

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ФАКУЛЬТЕТ ЯКОСТІ ТА ІНЖЕНЕРІЇ МАТЕРІАЛІВ
КАФЕДРА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор УДУНТ

Анатолій РАДКЕВИЧ

08 20 24 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА
ВИРОБІВ

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Спеціальність: 132 Матеріалознавство

Освітня програма: Матеріалознавство

Статус дисципліни: обов'язкова

Обсяг дисципліни: 4 кредити ЄКТС

Код освітньої компоненти: ОК 2.1

Мова викладання: українська

Дніпро - 2024

Розробник: професор, д.т.н., професор Козлов Костянтин УЗЛОВ

Робоча програма схвалена на об'єднаному засіданні кафедр матеріалознавства та термічної обробки металів та покриттів, композиційних матеріалів і захисту металів

(Протокол № 4 від «24» 06 2024р.)

Завідувач кафедри МТОМ: Дейнеко Леонід ДЕЙНЕКО

Завідувач кафедри ПМіЗМ: Ковзік Анатолій КОВЗІК

Гарант освітньої програми: Козлов Костянтин УЗЛОВ

«24» 06 2024р.

Погоджено:

Керівник навчального відділу Боришева Світлана БОРИЧЕВА.
«17» 08 2024р.

Директор ННЦ заочної освіти Чистяков Володимир ЧИСТЯКОВ.
«17» 08 2024р.

Реєстраційний номер 132.02.01.ОК2.1-24
(надається фахівцем НМВ)

1 МІСЦЕ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА В ОСВІТНІЙ ПРОГРАМІ

1.1 Мета освітнього компонента

Формування комплексу знань та практичних навичок, необхідних для розуміння і усвідомленого використання електронно-зондових методів аналізу речовин, матеріалів, виробів при аналізі їх структури, властивостей, експлуатаційної надійності на етапах проєктування, виробництва, використання і вірогідного виникнення невідповідностей

1.2 Компетентності, формування яких забезпечується

Освітній компонент забезпечує набуття таких передбачених освітньою програмою компетентностей:

КЗ.01.Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

СК01. Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення.

СК02. Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту.

СК05. Здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробах (або у виробничих умовах).

СК10. Здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробів.

1.3 Програмні результати навчання, що забезпечуються

Відповідно до освітньої програми освітній компонент спільно з іншими освітніми компонентами має забезпечити досягнення таких програмних результатів навчання:

РН11. Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства.

РН12. Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів.

РН13. Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки.

РН14. Обґрунтовано призначати та контролювати показники якості матеріалів та виробів.

.

1.4 Зв'язок з іншими освітніми компонентами

Освітній компонент є обов'язковим циклу загальної підготовки студентів, які здобувають освітній ступінь магістра за освітньою програмою «Матеріалознавство».

Вивченню освітнього компоненту має передувати засвоєння основоположних знань кристалографії, кристалохімія, матеріалознавства і одночасне вивчення освітнього компоненту «Структура та властивості матеріалів».

Досягнуті по вивченні освітнього компоненту результати навчання та набуті практичні навички є корисними при вивченні освітніх компонентів 2.3: «Технології виробництва та обробки матеріалів і виробів» і 2.4: «Вибір, дизайн та експертиза матеріалів», а також при виконанні, оформленні і захисті кваліфікаційної роботи.

2 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ

Код	Очікуваний результат навчання	Рівень
ОРН1	Набуття знань щодо закономірностей формування електронно-оптичного контрасту зображень мікроскопічних і наноструктурних об'єктів дослідження та використання вакуумної техніки у електронно-зондових пристроях.	IV
ОРН2	Практичне освоєння на натурних приладах конструкції, принципу дії основних систем трансмісійної, растрової та інших типів електронно-зондових приладів матеріалознавчих досліджень, а також методів приготування зразків електронномікроскопічного аналізу.	IV
ОРН3	Освоєння навичок отримання та інтерпретації електронограм монокристалів, полікристалів, двофазних і багатофазних структур і визначення їх орієнтаційних співвідношень.	V
ОРН4	Вміння цілеспрямовано обирати для вирішення актуальної матеріалознавчої задачі конкретного методу трансмісійної, емісійної, растрової електронної мікроскопії, рентгеноспектрального мікроаналізу та ін.	VI

