



# МАГНІТНІ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                             |                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | <i>Другий (магістерський)</i>                                                                                                                                                                        |
| Галузь знань                                | <i>13 Механічна інженерія</i>                                                                                                                                                                        |
| Спеціальність                               | <i>132 Матеріалознавство</i>                                                                                                                                                                         |
| Освітня програма                            | <i>Освітньо-наукова програма «Матеріалознавство» (2023)</i>                                                                                                                                          |
| Статус дисципліни                           | <i>Вибіркова</i>                                                                                                                                                                                     |
| Форма навчання                              | <i>очна(денна)</i>                                                                                                                                                                                   |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>2 курс, осінній семестр</i>                                                                                                                                                                       |
| Обсяг дисципліни                            | <i>5 кредитів ECTS, 36 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 96 годин СРС</i>                                                                                                                    |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>Екзамен / Модульна контрольна робота</i>                                                                                                                                                          |
| Розклад занять                              | <a href="http://roz.kpi.ua">roz.kpi.ua</a>                                                                                                                                                           |
| Мова викладання                             | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                    |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: <i>к.т.н., доцент Троснікова Ірина Юріївна</i> , mail: <a href="mailto:itrosnikova@gmail.com">itrosnikova@gmail.com</a><br>Практичні заняття: <i>к.т.н., доцент Троснікова Ірина Юріївна</i> |
| Розміщення курсу                            | <a href="#">Магнітні та електротехнічні порошкові матеріали</a> – Google Диск                                                                                                                        |

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Вивчаючи дисципліну, студенти узагальнюють власні знання з різних дисциплін та більш глибоко вивчають зв'язок між структурою та магнітними і електричними властивостями матеріалів, технологією отримання цих матеріалів на основі сучасних уявлень теорії магнетизму та застосуванням передових технологій.*

*Предметом навчальної дисципліни є оволодіння навичками розробки структури та технології магнітних та електротехнічних порошкових матеріалів з наперед заданими властивостями на основі сучасних уявлень теорії магнетизму та застосування передових технологій.*

*Метою дисципліни є підсилення у здобувачів вищої освіти загальних та фахових компетентностей, зокрема: здатності розробляти нові та використовувати стандартні технології виготовлення виробів; здатності розробляти нові матеріали з використанням засобів автоматизації проектування та розрахунку рівня властивостей на основі сучасних систем й передового досвіду розроблення конкурентоспроможних матеріалів та виробів; здатності самостійно проводити експериментальні роботи, спрямовані на впровадження нових технологічних процесів у виробництво.*

*Після засвоєння навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти повинні продемонструвати наступні результати: використовувати інформацію щодо умов виготовлення та експлуатації виробів при розробці нового матеріалу та технології його оброблення, визначати та формулювати технічні вимоги до матеріалу виробів та*

можливості їх забезпечення, розробляти шляхи підвищення експлуатаційних властивостей вибраних матеріалів; визначати необхідність проведення експертних досліджень зруйнованих виробів, вибирати методики для отримання достовірних даних та їх контролю, узагальнення їх результатів та розроблення шляхів підвищення якості виробів; застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями, що приймаються під час розв'язання складних матеріалознавчих задач; адаптуватися в змінному професійному середовищі в процесі якісного виконання професійних задач.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна викладається у другому семестрі підготовки за освітньо-професійною програмою підготовки магістрів. Для успішного засвоєння дисципліни здобувач вищої освіти повинен володіти набором компетентностей та програмних результатів навчання дисциплін:

- інженерне матеріалознавство;
- сучасні методи дослідження матеріалів.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим формує набір компетентностей для подальшого їх застосування на практиці. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні магістерської дисертації, тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна «Магнітні та електротехнічні порошкові матеріали» містить один змістовний модуль: «Магнітні та електротехнічні порошкові матеріали».

Розділ 1. Вступ. Сучасний стан фізики магнітних матеріалів. Області використання магнітних та електротехнічних матеріалів.

