



Інженерно-фізичний факультет
Кафедра фізичного матеріалознавства

СИЛАБУС

навчальної дисципліни (обов'язкова/вибіркова)
МЕТОДИ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ МАТЕРІАЛІВ
Обсяг освітнього компоненту (5 кредитів/150 годин)

Освітньо-наукова програма «матеріалознавство»
першого рівня вищої освіти
Спеціальність – 132 Матеріалознавство

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА

*Смоляков Олександр Васильович, доктор
фізико-математичних наук, доцент, професор
кафедри фізичного матеріалознавства.*

Контактна інформація:

тел.: +380(66) 117 87 72;

e-mail: asmolyakov972@gmail.com;

І навчальний корпус, аудиторія 169

Час і місце проведення консультацій:

Згідно з графіком консультацій

ОПИС КУРСУ

В процесі вивчення дисципліни «Методи структурного аналізу матеріалів» студенти ознайомляться з використанням основних методів дослідження структури (рентгеноструктурний, рентгеноспектральний, електронографічний, електроннооптична мікроскопія, растрова електронна мікроскопія), будовою та принципами роботи сучасних приладів для структурного аналізу, набувають нових знань щодо структури та фізичних властивостей металів і сплавів.

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

1. **Мета курсу** - формування професійних компетенцій в області матеріалознавства, зокрема в областях сучасних методів структурного аналізу для дослідження та розробки нових матеріалів, а також вирішення питань контролю якості матеріалів.

Завдання курсу – набуття і розвинення знань та практичних навичок використання сучасних методів дослідження матеріалів; аналіз результатів конкретних досліджень кристалічної будови та змін, що відбуваються у матеріалах під впливом технологічних обробок.



2. Компетентності та результати навчання, формування яких забезпечує вивчення дисципліни.

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та проблеми, пов'язані з розробкою, застосуванням, виробництвом та випробуванням металевих, неметалевих та композиційних матеріалів та виробів на їх основі, у професійній діяльності та у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики, хімії та механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Загальні компетентності:

- КЗ.01.Здатність до системного мислення, аналізу та синтезу
- КЗ.03.Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- КЗ.04.Здатність виявляти та вирішувати проблеми
- КЗ.05. Здатність приймати обґрунтовані рішення
- КЗ.06.Здатність до адаптації та дії в новій ситуації
- КЗ.07.Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій
- КЗ.08.Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово
- КЗ.10. Здатність працювати автономно
- КЗ.14.Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її 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

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

- КС.01.Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань
- КС.02. Здатність продемонструвати розуміння проблем якості матеріалів та виробів
- КС 03. Здатність продемонструвати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в галузі матеріалознавства
- КС.04.Здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства
- КС.05.Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем
- КС.07. Здатність продемонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства
- КС.09.Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем
- КС.14.Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів



КС 15 Здатність застосовувати знання технічних характеристик, умов роботи, для вибору контрольно-вимірювальних приладів;

КС18. Здатність застосовувати та демонструвати базові знання з фундаментальних розділів фізики твердого тіла, фазових рівноваг для розуміння процесів формування структури і властивостей матеріалів, прогнозування їх експлуатаційних характеристик та розробки новітніх технологій виробництва перспективних матеріалів.

Очікувані результати навчання:

РН1 Володіти логікою та методологію наукового пізнання.

РН2 Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

РН9 Уміти експериментувати та аналізувати дані.

РН10 Уміти поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань матеріалознавства.

РН14 Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.

РН19 Обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки.

РН22 Використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів.

ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Вивчення навчальної дисципліни «Методи структурного аналізу матеріалів» базується на знаннях окремих розділів таких дисциплін, як математика, фізика, фізика конденсованого стану, кристалографія і дефекти кристалічної будови, металознавство та теорія термічної обробки. В свою чергу "Методи структурного аналізу матеріалів" є необхідною базою для вивчення спеціальних дисциплін та можуть бути використані при проведенні лабораторних робіт з курсу «Навчальний практикум» та виконанні науково-дослідних та дипломних робіт.

