



# Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен/домашня контрольна робота</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., асистент Соловйова Тетяна Олександрівна, e-mail: <a href="mailto:tsolov_1@ukr.net">tsolov_1@ukr.net</a></i> Лабораторні: <i>к.т.н., асистент Соловйова Тетяна Олександрівна, e-mail: <a href="mailto:tsolov_1@ukr.net">tsolov_1@ukr.net</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/Mzg4ODM4MDQ4MjMz?cjc=4ey2ec5">https://classroom.google.com/c/Mzg4ODM4MDQ4MjMz?cjc=4ey2ec5</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Курс «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» розроблено таким чином, щоб надати студентам необхідні знання для набуття компетентності з питань фізичних властивостей матеріалів та методів їх дослідження. У курсі представлено як теоретичні основи, так і практичні знання щодо розуміння взаємозв'язку природи та фізичних властивостей матеріалів. Розглянуто принцип роботи обладнання і пристроїв, як складових сучасних методів досліджень.

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів компетентностей у відповідності до ОПП:

- **K35** Здатність приймати обґрунтовані рішення
- **KС5** Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем
- **KС10** Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань
- **KС12** Здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів

**Програмні результати навчання:**

- **ПРН1** Володіти логікою та методологією наукового пізнання
- **ПРН8** Уміти застосувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі
- **ПРН9** Уміти експериментувати та аналізувати дані

- ПРН12 Знати інженерні дисципліни, що лежать в основі спеціальності, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів програми, в тому числі мати певну обізнаність в їх останніх досягненнях
- ПРН22 Використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів
- ПРН24 Знання технічних характеристик, умов роботи, застосування виробничого обладнання для обробки матеріалів та контрольно-вимірювальних приладів
- ПРН29 Знання методів визначення фізичних та технологічних властивостей порошкових матеріалів

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

Вивчення даного кредитного модулю базується на знаннях та вміннях, одержаних при засвоєнні таких кредитних модулів як: «Фізика», «Фізична хімія», «Фізика конденсованого стану», «Електротехніка та електроніка», «Вища математика».

Знання, що студент отримує під час вивчення дисципліни «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» необхідні для поглибленого вивчення таких дисциплін циклу професійно-орієнтованих: «Основи металознавства», «Матеріалознавство тугоплавких матеріалів», «Стандартизація, метрологія та контроль якості продукції», «Теорія тепло- та масопереносу в матеріалах», «Матеріалознавство тугоплавких композиційних матеріалів 3-Композиційні матеріали».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### ***Розділ 1. Основні положення***

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання

Тема 1.1 Вступ. Основні поняття. Фізичні властивості матеріалів. Сучасні методи дослідження фізичних властивостей матеріалів.

Тема 1.2 Основи вакуумної техніки. Установки для отримання вакууму.

Тема 1.3 Мікроскопічні дослідження матеріалів.

### ***Розділ 2. Методи дослідження теплових властивостей матеріалів.***

Тема 2.1 Міжнародна практична шкала температур. Методи вимірювання температури.

Тема 2.2 Термічні методи аналізу

### ***Розділ 3. Електрофізичні та магнітні властивості матеріалів та методи їх дослідження***

Тема 4.1. Електрофізичні властивості матеріалів.

Тема 4.2. Магнітні властивості матеріалів.

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

### Список базової літератури:

1. Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів : навч. посіб. / Т. П. Говорун, А. Ф. Будник, В. Б. Юскаєв. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 255 с.
2. Елманов Г.Н., Зуев М.Т., Смирнов Е.А. Теплопроводность металлов и сплавов: Лабораторный практикум. М.: МИФИ, 2007. – 32 с.
3. Журавлёв Л.Г., Филатов В.И. Физические методы исследования металлов и сплавов: Учебное пособие для студентов металлургических специальностей. -Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004, 157 с.
4. Елманов Г.Н., Зуев М.Т., Смирнов Е.А. Теплоемкость металлов и сплавов: Лабораторный практикум. М.: МИФИ, 2007. – 32 с
5. Швець Є.Я., Червоний І.Ф., Головка О.П. Матеріали електронної техніки. Навчальний посібник. –Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2008. – 380 с.