Розділ 2. Теоретичні основи магнетизму та створення магнітних матеріалів. Теорія магнетизму. Основні типи магнітного стану речовини. Теорія кривої намагнічування. Квантова теорія спонтанної намагніченості. Антиферромагнетизм та ферромагнетизм. Теорія Вейса. Рідкоземельні феро- та антиферромагнетики. Магнітокристалічна анізотропія магнітних матеріалів. Магнітопружність взаємодія, магніострикція. Магнітні властивості матеріалів в змінних магнітних полях. Феромагнітний резонанс. Гальваномагнітні ефекти в феромагнетиках. Ефект Холла. Магнітокалоричний ефект.

Розділ 3. Магнітні матеріали. Загальна класифікація магнітних матеріалів. Магнітно-м'які матеріали на основі заліза, сплавів заліза, оксидів заліза. Магнітно-тверді матеріали. Магніти на основі сполук кобальту заліза, кобальту с РЗМ. Аморфні магнітні матеріали, способи їх отримання. Наноструктуровані магнітні матеріали. Магніострикційні (п'єзомагнітні) матеріали.

Розділ 4. Електричні властивості матеріалів, електротехнічні матеріали. Класифікація матеріалів за електричними властивостями. Діелектрики. Ґраткова та електронна поляризація діелектриків. Сегнетоелектрики. Контактні електричні матеріали. Катодні матеріали. Надпровідники. Високотемпературна надпровідність. Надпровідні матеріали на основі оксидних систем.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова література:

1. Daichi Azuma. Magnetic materials: Materials, Components, and Reliability. - 2018.
2. S.M.Yusuf Functional Magnetic Materials: Fundamental and Technological Aspects Functional Materials / Preparation, Processing and Applications, 2012. - p. 111-154.
3. Giuseppe Florio. Structural Features of Magnetic Materials // Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 2021.

4. L.J.M.Živković *Electrotechnical materials: Microphysics structure properties / Microelectronics Journal*. - Volume 26. - Issue 5. - 2004.

*Додаткова література:*

5. Мишин Д.Д. *Магнитные материалы*. - Москва: Высшая школа, 1991. - 268 с.

6. Барьяхтар В.Г. *Магнитные материалы. Свойства и применение*. - Киев: Наукова думка, 1998.

7. Семиноженко В.П. *Высокотемпературные сверхпроводящие материалы с критическими параметрами*, с. 385-401, Київ: Наукова думка, 1998 р.

8. Преображенский А.А. *Теория магнетизма, магнитные материалы и элементы: уч. пособие*. - Москва: Высшая школа, 1982. - 288 с.

9. *Спеченные материалы для электротехники и электроники. Справочник под ред. Гнесина Г.Г.* - Москва: Металлургия, 1981. - 344 с.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи практичних робіт. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

#### Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Зміст лекційних занять

Лекція №1. Сучасний стан фізики магнітних матеріалів, області використання магнітних та електротехнічних матеріалів. Магнітні матеріали в елементах пам'яті, відео-, аудіопристроях та комп'ютерах. Динаміка споживання магнітних матеріалів, прогнози розвитку та схема організації роботи в області магнітного матеріалознавства (на самостійне вивчення). Література: [1], [2], [3].

Лекція №2. Магнітні властивості електрону та електронної оболонки атома. Модель атому Бора. Квантова теорія магнетизму. Основні типи магнітного стану речовини. Діамагнетизм. Парамагнетизм (на самостійне вивчення). Література [1], [7], [8].

Лекція №3. Загальні відомості про феромагнетизм. Теорія кривої намагнічування. Петля гістерезису. Намагнічування змінним полем. Розмагнічуючий фактор (на самостійне вивчення). Література [1], [7], [8].

Лекція №4. Антиферомагнетизм та феромагнетизм. Теорія Вейса. Рідкоземельні феро- та антиферомагнетики. Основні взаємодії у феромагнітному кристалі та умови стійкого стану феромагнетику. Доменна структура феромагнетиків. Типи доменних структур (на самостійне вивчення). Література [1], [7], [8].

