

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра Фізичне матеріалознавство

(назва кафедри, яка відповідає за дисципліну)



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Ректор (перший проректор)

Беліков С.Б.

10 2019 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ПІВС 01 ОСНОВИ ВИБОРУ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ
ВИРІШЕННІ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПИТАНЬ В
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ**

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 Матеріалознавство

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»

(назва спеціалізації)

інститут, факультет фізико-технічний, ФБАД

(назва інституту, факультету)

мова навчання українська

Робоча програма «Основи вибору методів досліджень при вирішенні конструкторсько-технологічних питань в матеріалознавстві» для студентів
(назва навчальної дисципліни)

спеціальності 132 Матеріалознавство _____, освітня програма
(спеціалізація) «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» _____ .
(назва спеціалізації)

„___” _____, 2019 року- ___ с.

Розробники: канд. техн. наук, доцент Глотка Олександр Анатолійович _____

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри
фізичного матеріалознавства

Протокол від “09” _____ 09 _____ 2019 року № 1 _____

Завідувач кафедри _____

фізичного матеріалознавства _____



(Ольшанецкий В.Ю.)
(прізвище та ініціали)

“09” _____ 09 _____ 2019 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету будівництва, архітектури та дизайну

Протокол від. “31” _____ 10 _____ 2019 року № 2 _____

“31” _____ 10 _____ 2019 року Голова  Савченко В.О. _____)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми* кафедри композиційних матеріалів, хімії та технологій

“26” _____ 09 _____ 2019 року

Керівник групи _____



(Міт'яєв О.А.)
(прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невідпусковою кафедрою

_____, 2019 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (напрямок підготовки), освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і назва)	<u>за вибором</u>	
Модулів –	Спеціальність <u>132 Матеріалознавство</u> (код і назва) Освітня програма: (код і назва)	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання -3		Семестр	
Загальна кількість годин - 135		2-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента - 5	Освітній ступінь: <u>магістр</u>	Лекції	
		30 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		Лабораторні	
		15 год.	2 год.
		Самостійна робота	
		90 год.	127 год.
Індивідуальні завдання: курсова робота			
Вид контролю: залік			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 45 / 90

для заочної форми навчання – 8/ 127

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчення сучасних методів структурного аналізу для дослідження та розробки нових матеріалів, а також вирішення питань контролю якості матеріалів.

Завдання: 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.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

загальні компетентності:

Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні. **КЗ.03**

Здатність розробляти та управляти проектами. **КЗ.07**

Здатність працювати автономно та в команді, у тому числі у складі багатопрофільної групи фахівців. **КЗ.09**

Уміння складати наукові та науково-технічні звіти за результатами роботи. **КЗ.12**

фахові компетентності:

Здатність застосовувати сучасні методи і методики експерименту у лабораторних та виробничих умовах, уміння роботи із дослідницьким та випробувальним устаткуванням для вирішення завдань в галузі матеріалознавства **КС.03**

Знання основ дослідницьких робіт, стандартизації, сертифікації і акредитації матеріалів та виробів **КС.06**

Здатність планувати і виконувати дослідження, обробляти результати експерименту з використанням сучасних інформаційних технологій, програмного забезпечення, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів **КС.12**

Уміння формувати дослідницькі науково-методичні та науково-технічні програми науково-дослідницької організації або її підрозділу **КС.13**

Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується **КС.14**

Здатність розробляти програми, організовувати та проводити комплексні випробування матеріалів, напівфабрикатів та виробів **КС.18**

Очікувані програмні результати навчання:

ПРН1. Володіти логікою та методологією наукового пізнання.

ПРН3. Знати та застосовувати принципи проектування нових матеріалів і технологій їх оброблення, розробляти та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів.

ПРН8. Уміти використовувати методи планування експерименту, виконувати експериментальні дослідження та обробляти їх результати.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1.

Тема 1. Матеріалознавчі основи вибору методів дослідження .

Матеріалознавчі основи вибору методів дослідження та обладнання. Вхідні дані для вибору, урахування альтернативних методів дослідження. Критерії оптимізації при виборі технології: енергозатрати, трудові затрати, собівартість, вплив на екологію.

Співставлення вибраних варіантів методів досліджень на одно – та багатокритеріальній основах. Обґрунтування вибору обладнання для здійснення вибраного процесу дослідження.