### Список допоміжної літератури:

6. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу "Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів"-К. «Політехніка», 2004,48 с.
7. Бобицький Я. Порівняльний аналіз оптичних методів вимірювання розмірів мікрочастинок. Вимірювальна техніка та метрологія, № 67, 2007 р. С. 48-54.
8. Холявко В. В. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів [текст]: навчальний посібник для студентів галузі знань 13 – Механічна інженерія спеціальності 132 – Матеріалознавство денної та заочної форм навчання / В. В. Холявко, І. А. Владимирський, О. О. Жабинська. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 156 с.
9. Експериментальні дослідження в металургії: підручник / Колесник М.Ф., Кириченко О.Г.; Запоріж. Держ. Інж.акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2014. – 352 с.
10. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи.-М.; Металлургия, 1975,448 с.
11. Лившиц Б.Г., Краношин В.С, Липецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1980,320 с.
12. Введенский В.Ю., Лилеев А.С. Физические методы исследования: Магнитные свойства:Курс лекций. – М.:Изд.ДомМИСиС, 2010. – 143 с.
13. Паничкина В.В., Уварова И.В. Методы контроля дисперсноудельнойповерхностиметаллическихпорошков. - Киев: Наукова думка, 1973, 256 с.
14. Основывакуумнойтехники, технологии: учеб. пособие / А.Н. Ярмонов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 174 с.

Примірники основної навчальної літератури доступні студентам з фондів НТБ та з інтернет-ресурсів, а також знаходяться на Googleдиску викладача за посиланням <http://surl.li/addde> (файли надаватимуться).

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

### **Лекційні заняття**

**Заняття 1.** Визначення природи фізичних властивостей на основі комплексного аналізу рентгенофазових, електронно-мікроскопічних, концентраційних досліджень.

Закони випромінювання. Вимірювання температури. Простий та диференційний термічний аналіз. Теплове розширення твердих тіл внаслідок ангармонізму коливань кристалічної ґратки. Дилатометрія та типи дилатометрів.

*Рекомендації:* конспектування, робота з літературою: [1] [3] с.16-49.; [4] с.16.; [6] с.31-39.

**Заняття 2.** Електричні властивості матеріалів. Визначення тензора електропровідності з кінетичного рівняння Больцмана. Вплив на електропровідність дефектної, гетерогенної та морфологічної структури матеріалів. Методи вимірювання електричного опору литих та спечених порошкових і композиційних матеріалів. Методи мостів, метод трансформатору та компенсаторний метод.

*Рекомендації:* конспектування, робота з літературою: [1] с.89-103; [2].

*Видача завдання на домашню контрольну роботу.*

### **Лабораторні заняття**

Основні завдання циклу лабораторних занять: *підтвердження теоретичних знань, оволодіння практичними навичками дослідження фізичних властивостей матеріалів.*

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд.год.
1	<b>Лабораторна робота №1</b> Вимірювання термічного коефіцієнту розширення матеріалів.	2
2	<b>Лабораторна робота №2</b> Вимірювання електроопору матеріалів	2
Всього		4

## 6. Самостійна робота студента

Індивідуальне завдання: написання однієї домашньої контрольної роботи (ДКР). – 10 год.

Підготовка звіту та до захисту лабораторних робіт – 4 год.

Підготовка до екзамену – 30 год.

Самостійне опрацювання матеріалу по темах (98год.):

**Тема 1.1.** Сучасні методи дослідження фізичних властивостей матеріалів.

Фізичні властивості матеріалів та їх особливості в дисперсному і консолідованому станах. Сучасні методи їх дослідження, переваги і недоліки застосування до конкретних об'єктів.

Література: [3] с. 1-3.

Визначення природи фізичних властивостей на основі комплексного аналізу рентгенофазових, електронно-мікроскопічних, концентраційних досліджень.

Література: [1] с.176-219; [9] с. 244-263.

Фізичні принципи створення зображень в металографічних мікроскопах. Типи об'єктів та їх недоліки, методи усунення недоліків. Збільшення мікроскопу, роздільна здатність. Методи підвищення роздільної здатності.

Література:[8] с. 23-60.

**Тема 1.2**Основи вакуумної техніки. Установки для отримання вакууму.

Умови дослідження фізичних властивостей в оточуючому середовищі (активні, нейтральні гази, вакуум, тощо). Теоретичні засади та сучасні методи отримання вакууму (механічні форвакуумні масляні і безмасляні насоси, дифузійна відкачка, високо-вакуумні титанові магнітно-розрядні та турбо-молекулярні насоси). Методи вимірювання тиску в вакуумі.

Література:[6] с.4-24.;[14].

**Тема 2.1**Міжнародна практична шкала температур. Методи вимірювання температури. Газова термометрія. Література: [2], [4].

Температура матеріалів і особливості її вимірювання в різних середовищах та станах. Методи термічного аналізу. Методи вимірювання температури: термопари, пірометри, електронні сенсорні термометри, термометри розширення і електроопору. Термоелектричні явища.

Термопари, їх головні характеристики.

Література:[3] с. 3-15; [6] с.25-29; [10] с. 90-99.

**Тема 2.2**Термічні методи аналізу.

Теплоємність та її зв'язок з ентальпією і ентропією. Граткова і електронна теплоємність.

Визначення теплоємності в моделі Дебая та температури Дебая.

Література: [1] с.39, с. 47-49;[4] с. 6-20.