ПЕРЕЛІК ТЕМ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1 – Загальний тематичний план аудиторної роботи

| Номер тижня | Теми лекцій, год. | Теми лабораторних робіт, год. |
|--|-------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Змістовий модуль 1 Основи фізики рентгенівських променів. Теорія дифракція на досконалих кристалах. | | |



| | | | |
|--|--|--|--|
| 1 | Вступ. Основи фізики рентгенівських променів. (2 год.) | Лр. № 1. «Ознайомлення з устрійом та роботою рентгенівських трубок і установок. Техніка безпеки в рентгенівських лабораторіях», (2 год.) | |
| 2 | | | |
| 3 | Теорія дифракція на досконалих кристалах. Основні рівняння дифракції рентгенівських променів. (6 год.) | Лр. № 2. «Зйомка рентгенограм за методом полікристала. Устрій камер для проведення структурного аналізу.», (6 год.) | |
| 4 | | | |
| 5 | Інтенсивність дифракційних максимумів. (6 год.) | Лр. № 3. «Визначення речовини, типу ґратки та розмірів елементарної комірки..», (6 год.) | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| Змістовий модуль 2 Методи структурного аналізу матеріалів | | | |
| 8 | Методи рентгеноструктурного аналізу. (6 год.) | Лр. № 4. Побудова ліній обмеженої розчинності у сплавах двокомпонентної системи (2 год.). | |
| 9 | | | |
| 10 | | Лр. № 5. Кількісний фазовий аналіз. Визначення кількості залишкового аустеніту в сталях після гартування. (4 год.). | |
| 11 | | | |
| 12 | Рентгеноспектральний аналіз і растрова електронна мікроскопія. (6 год.) | Лр. № 6. Дослідження впливу легування на кінетику процесів рекристалізації. (4 год.). | |
| 13 | | | |
| 14 | Електроннооптичні методи дослідження структури матеріалів (4 год.) | Лр. № 7. Аналіз мікроструктури матеріалів за допомогою растрового електронного мікроскопа з рентгенівським аналізатором. (2 год.). | |
| 15 | | Лр. № 8. Устрій просвічувального електронного мікроскопа. Приготування зразків для електронномікроскопічних досліджень. (2 год.). | |



Таблиця 2 – Теми курсових робіт.

1. Визначення характеристик дислокаційної структури з використанням електронікроскопічного методу дослідження.
2. Визначення природи фаз пластинчатої та кубічної форми в жароміцному нікелевому сплаві за допомогою електронікроскопічних досліджень.
3. Визначення ступеня тетрагональності та кількості вуглецю в сталі У10 після гартування з використанням рентгеноструктурного аналізу.
4. Дослідження текстури холоднокатаного листа феритної сталі 08X18T1 з використанням рентгеноструктурного іонізаційного методу.
5. Дослідження фазового складу титанових сплавів BT3-1 та BT5 із використанням рентгеноструктурного методу.
6. Дослідження кількості α - та β - фаз в структурі титанового сплаву BT20 з використанням рентгеноструктурного методу.
7. Визначення орієнтації монокристалів кремнію за допомогою методу Лауе.
8. Визначення структурних характеристик частинок ϵ' - фази в жароміцному нікелевому сплаві за даними електронікроскопічних досліджень.
9. Дослідження карбідної фази в сталі P9K10 із використанням растрового електронного мікроскопа.
10. Дослідження карбідної фази в сталі P9 із використанням растрового електронного мікроскопа.
11. Визначення енергії активації первинної рекристалізації для нікелевого сплаву.
12. Приготування та визначення товщини металічної фольги для електронікроскопічного дослідження структури при використанні режиму на просвічування.
13. Дослідження мікроструктури чистого заліза із добавками ітрію за допомогою растрового електронного мікроскопа.
14. Аналіз зламів жароміцного нікелевого сплаву із використанням растрової електронної мікроскопії.
15. Дослідження фазового складу титанового сплаву OT4-1 з використанням рентгеноструктурного методу.
16. Визначення природи частинок вторинної фази в структурі сплаву заліза із добавками ітрію за допомогою растрового електронного мікроскопа із рентгенівським мікроаналізатором.
17. Визначення параметра елементарної комірки сплавів алюмінієвої бронзи із використанням еталона по рентгенограмі, одержаній у камері КРОС.
18. Дослідження фазового складу поверхневого шару лопаток із титанового сплаву BT8 із покриттям нітриду титану.
19. Визначення фазового складу покриття одержаного детонаційним методом із порошку ПКХН-15.
20. Визначення фазового складу покриття одержаного детонаційним методом із порошку сплаву X20N80.
21. Дослідження продуктів корозії після випробувань на корозійну стійкість нікелевого сплаву із використанням рентгеноструктурного аналізу.
22. Визначення природи вторинної фази в структурі сплаву X20N80 із 3.3% Zr за допомогою растрового електронного мікроскопа із рентгенівським мікроаналізатором.
23. Аналіз мікроструктури сплаву X20N80 із 4.5%Zr з використанням рентгеноструктурного фазового аналізу.