Соціальні навички (*soft skills*), розвитку яких сприяє освітній компонент

Код	Соціальна навичка (<i>soft skill</i>)
ОН1	Здатність управляти власним часом (<i>time-management</i>)
КН1	Здатність зрозуміло формулювати думки
КН3	Здатність надавати аргументовані відповіді
УН1	Здатність працювати в команді

3 РОЗПОДІЛ ГОДИН ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Денна форма навчання

Види навчальної діяльності	Усього	Семестр	
		1	
		1.1	1.2
Усього годин за навчальним планом	120	120	-
у тому числі:			
Аудиторні заняття	32	32	-
– лекції	16	16	-
– лабораторні роботи	-	-	-
– практичні заняття	16	16	-
– семінарські заняття	-	-	-
Самостійна робота	88	88	-
– підготовка до аудиторних занять	16	16	-
– виконання та захист курсової роботи	-	-	-
– виконання та захист індивідуальних завдань	-	-	-
– підготовка та складання екзаменів	30	30	-
– підготовка до інших контрольних заходів	-	-	-
– опрацювання розділів, які не викладаються на лекціях	42	42	-
Форма семестрового контролю		Екзамен	

Заочна форма навчання

Види навчальної діяльності	Усього	Семестр
		1
Усього годин за навчальним планом	120	120
у тому числі:		
Аудиторні заняття	12	12
– лекції	10	10
– лабораторні роботи	-	-
– практичні заняття	2	2
– семінарські заняття	-	-
Самостійна робота	108	108
– підготовка до аудиторних занять	6	6
– виконання та захист курсової роботи	-	-
– виконання та захист індивідуальних завдань	-	-
– опрацювання навчального матеріалу	72	72
– підготовка та складання екзаменів	30	30
– підготовка та складання інших контрольних заходів	-	-
Форма семестрового контролю		Екзамен

4 ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розділ	Тема лекції (заняття)	Обсяг, годин		ОПН	Soft skills
		Очна форма	Заочна форма		
І	Розділ 1. Геометрична оптика формування електронно-зондових зображень. Вакуумна техніка			ОПН1	ОН1 КН1 КН3 УН1
	Лекції: Основи геометричної оптики і вакуумної техніки <i>Геометрична оптика.</i> Формула тонкої лінзи. Формування зображення. Числова та кутова апертури. Невідповідності оптичних систем. Роздільна здатність. Збільшення. <i>Вакуумна техніка.</i> Ступені розрідженням (вакуум). Класифікація вакуумних насосів. Фізичні принципи роботи вакуумних насосів. Основні види вакуумних насосів. Вакуумні насоси, які використовують в електронномікроскопічних приладах	4	2,5		
	Практичні роботи: Вивчення механічної та вакуумної систем трансмісійного електронного мікроскопу.	4	0,5		
	Самостійна робота: Підготовка до аудиторних занять	4	1,5		
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях (для очного навчання): Методи рентгеноструктурного аналізу. Фазовий рентгенівський аналіз [5 – с. 75-116; 6 – с. 4-19]	10,5	-		
	Опрацювання навчального матеріалу (для заочного навчання)	-	18		
	Підготовка до складання екзамену	7,5	7,5		
	Виконання та захист індивідуальних завдань	-	-		
	У с ь о г о:	30	30		