Тема 2. Порядок розроблення та передачі продукції у серійне виробництво.

Порядок розроблення та передачі продукції у серійне виробництво. Основні етапи по розробці нових деталей, інструментів, приладів, обладнання. Пошукові роботи, науково-дослідні роботи, ескізне проектування. Розроблення технологічної документації. Технічне проектування, дослідно-експериментальні роботи.

Тема 3. Система державних випробувань.

Виготовлення дослідних зразків виробів, інструментів, машин та проведення випробувань (лабораторних, стендових, натурних). Система державних випробувань продукції (ГОСТ 16505). Основні терміни, визначення, сутність. Перевірка експлуатаційно-технічної, конструктивної, технологічної, контрольної документації та передача у виробництво.

Змістовний модуль 2.

Тема 1. Методи рентгеноструктурного аналізу

Визначення речовини, типу та розміру кристалічних ґраток. Індексуювання дифракційних ліній. Загальні принципи прецизійного визначення параметрів елементарної комірки. Дослідження діаграм стану. Визначення лінії обмеженої розчинності у двокомпонентних системах. Аналіз твердих розчинів. Дослідження впорядкування в твердих розчинах.

Якісний та кількісний фазовий аналіз. Фактори, що впливають на чутливість аналізу. Вибір умов зйомки і підготовка зразків. Основні методи кількісного фазового аналізу (гомологічних пар, підмішування, незалежного еталону). Визначення кількості залишкового аустеніту в загартованій сталі. Особливості аналізу карбідних та інтерметалідних фаз.

Рентгеноструктурний аналіз перетворень, що відбуваються при гартуванні сталей. Структура мартенситу, аналіз рентгенограм мартенситу. Визначення вмісту вуглецю в мартенситі після гартування. Аналіз процесів відпускання загартованої сталі.

Рентгенівський аналіз зовнішніх макронапружень. Дослідження розмірів субзеренних структурних складових та внутрішніх напружень. Рентгенографічне

дослідження структурних змін, що відбуваються при нагріванні деформованого металу. Дослідження кінетики процесу рекристалізації.

Тема 2. Рентгеноспектральний аналіз і растрова електронна мікроскопія.

Методи рентгеноспектрального аналізу (емісійний, флуоресцентний, абсорбційний). Устрій і основні блоки та їх призначення в растровому електронному мікроскопі із мікроаналізатором. Види сигналів, що виникають при взаємодії електронного зонда із поверхнею зразка. Формування і реєстрація характеристичного випромінювання в режимі сканування. Рентгеноспектральний аналіз хімічного складу мікрооб'єктів і поверхневих шарів.

Використання вторинних і розсіяних (відбитих) електронів для дослідження структури. Схема зміни характеру розсіяння електронів в залежності від порядкового номера елемента. Контраст за хімічним складом і топографічний контраст. Електронно-фрактографічний аналіз поверхні зламів.

Тема 3. Електроннооптичні методи дослідження структури матеріалів

Електронна мікроскопія. Устрій і оптична схема просвічувального електронного мікроскопа. Особливості розсіяння електронів речовиною. Порівняльна характеристика дифракції рентгенівських променів та електронів. Дифракція електронів на моно- та полікристалах. Аналіз електроннограм, розрахункові формули. Основні напрямки використання дифракції електронів.

Формування зображення в електронному мікроскопі при просвічуванні. Аналіз дислокаційної і субзеренної структури. Приготування фольг і реплік для дослідження структури.

Рішення практичних задач матеріалознавства при комплексному дослідженні структури матеріалів за допомогою оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції та мікрорентгеноспектрального аналізу.

1. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Основи фізики рентгенівських променів. Теорія дифракція на досконалих кристалах.												
Тема 1. Матеріалознавчі основи вибору методів дослідження	15	5		2		8						

Тема 2. Порядок розроблення та передачі продукції у серійне виробництво	17	5	4	8							
Тема 3. Система державних випробувань.	9	5		4							
Разом за змістовим модулем 1	41	15	6	20							
Змістовий модуль 2. Методи структурного аналізу матеріалів											
Тема 1. Методи рентгеноструктурного аналізу	39	5	4	30							
Тема 2. Рентгеноспектральний аналіз і растрова електронна мікроскопія.	27	5	2	20							
Тема 3. Електроннооптичні методи дослідження структури матеріалів	28	5	3	20							
Разом за змістовим модулем 2	94	30	22	70							
Усього годин	135	30	15	90							
ІНДЗ											
Усього годин											