САМОСТІЙНА РОБОТА

1. Рентгенівські апарати. Схема подвоєння напруги. Методи реєстрації рентгенівських променів. Іонізаційний метод. Одиниці дози випромінювання. Устрій та принцип роботи сцинтиляційних лічильників. Структурна схема реєструючої системи дифрактометра. (2 тиждень).

2. Фотографічний метод реєстрації рентгенівських променів. Люмінісцентний метод. Люмінофори. (3 тиждень).



3. Устрій і призначення рентгенівських камер РКД, КРОС та РКСО. Прямі та обернені методи зйомки в камері РКД. Метод полікристала. Вибір випромінювання і режиму зйомки. Монохроматизація випромінювання. (5 тиждень).

4. Методи екстраполяції при визначенні параметрів ґратки (графічна та аналітична). Використання зйомки із еталоном. Вимоги до речовини еталона. Рентгенографічний вимір коефіцієнтів теплового розширення. (7 тиждень).

5. Визначення макронапружень із застосуванням дифрактометра. Фактори, що впливають на появу мікронапружень, та їх вплив ширину дифракційних ліній. Статичні напруження навколо дислокацій і вакансій. (9 тиждень)

6. Визначення розміру кристалітів методом вимірювання поширення дифракційних ліній. Фізичне і геометричне поширення. Розрахунки поправки на дублетність лінії $K_{\alpha 1}$ та $K_{\alpha 2}$ (метод Речинґера). Метод підрахунку кількості рефлексів на лініях дебаєграми. (11 тиждень).

7. Рентгеноспектральний аналіз для визначення елементів в структурних складових сплавах. Переваги рентгеноспектрального аналізу порівняно із хімічними методами. Чутливість рентгеноспектрального аналізу. Емісійний метод по первинним характеристичним спектрам. Абсорбційний метод по спектрам поглинання. Флюоресцентний метод по вторинним характеристичним спектрам. Чутливість і можливості методів. (12 тиждень)

8. Дослідження субзеренної структури при просвічуванні фольг. Визначення густини дислокацій. Порівняльна характеристика можливостей оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції електронів та мікрорентгеноспектрального аналізу (13 тиждень)

РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

Навчально-методичні розробки:

1. Конспект лекцій з дисципліни «Методи структурного аналізу матеріалів» - <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=2217>

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт - <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=2217>

Літературні джерела:

1. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328 с. [ISBN 966-06-0247-2](#)

2. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум [Текст]: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом «Інж. механіка»] / В. В. Попович, А. І. Кондир, Е. І. Плешаков та ін. — Львів: Світ, 2009. — 551 с. — [ISBN 978-966-603-401-7](#)

3. Матеріалознавство [Текст]: підручник / [Дяченко С. С., Дощечкіна І. В., Мовлян А. О., Плешаков Е. І.] ; ред. С. С. Дяченко ; Харківський нац. автомобільно-дорожній ун-т. — Х. : ХНАДУ, 2007. — 440 с. — [ISBN 978-966-303-133-0](#)

4. Конспект лекцій з дисципліни “Методи структурного аналізу матеріалів” для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство” денної і заочної форми навчання / Укл. О.А. Глотка, Л.П. Степанова. - Запоріжжя ЗНТУ, 2018. - 89 с.