Розділ	Тема лекції (заняття)	Обсяг, годин		ОПН	Soft skills
		Очна форма	Заочна форма		
II	Розділ 2. Основні системи електронного мікроскопу. Приготування об'єктів електронномікроскопічного аналізу.			ОПН2	ОН1 КН1 КН3 УН1
	Лекції: Будова основних систем трансмісійного електронного мікроскопу. Приготування об'єктів електронномікроскопічного аналізу. <i>Будова основних систем електронного мікроскопу.</i> Хід променів в електронному мікроскопі. Елементи електронної оптики. Освітлювальна система. Оптична система. діафрагми. Режим формування електронномікроскопічного зображення. <i>Приготування об'єктів аналізу.</i> Загальні вимоги до зразків електронномікроскопічного дослідження. Методи препарування порошкових матеріалів. Приготування зразків масивних об'єктів. Метод реплік. Препарування зразків для растрової електронної мікроскопії та рентгеноспектрального мікроскопічного аналізу.	4	2,5		
	Практичні роботи: Вивчення освітлювальної, оптичної та проекційної систем трансмісійного електронного мікроскопу	4	0,5		
	Самостійна робота: Підготовка до аудиторних занять	4	1,5		
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях (для очного навчання): Рентгенівська мікроскопія. Рентгеноструктурний мікроаналіз [7 – с. 190-223]	10,5	-		
	Опрацювання навчального матеріалу (для заочного навчання)	-	18		
	Підготовка до складання екзамену	7,5	7,5		
	Виконання індивідуальних завдань	-	-		
	У с ь о г о:	30	30		

Розділ	Тема лекції (заняття)	Обсяг, годин		ОРН	Soft skills
		Очна форма	Заочна форма		
III	Розділ 3. Отримання та інтерпретація електронномікроскопічних зображень			ОРН3	ОН1 КН1 КН3 УН1
	Лекції: Загальні принципи отримання та інтерпретації електронномікроскопічних зображень та електронограм				
	Умови дифракції Лауе. Закон Вульфа-Бреггів. Утворення дифракційних картин. Точкова електронограма від монокристалу та її зв'язок зі зворотною решіткою. Тривимірні кутові співвідношення на площині. Стереографічна проєкція. Індеси площин та напрямків. Кути між площинами та напрямками в кристалічній решітці. Кристалічна зона. Вісь зони. Рівняння умови зональності. Ідентифікування електронограм аморфних та кристалічних матеріалів, монокристалів та полікристалів. Ідентифікування електронограм двофазних структур. Орієнтаційні співвідношення. Кікучі-лінії та їх практичне використання.	4	2,5		
	Практичні роботи: Отримання та ідентифікування зображень і електронограм ультратонкого об'єкту трансмісійного електронномікроскопічного методу дослідження	4	0,5		
	Самостійна робота: Підготовка до аудиторних занять	4	1,5		
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях (для очного навчання): Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія [8 – с. 27-50]. Особливості мікроскопічних досліджень з використанням зондової мікроскопії [7 – с. 273-284]	10,5	-		
	Опрацювання навчального матеріалу (для заочного навчання)	-	18		
	Виконання та захист індивідуальних завдань	-	-		
	Підготовка до складання екзамену	7,5	7,5		
	У с ь о г о:	30	30		

Розділ	Тема лекції (заняття)	Обсяг, годин		ОПН	Soft skills
		Очна форма	Заочна форма		
IV	Розділ 4. Сучасні методи структурного аналізу в матеріалознавстві			ОПН4	ОН1 КН1 КН3 УН1
	Лекції: Сучасні катодно-променеві методи дослідження мікроструктури матеріалів та рентгеноспектральний мікроаналіз Характеристика фізичних явищ при опромінюванні речовини катодним променем. Трансмісійна та растрова електронна мікроскопія. Рентгеноспектральний мікроаналіз. Оже-мікроскопія. Автоіонна мікроскопія. Спектральний аналіз: емісійний, атомна абсорбційна спектрофотометрія. Електронна емісійна мікроскопія: автоелектронна, фотоелектронна, термоелектронна, вибухова, криогенна. Тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Дзеркальна електронна мікроскопія.	4	2,5		
	Практичні роботи: Растрова електронна мікроскопія та локальний рентгеноспектральний мікроаналіз фазових і структурних складових	4	0,5		
	Самостійна робота: Підготовка до аудиторних занять	4	1,5		
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях (для очного навчання): Вторинно-іонна спектрометрія [8 – с. 77-96]	10,5	-		
	Опрацювання навчального матеріалу (для заочного навчання)	-	18		
	Виконання та захист індивідуальних завдань	-	-		
	Підготовка та складання екзамену	7,5	7,5		
	У сь о г о:	30	30		

5 МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

Дисципліна передбачає навчання через:

- традиційний наочний метод (МН1);
- репродуктивне навчання (МН2);
- модульне навчання (МН3).