Лекція №5. Однодоменні структури наночастинок. Визначення критичного розміру частинок для магнітних порошків в залежності від їх намагніченості, кристалічної структури та форми (на самостійне вивчення). Література [1], [4], [10].

Лекція №6. Магнітокристалічна анізотропія магнітних матеріалів. Магнітопружність та магнітостатична взаємодія. Магнітострикція (на самостійне вивчення). Магнітокристалічна взаємодія електронів. Константи магнітокристалічної анізотропії магнітних матеріалів. Література [1], [7], [8].

Лекція №7. Магнітні властивості матеріалів в змінних магнітних полях. Феромагнітний резонанс. Гальваномагнітні ефекти в феромагнетиках. Ефект Холла, магнетоопір, ефект Ернста-Еттигаузена (на самостійне вивчення). Література [1], [5], [8].

Лекція №8. Магнітокалоричний ефект. Методи вимірювання ефектів. Матеріали з гігантським магніторезистивним ефектом (на самостійне вивчення). Література [3], [6], [8].

Лекція №9. Вимоги щодо магнітом'яких матеріалів. Загальна класифікація магнітних матеріалів. Технічне чисте залізо. Електротехнічні сталі, пермалої. Література: [1], [3], [4], [8].

Лекція №10. Магнітом'які ферити. Властивості та технології отримання. Магнітодіелектрики (на самостійне вивчення). Властивості та технології отримання.

Порівняння характеристик магнітом'яких матеріалів на основі заліза та оксидів. Література: [1], [4], [8].

Лекція №11. Магнітотверді матеріали. Вимоги щодо магнітотвердих матеріалів. Динаміка розвитку технічних вимог до постійних магнітів (на самостійне вивчення). Література: [1], [6], [7].

Лекція №12. Магнітотверді матеріали на основі сплавів заліза – альні, альніко. Технологія отримання спечених магнітів зі сплавів, вплив легуючих домішок на їх властивості (на самостійне вивчення). Література: [2], [6], [8].

Лекція №13. Магнітотверді ферити. Ферити барію та стронцію. Технологія одержання ізотропних та анізотропних барієвих та стронцієвих магнітів. Магніти на основі інтерметаличних сполук кобальту, заліза, кобальту з РЗМ (на самостійне вивчення). Література: [2], [3], [5].

Лекція №14. Магнітотверді матеріали. Перспектива підвищення якості постійних магнітів. Магнітопласти (на самостійне вивчення). Література: [2], [3], [10].

Лекція №15. Аморфні магнітні матеріали. Магнітом'які аморфні магнітні матеріали, магнітотверді аморфні магнітні матеріали. Способи отримання аморфних магнітних матеріалів (на самостійне вивчення). Література: [2], [9], [10].

Лекція №16. Класифікація матеріалів: діелектрики, сегнетоелектрики, напівпровідники, провідники, надпровідники (на самостійне вивчення). Література: [4], [9].

Лекція №17. Діелектрики. Ґраткова та електронна поляризація діелектриків. Сегнетоелектрики. Література: [4].

Лекція №18. Спонтанна поляризація діелектриків (на самостійне вивчення). Вступ до термодинаміки сегнетоелектриків. Література: [4].

### **Зміст практичних занять**

Основні завдання циклу практичних занять є придбання студентами практичних навичок розрахунку магнітних та електричних характеристик матеріалів для контролю експлуатаційних характеристик виробів з них.

Практична робота №1. Теорія магнетизму.

Практична робота №2. Квантова теорія спонтанної намагніченості.

Практична робота №3. Антиферромагнетизм та ферромагнетизм. Магнітокристалічна анізотропія магнітних матеріалів.

Практична робота №4. Магнітокристалічна анізотропія магнітних матеріалів (0,5 години). Тематична контрольна робота (0,5 години).