Закони випромінювання. Вимірювання температури по випромінюванню. Оптичні пірометри.

Калориметричні методи вимірювання теплоємності. Простий та диференційний термічний аналіз.

Теплове розширення твердих тіл внаслідок ангармонізму коливальних кристалічної ґратки.

Дилатометрія та типи дилатометрів.

Література:[1] с.74-84; [3] с.16-49.; [4] с.16.; [6] с.31-39.

Теплопровідність. Основні визначення і залежності. Визначення теплопровідності на основі кінетичного рівняння Больцмана та законів Відемана-Франца, Фур'є і Грюнайзена. Кінетичні коефіцієнти і анізотропія теплопровідності. Вплив дисперсності та гетероструктури на теплопровідність.

Література: [1] с.64-73; [2].

Методи вимірювання теплопровідності (енергетичні, калориметричні, відносні і високотемпературні).

Література:[1] с.89-103; [2].

**Тема 3.1.** Електрофізичні властивості матеріалів.

Електричні властивості матеріалів. Визначення тензора електропровідності з кінетичного рівняння Больцмана. Фонон-електронне розсіювання і температурна та барична залежність електроопору. Вплив на електропровідність дефектної, гетерогенної та морфологічної структури матеріалів.

Література:[8] с. 124-132

Методи вимірювання електричного опору литих та спечених порошкових і композиційних матеріалів. Методи мостів, метод трансформатору та компенсаторний метод.

Література: [3] с.54-76; [6] с.45; [8] с. 133-140.

**Тема 3.2.** Магнітні властивості матеріалів.

Магнітні властивості матеріалів та типи магнетиків: діа-, пара-, феро-, фері- і антиферо-магнетики.

Методи вимірювання магнітних параметрів: намагніченості, залишкової індукції, коерцитивної сили. Методи балістичного гальванометра, ядерного магнітного резонансу, магнітних ваг та ін.

Література:[1] с. 113-153; [3] с. 80-91.

Надпровідність. Критична температура, рівняння Лондонів, ефекти Мейснера, Джозефсона.

Література: [5] с. 49-56.

Природа надпровідності (теорія БКШ). Надпровідники 1-го і 2-го роду та високотемпературна надпровідність.

Література: [5] с. 49-56.

Термогальваномагнітні явища в твердих тілах. Термо-електро Ефекти Холла, Петельє і Томсона.

Магнетоопір.

Література:[1] с. 106-153.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Опрацювання матеріалу по всіх темах лекційних та практичних занять є обов'язковою.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання для виконання завдань або пошуку додаткової інформації.
- Результати виконаних лабораторних робіт оформлюються у вигляді протоколів, надрукованих або написаних рід руки.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання методик оптимального вибору для розв'язання реальних завдань за тематикою наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 5 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі лабораторні роботи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.

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

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

*Рейтингова система оцінювання складається з двох складових: стартової – оцінювання навчальної діяльності здобувача впродовж семестру (виконання лабораторних робіт та написання домашньої контрольної роботи) та підсумкової – оцінювання результатів навчальної діяльності здобувача під час проведення семестрового контролю(екзамену).*

Рейтингова оцінка ( $R_D$ ) з кредитного модуля розраховується, як сума балів поточного контролю ( $r_n$ ) та балів за семестровий контроль(екзамен) ( $r_e$ ):

$$R_D = r_n + r_e,$$

$r_n$  – поточний контроль (стартовий рейтинг),  $r_e$  – семестровий контроль (екзамен).

$$R_D = 2 \cdot LP + ДКР + r_e = 2 \cdot 12 + 26 + 50 = 100,$$

де LP - бали за виконання та захист лабораторної роботи; ДКР - бали за виконання домашньої контрольної роботи.

**За 1 лабораторну роботу студент може отримати 12 балів.**

**За ДКР студент може отримати 26 балів. Домашня контрольна робота складається з 2-х питань.**

**За екзамен студент може отримати 50 балів.**

**Екзаменаційна робота** (Виходячи з розміру шкали  $r_e = 50$  балів)

На екзамені студенти відповідають на питання усно або виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних та одне практичне питання. Кожне теоретичне питання оцінюється у 20 балів, практичне – 10 балів.

#### **Критерії екзаменаційного оцінювання**

*Система оцінювання теоретичних питань:*

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) - 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) - 14-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12-13 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

*Система оцінювання практичного запитання:*

- «відмінно», повне безпомилкове виконання завдання – 9-10 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 7-8 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 6 балів;
- «незадовільно», завдання не виконане – 0 балів.

Сума балів поточного контролю ( $r_n$ ) і балів за екзамен ( $r_e$ ) сумуються і переводиться до рейтингової оцінки ( $R_D$ ) згідно з таблицею.