Традиційний наочний метод передбачає читання лекцій та супроводжуються численними ілюстраціями з використанням комп'ютерної та мультимедійної техніки.

Репродуктивне навчання застосовується під час практичних занять, на яких здійснюється відпрацювання методів обробки науково-технічної, дослідницької інформації та графічного і табличного відображення результатів вимірювань, а також проводиться аналіз та оформлення результатів наукових досліджень.

Модульне навчання полягає у представленні навчального матеріалу у вигляді окремих змістовно, методично і організаційно завершених розділів (модулів): автономних частин дисципліни, що інтегруються з іншими частинами.

Заходи, що використовуються для розвитку соціальних навичок:

1) Розвитку здатності керувати власним часом (ОН1) сприяє встановлення контрольних термінів (deadline) виконання практичних робіт та контрольного завдання для студентів заочної форми навчання.

2) Здатність зрозуміло письмово формулювати думки (КН1) формується у процесі складання висновків за результатами практичних робіт, а для студентів заочної форми навчання при виконанні контрольного завдання.

3) Здатність надавати аргументовані відповіді (КН3) розвивається у студентів під час опитувань на аудиторних заняттях, а також під час захисту індивідуального завдання студентами заочної форми навчання.

4) Здатність працювати в команді (УН1) розвивається під час практичних занять, на яких студенти виконують завдання в складі окремої групи.

6 МЕТОДИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

6.1 Методи поточного оцінювання

За дисципліною передбачені такі методи поточного оцінювання: опитування та усні коментарі викладача за його результатами, самооцінювання, обговорення та взаємного оцінювання студентами під час практичних робіт.

6.2 Методи та критерії семестрового оцінювання

Оцінки розділів визначаються за 12-бальною шкалою згідно із затвердженими критеріями за результатами складання екзамену (КЗ1).

6.3 Критерії семестрового та підсумкового оцінювання

Формою семестрового контролю з дисципліни є екзамен.

Семестрова оцінка формується як середнє арифметичне визначених за 12-бальною шкалою оцінок розділів (PO1, PO2, PO3 та PO4).

Студент допускається до семестрового оцінювання за наявності позитивних оцінок (не нижче 4 балів за 12-бальною шкалою) з усіх розділів.

Необхідною умовою отримання позитивної оцінки з розділів є відпрацювання відповідних практичних робіт.

Необхідною умовою отримання позитивної семестрової оцінки з дисципліни за заочною формою навчання є зарахування індивідуального завдання, за яке відповідно до затверджених критеріїв виставляється оцінка «зараховано» / «не зараховано».

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни дорівнює семестровій оцінці.

7 РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ:

7.1 Засоби навчання

Навчальний процес передбачає використання мультимедійного комплексу (ЗН1), комп'ютерних робочих місць (ЗН2), електронномікроскопічних зразків, моделей атомно-кристалічних структур (ЗН3), натурних приладів електронномікроскопічного аналізу (ЗН4)

7.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література

1. Узлов К.І. Електронна мікроскопія та сучасні технології дослідження матеріалів. Частина 1: Конспект лекцій. Для студентів спеціальності 132-Матеріалознавство (магістерський рівень) / К.І. Узлов. – Дніпро, НМетАУ, 2020. – 48 с.

2. Узлов К.І. Електронна мікроскопія та сучасні технології дослідження матеріалів. Частина 2: Конспект лекцій. Для студентів спеціальності 132-Матеріалознавство (магістерський рівень) / К.І. Узлов. – Дніпро, НМетАУ, 2021. – 48 с.

3. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Сучасні технології отримання та дослідження матеріалів». Розділ 2 «Електронна мікроскопія та сучасні технології дослідження матеріалів». Для студентів спеціальності 132 – Матеріалознавство (магістерський рівень) / Укл.: К.І. Узлов, А.В. Дзюбіна, О.Л. Мартиненко. – Дніпро: НМетАУ, 2019. – 49с.

4. Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Сучасні технології отримання та дослідження матеріалів». Розділ 2 «Електронна мікроскопія та сучасні технології дослідження матеріалів». Для студентів спеціальності 132 – Матеріалознавство (магістерський рівень) / Укл.: К.І. Узлов, А.В. Дзюбіна. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 32с.

Додаткова література:

5. Методи структурного аналізу матеріалів [*Електронний ресурс*]: Навчальний посібник спец. 132 Матеріалознавство / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Уклад.: Г.Г. Лобачова, Є.В. Іващенко. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 180 с. *Режим доступу:* <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/372c4994-f774-4e23-8ad4-e919857edd9f/content>

6. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу «Методи структурного аналізу матеріалів» / Укл: А.Ф. Санін, С.О. Полішко, Т.В. Носова, С.І. Мамчур. – Дніпро, Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, 2023. – 32 с. *Режим доступу:* <https://files.fti.dp.ua/book/metody-strukturnoho-analizu-materialiv>

7. Антонюк В. С. Методи та засоби мікроскопії: Монографія / В. С. Антонюк, Г. С. Тимчик, Ю. Ю. Бондаренко та ін. - К.: НТУУ "КПІ", 2013. –336 с. *Режим доступу:* <https://kafvp.kpi.ua/wp-content/uploads/2016/11/Metody-ta-zasoby-mikroskopii-Antonjuk-Tymchyk-Bondarenko-Petlovanyj-Bilokin-Bondarenko.pdf>

8. Загородній В.В. Локальні методи досліджень [Електронний ресурс]: Підручник / В. В. Загородній; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, 323 с. *Режим доступу:* <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/830bb2e6-55af-4eed-8f53-094ae2648a31/content>

9. Методи дослідження структури та властивостей металів. Частина 1: Навчальний посібник. Для студентів спеціальності 132-Матеріалознавство / Укл. А.Ю. Борисенко, Т.О. Зайцева, Г.А. Кононенко, А.О. Тараненко, Ю.О. Ключник. – Дніпро, НМетАУ, 2020. – 52 с. *Режим доступу:* <https://www.old.nas.gov.ua/UA/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000016523>

10. Методи дослідження структури та властивостей металів. Частина 2: Навчальний посібник. Для студентів спеціальності 132-Матеріалознавство / Укл. А.Ю. Борисенко, Т.О. Зайцева, Г.А. Кононенко, А.О. Тараненко, Ю.О. Ключник. – Дніпро, НМетАУ, 2020. – 44 с. *Режим доступу:* <https://www.old.nas.gov.ua/UA/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000016523>

8 УЗГОДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ
З МЕТОДАМИ ВИКЛАДАННЯ, НАВЧАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ

Очікуваний результат навчання за дисципліною	Програмні <u>компетентності</u> Результати навчання	Види навчальних занять*	Методи, викладання і навчання	Засоби навчання	Методи оцінювання
ОРН1	<u>КЗ01, СК01, СК05, СК10</u> РН11, РН12, РН13, РН14	Л, ПР	МН1, МН2, МН3,	ЗН1, ЗН2, ЗН3, ЗН4	КЗ1 (п.6.2)
ОРН2	<u>КЗ01, СК01, СК05, СК10</u> РН11, РН12, РН13, РН14	Л, ПР	МН1, МН2, МН3,	ЗН1, ЗН2, ЗН3, ЗН4	КЗ1 (п.6.2)
ОРН3	<u>КЗ01, СК01, СК05, СК10</u> РН11, РН12, РН13, РН14	Л, ПР	МН1, МН2, МН3,	ЗН1, ЗН2, ЗН3, ЗН4	КЗ1 (п.6.2)
ОРН4	<u>КЗ01, СК01, СК05, СК10</u> РН11, РН12, РН13, РН14	Л, ПР	МН1, МН2, МН3,	ЗН1, ЗН2, ЗН3, ЗН4	КЗ1 (п.6.2)

*) Л – лекції; ПР – практичні заняття.