Еременко, А.С. Мильнер. *Лекции по магнетизму*. – М., Физматлит, 3-е изд., 2005. – 512 с.
2. N.A. Spaldin. *Magnetic Materials: Fundamentals and Applications*. – Cambridge, Cambridge University Press, 2011. – 274 p.
3. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, М.І. Захаренко, А.С. Волощенко. *Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем*. – Київ: Академперіодика, 2003 – 208 с.
4. A.P. Guimaraes. *Principles of Nanomagnetism*. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2008. – 222 p.
5. А.М. Погорілий, С.М. Рябченко, О.І. Товстоли́ткін. *Спітроніка. 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](http://www.ujp.bitp.kiev.ua/files/reviews/6/1/r06_01_03pu.pdf)).