5. Методичні вказівки та завдання до лабораторних і контрольних робіт



- та курсової роботи з дисципліни “Методи структурного аналізу матеріалів” для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство” денної і заочної форми навчання / Укл.: В. Ю. Ольшанецький, Л.П. Степанова, О.А. Глотка - Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 86 с.
6. Смоляков О.В. Дифракційні методи дослідження: навч. посіб. / О.В. Смоляков, В.В. Гіржон. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2015. 90 с.
7. Рентгеноструктурний аналіз у матеріалознавстві: навч.-метод. посіб.: [для вищ. навч. закл.] / С. І. Мудрий, Ю. О. Кулик, А.С. Якимович. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 226 с.
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. Vitalij K. Pecharsky, Peter Y. Zavalij . Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials Springer.- 2005, 713p.
10. С.М. Данильченко, В. М. Кузнецов, І. Ю. Проценко Рентгенодифракційні методи дослідження кристалічних матеріалів: навчальний посібник / .- Суми: Сумський державний університет, 2019.- 135 с.
11. В. П. Казіміров, Е. Б. Русанов. Рентгенографія кристалічних матеріалів : навч. посіб. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2016. – 287 с. 7. Georg Will. Powder Diffraction. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 2006, 224 p.
12. С.О. Колінько., Т.І. Бутенко, Ващенко В.А. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – 175 с.
13. Структура і фізичні властивості твердого тіла: лабораторний практикум / О. Г. Алавердова [та ін.] ; ред. Л. С. Палатник. - Київ : Вища шк., 1992. - 311 с. 2. М.В. Карпець, С.І. Сидоренко, А.П. Бурмак. Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур:Лабораторний практикум: навч. посіб. –К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського; – 2021. – 113 с
-



ОЦІНЮВАННЯ

Засоби оцінювання

Для перевірки знань використовуються такі методи:

- усне опитування та обговорення під час лекцій і лабораторних занять;
- письмовий контроль, включаючи перевірку виконаних модульних контрольних робіт;
- тестовий контроль для визначення рівня засвоєння теоретичного матеріалу;
- поточний контроль виконання лабораторних робіт і активності під час занять.

Підсумковий контроль здійснюється у формі заліку.

Критерії оцінювання

Поточне оцінювання

Під час вивчення дисципліни оцінювання проводиться за двома змістовими модулями. Максимальна кількість балів за кожен модуль — 50 балів (загалом 100 балів).

Змістовий модуль №1 включає:

- виконання лабораторної роботи №1 (14 балів),
- виконання лабораторної роботи №2 (18 балів),
- виконання лабораторної роботи №3 (18 балів).

Змістовий модуль №2 включає:

- виконання лабораторної роботи №4 (18 балів),
- виконання лабораторної роботи №5 (18 балів),
- виконання лабораторної роботи №6 (14 балів).

Курсовий проєкт

Курсовий проєкт оцінюється за трьома складовими:

- пояснювальна записка – до 40 балів;
- ілюстративна частина – до 30 балів;
- захист роботи – до 30 балів.



Загальна кількість балів за курсовий проєкт – 100 балів.

Шкала оцінювання

- Якщо студент набрав 90–100 балів, виставляється оцінка "Відмінно", залік зараховується.
- Якщо студент набрав 85–89 балів, виставляється оцінка "Добре", залік зараховується.
- Якщо студент набрав 75–84 балів, виставляється оцінка "Добре", залік зараховується.
- Якщо студент набрав 70–74 балів, виставляється оцінка "Задовільно", залік зараховується.
- Якщо студент набрав 60–69 балів, виставляється оцінка "Задовільно", залік зараховується.
- Якщо студент набрав 35–59 балів, виставляється оцінка "Незадовільно", залік не зараховується, але студент має право на повторне складання.
- Якщо студент набрав 1–34 бали, виставляється оцінка "Незадовільно", залік не зараховується, і студент зобов'язаний повторно вивчати дисципліну.

ПОЛІТИКИ КУРСУ

Політика щодо відвідування. Відвідування є обов'язковим. Допускається пропуски занять з поважних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік тощо), які підтверджуються документально. Відпрацювання пропущених занять проводяться згідно з графіком консультацій викладачів або в режимі он-лайн на платформі Zoom.

Політика щодо проведення аудиторних занять. Під час проведення аудиторних занять слід дотримуватися встановленого порядку, брати активну участь в обговоренні запропонованих питань, висловлюючи та відстоюючи власну думку, виказуючи повагу та толерантність до чужої думки. Мобільні пристрої можна використовувати. За «гострої» потреби дозволяється залишати аудиторію на короткий час.

Політика щодо академічної доброчесності спрямована на самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання.

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДЛЯ РОБОТИ НА КУРСІ

Щоб мати доступ до навчально-методичних розробок курсу необхідно мати особистий доступ до університетської навчальної платформи Moodle