Практична робота №5. Феромагнітний резонанс.

Практична робота №6. Магнітокалоричний ефект.

Практична робота №7. Ефект Холла, магнітокалоричний ефект.

Практична робота №8. Електричні властивості матеріалів.

Практична робота №9. Розрахунок узагальненої електропровідності матеріалів (0,5 години). Тематична контрольна робота (0,5 години).

### **Самостійна робота студента**

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 96 годин) з дисципліни полягає в: самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих методів аналізу взаємного зв'язку властивостей матеріалів на власні наукові дослідження – в розрахунок 2 години на лекційне заняття = 36 годин; підготовці до виконання практичних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунок 2 години на виконання практичної роботи = 18 годин; підготовці до модульної контрольної роботи (двох тематичних контрольних робіт) – 12 годин; підготовці до підсумкової атестації – екзамену (30 годин).

## **Політика та контроль**

### **6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять не є обов'язковим.

Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми.

Завдання пропущеного практичного заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за практичне заняття знімається 10% за кожні дві години пропуску.

- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.

- Результати виконаних практичних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних рід руки. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.

- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання практичних робіт, у тому числі, використання даних для робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.

- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Тестування за пропущену лекцію має бути пройдено не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з практичних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.

- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

## **7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

PCO з дисципліни розроблене за типом PCO-2 і складається з двох складових:

- стартової – оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру - максимально 50 балів;
- екзаменаційної – оцінювання окремих завдань на екзамені - максимально 50 балів.

Поточний контроль:

- ведення конспекту та активної участі на лекційних заняттях – 2 бали. Бали за опитування на пропущених лекціях компенсуються виконанням тестування (див. п.6).
- захист звітів з практичних робіт всього максимально 18 балів – максимум 2 бали з кожної роботи (всього 9 практичних робіт).
- модульна контрольна робота складається з 2-х тематичних контрольних робіт, які проводяться на 4-му та 9-му практичному занятті, та містить, окрім теоретичних питань, задачі (<https://forms.gle/EfubNNM8E6BwCQHTA>). Максимальна оцінка за МКР – 30 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу: щоб отримати позитивний результат у першому календарному контролі, необхідно мати мінімум 10 балів (1-ша тематична контрольна робота та 3 практичні роботи), другого – мінімум 20 балів (2-га тематична контрольна робота та 7 практичних робіт), які студент отримує за практичні роботи та тематичні контрольні роботи.

Семестровий контроль: екзамен.

Мінімальна кількість балів, з якою студент допускається до складання екзамену, складає 30 балів.

Бали за екзамен нараховуються за оцінювання теоретичних завдань (<https://forms.gle/VdQajGn3UxyUcFBQA>) - всього 20 балів, та 2-х задач, відповідно:

- теоретичні завдання – 20 балів;
- задача 1 – 15 балів;
- задача 2 – 15 балів.

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 7-8 балів, за неправильне використання одиниць вимірювання на 3 бали, за неправильне використання термінів на 1 бал.

Після оцінювання відповідей на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) підсумовуються стартові бали та бали за екзамен, зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою (таблиця).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| Кількість балів           | Оцінка       |
|---------------------------|--------------|
| 100-95                    | Відмінно     |
| 94-85                     | Дуже добре   |
| 84-75                     | Добре        |
| 74-65                     | Задовільно   |
| 64-60                     | Достатньо    |
| Менше 60                  | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску | Не допущено  |

## 8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Результати навчання за даним освітнім компонентом, здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (окремі теми, окремі лабораторні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті" (<https://osvita.kpi.ua/node/179>)."

Перелік питань, які виносяться на самостійну роботу, вказані у п.5.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцентом кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, к.т.н.,доцентом Тросніковою Іриною Юріівною.

Ухвалено кафедрою високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № 3 від 30 вересня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона (протокол № 02/25 від 16 жовтня 2025 р.)