Мінімальний рівень позитивної семестрової оцінки становить 30 балів (розраховується, як 60 % від стартового балу, який за 100-бальною оцінкою складає 50 балів).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

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

Питання для домашньої контрольної роботи з кредитного модуля “ Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів”

1. Як залежать фізичні властивості матеріалів від хімічного зв'язку?
2. Вимірювання мікротвердості.
3. Правило Курнакова для двокомпонентних сплавів.
4. Що таке питома теплоємність? Назвіть одиниці вимірювання.
5. Залежність теплоємності від температури.
6. Закон Дюлонга та Пті.
7. Температура Дебая. Закон Дебая.
8. Теплоємність реальних металів.
9. Теплоємність сплавів і сполук.
10. Типи вакуумних насосів.
11. Головні характеристики відкачки вакуумної системи.
12. Температурні залежності теплоємності при фазових перетвореннях I і II родів .
13. Основні газові закони.
14. Явища перенесення в газі. Ефузія.
15. Типи манометрів.
16. Залежність теплоємності від температури.
17. Що таке термічний аналіз?
18. Ентальпія та теплоємність – термодинамічні характеристики. Фазові переходи 1-го та 2-го роду
19. Простий термічний аналіз і його термограми.
20. Диференціальний термічний аналіз (ДТА) і його термограми.
21. Позначення елементів вакуумної техніки.
22. Головне рівняння вакуумної техніки.
23. Принцип Аббе побудови зображень в мікроскопах (лінзах).
24. Установки для ДТА.
25. Калориметрія як один із методів термічного аналізу.
26. Прямая і зворотна калориметрія.
27. Метод Сміта для термічного аналізу.
28. Метод Сайкса для термічного аналізу.
29. Різновиди залежностей температури від часу при термічному аналізі та їх особливості.
30. Збільшення мікроскопів.
31. Роздільна здатність мікроскопів. Методи збільшення роздільної здатності.
32. Термопари. Ефект Зеєбека.
33. Пірометр яскравісний (пояснити фізику процесу вимірювання, випромінювання абсолютно чорного тіла).
34. Пірометр радіаційний (пояснити фізику процесу вимірювання, випромінювання абсолютно чорного тіла).
35. Пірометр колірний (пояснити фізику процесу вимірювання, випромінювання абсолютно чорного тіла).
36. Поняття теплопровідності.
37. Визначення питомої теплопровідності.

38. Температуропровідність і її характеристики.
39. Методи вимірювання теплопровідності.
40. Схема приладу для відносного вимірювання теплопровідності.
41. Схема приладу для визначення теплопровідності при високих температурах.
42. Схема приладу з нагрівачем, поміщеним усередину зразка.
43. Схема установки для вимірювання тепло-провідності при низьких температурах.
44. Термічне розширення металів.
45. Що таке коефіцієнт лінійного розширення?
46. Зміна потенціальної енергії і сил міжатомної взаємодії при нагріванні.
47. Що таке дилатометри?
48. Назвіть різновиди дилатометрів.
49. Схема диференціального дилатометра Шевенара.
50. Схема дилатометра Кантора.
51. Схема дротяного малоінерційного дилатометра.
52. Питомий електричний опір.
53. Питома електрична провідність.
54. Залежність питомого електричного опору від температури.
55. Температурний коефіцієнт електричного опору.
56. Провідники і їх характеристики.
57. Напівпровідники і їх характеристики.
58. Діелектрики і їх характеристики.
59. П'єзоелектричний ефект. П'єзоелектрики та їх застосування.
60. Метод вольтметра-амперметра для вимірювання електричного опору.
61. Мостовий метод вимірювання електроопору: простий міст.
62. Мостовий метод вимірювання електроопору: подвійний міст.
63. Метод трансформатора для вимірювання електроопору.
64. Ефект Холла.
65. Електроопір твердих розчинів: однорідних, неоднорідних і впорядкованих.
66. Електричний опір гетерогенних сплавів.
67. Залежність електроопору від температури і тиску.
68. Вплив наклепу на електроопір сплавів.
69. Контроль чистоти металу за величиною відносного залишкового електроопору.
70. Напруженість та індукція магнітного поля.
71. Намагніченість, магнітний момент матеріалів.
72. Магнітна сприйнятливості речовини.
73. Діамагнетики та їх характеристики.
74. Парамагнетики та їх характеристики.
75. Магнітна сприйнятливості діамагнетиків, парамагнетиків і феромагнетиків.
76. Вимірювання магнітної сприйнятливості діа- і пара-магнетиків.
77. Феромагнетики та їх характеристики.
78. Петля гістерезису: залишкова індукція, коерцитивна сила, крива намагнічування і розмагнічування.
79. Феромагнітні властивості матеріалів.

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

**Складено** асистентом кафедри ВТМ та ПМ, к.т.н. Соловйовою Т.О.

**Ухвалено** кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_)

**Погоджено** Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_)