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з устроєм та роботою рентгенівських трубок і установок. Техніка безпеки в рентгенівських лабораторіях.	2
3	Визначення речовини, типу ґратки та розмірів елементарної комірки.	2
4	Побудова ліній обмеженої розчинності у сплавах двокомпонентної системи.	2
5	Кількісний фазовий аналіз. Визначення кількості залишкового аустеніту в сталях після гартування.	2
6	Дослідження впливу легування на кінетику процесів рекристалізації.	2
7	Аналіз мікроструктури матеріалів за допомогою растрового електронного мікроскопа з рентгенівським аналізатором.	2
8	Устрій просвічувального електронного мікроскопа. Приготування зразків для електронномікроскопічних досліджень.	3
	Усього	15

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Одиниці виміру довжини хвилі (\AA і kX). Вплив матеріалу анода на інтенсивність випромінювання. Коефіцієнт корисної дії для суцільного спектра. Залежність потенціалу збудження від матеріалу анода. Режими роботи рентгенівської трубки. Шляхи зменшення фону від суцільного спектра.	4
2	Поглинаюча здатність речовин. Істинне атомне поглинання. Коефіцієнт поглинання для речовини, що складається із різних елементів. Фільтрація R-променів.	4
3	Поляризація розсіяного випромінювання. Поляризаційний множник. Некогерентне розсіяння.	4
4	Устрій рентгенівських трубок із різним фокусом Види охолодження рентгенівських трубок.	2
5	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.	5
6	Фотографічний метод реєстрації рентгенівських променів.	2

	Люмінісцентний метод. Люмінофори.	
7	Обернена ґратка. Сфера відбиття Евальда. Побудова сфер Евальда для суцільного спектра. Дифракційна картина від монокристала. Розташування дифракційних рефлексів по зональним кривим (еліпси, гіперболи, прямі лінії). Розташування дифракційних рефлексів по шаровим лініям. Метод обертання монокристала.	5
8	Обернена ґратка полікристала. Умова Евальда та дифракційна картина від полікристала. Способи виведення вузлів оберненої ґратки на сферу відбиття Евальда.	4
9	Структурна амплітуда та структурний множник. Розрахунки структурного множника для різних типів ґраток (ОЦК, ГЦК, ГЦП, для речовини типу CsCl, NaCl)	4
10	Множники інтенсивності. Атомна амплітуда. Температурний множник. Множник Лоренца. Двокристальні спектрометри для дослідження мозаїчної структури. Комбінований кутовий множник Лоренца-Томсона. Фактор повторюваності для різних площин ґраток кубічної та гексагональної сингоній. Фактори поглинання в залежності від форми зразка. Зведена формула для інтегральної інтенсивності дифракційних максимумів.	8
11	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. Приготування зразків. Розрахунки дебаєграм. Поправка на поглинання у зразках. Розділення α та β ліній.	4
12	Індиціювання дифракційних ліній. Визначення типу ґратки. Прецизійні методи визначення параметрів кристалічної ґратки. Похибки визначення міжплощинних відстаней при використанні фотографічного методу зйомки.	4
13	Визначення кутів дифракції за допомогою дифрактометра. Камери для прецизійного визначення параметрів ґратки. Зменшення похибок із застосуванням експериментальної техніки.	2
14	Методи екстраполяції при визначенні параметрів ґратки (графічна та аналітична). Використання зйомки із еталоном. Вимоги до речовини еталона. Рентгенографічний вимір коефіцієнтів теплового розширення.	6
15	Визначення макронапружень із застосуванням дифрактометра. Фактори, що впливають на появу мікронапружень, та їх вплив ширину дифракційних ліній. Статичні напруження навколо дислокацій і вакансій.	4
16	Визначення розміру кристалітів методом вимірювання поширення дифракційних ліній. Фізичне і геометричне	4

	поширення. Розрахунки поправки на дублетність лінії $K_{\alpha 1}$ та $K_{\alpha 2}$ (метод Речингера). Метод підрахунку кількості рефлексів на лініях дебаєграми.	
17	Рентгеноструктурне дослідження діаграм стану. Діаграма стану сплавів із необмеженою розчинністю компонентів. Наявність в діаграмі стану обмежених твердих розчинів. Визначення лінії обмеженої розчинності. Вивчення діаграм стану із відсутньою розчинністю компонентів в твердому стані. Діаграми стану із присутніми хімічними сполуками. Метод їх ідентифікації. Дослідження фазових границь в потрійних системах.	6
18	Рентгенографічне вивчення стадії відпочинку і полігонізації при нагріванні деформованих металів.	4
19	Дослідження процесу рекристалізації. Використання фотометода при визначенні початку та кінця первинної рекристалізації. Використання дефокусировки для підвищення чутливості виявлення точкових рефлексів від рекристалізованих зародків. Визначення енергії активації рекристалізації.	7
20	Використання дифрактометрів для дослідження різних стадій рекристалізації. Порівняльна характеристика у вивченні процесу рекристалізації рентгеноструктурного і металографічного методів.	4
21	Рентгеноструктурний фазовий аналіз. Чутливість проведення якісного фазового аналізу. Фактори що впливають на чутливість методу. Фактори, що сприяють підвищенню чутливості виявлення фаз.	6
22	Кількісний фазовий аналіз. Поглинання у плоскому і циліндричному зразках. Методи кількісного фазового аналізу. Безеталонний метод гомологічних пар. Метод внутрішнього стандарту із підмішуванням еталонної речовини.	6
23	Метод вимірювання масового коефіцієнта поглинання. Метод зовнішнього стандарту із використанням еталону. Можливі похибки кількісного фазового аналізу і шляхи їх зменшення.	4
24	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.	6
25	Емісійний метод рентгеноспектрального аналізу. Устрій і принцип роботи растрового електронного мікроскопа (РЕМ). Процеси, що відбуваються при взаємодії електронів із зразком.	6

	Устрій детектора електронів.	
26	Характеристика сигналів від зразка. Картина розсіяння електронів в залежності від речовини і напруги. Перетин розсіяння електронів. Вторинна електронна емісія. Використання вторинних електронів.	4
27	Характеристичне рентгенівське випромінювання. Аналіз спектрів кристал-дифракційним і енергодисперсійним способами. Устрій спектрометра, круг Роуланда. Реєстрація квантів рентгенівського випромінювання. Способи зображення результатів енергодисперсійної реєстрації характеристичного випромінювання.	6
28	Характеристичне рентгенівське випромінювання. Аналіз спектрів кристал-дифракційним і енергодисперсійним способами. Устрій спектрометра, круг Роуланда. Реєстрація квантів рентгенівського випромінювання. Способи зображення результатів енергодисперсійної реєстрації характеристичного випромінювання.	6
29	Фрактографічний аналіз зламів. Механізм руйнування шляхом сколювання та злиття мікропорожнин. Крихкий, в'язкий та злами змішаного типу. Вид зламу при втомному руйнуванні.	7
30	Термінологія для опису фрактограм: відкол, фасетка, сходинка, квазівідкол, струменкевий візерунок, втомні борозенки. Поняття глибини різкості і розрізнявальна здатність РЕМа.	6
31	Устрій та принцип роботи просвічувального електронного мікроскопа. Дифракційна картина електронів від моно- та полікристалів. Аналіз електроннограм, розрахункові формули. Можливості електронного мікроскопа в режимі мікродифракції електронів. Дослідження сузеренної структури при просвічуванні фольг. Визначення густини дислокацій. Порівняльна характеристика можливостей оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції електронів та мікрорентгеноспектрального аналізу.	8
32	Дослідження сузеренної структури при просвічуванні фольг. Визначення густини дислокацій. Порівняльна характеристика можливостей оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції електронів та мікрорентгеноспектрального аналізу.	6
	Разом	90

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (малюнки, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв’язанні практичних завдань;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

11. Очікувані результати навчання з дисципліни

Для студентів денної форми навчання: усне опитування на лабораторних заняттях, аудиторна контрольна робота, тестування.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, тестування.

12. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (залік)	Підсумкова середньозважена оцінка
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			100	100
T1	T2	T3	T1	T2	T3		
20	40	40	50	30	20		

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

13.Методичне забезпечення

1. 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.

2. 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.

14.Рекомендована література

Базова

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. Уманский Я.С. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебник [для студ. высш. учеб. заведений] / Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.И. - М. Металлургия, 1982. - 631 с.

5. Русаков А.А. Рентгенография металлов: учебник для вузов /Русаков А.А. - М. Атомиздат, 1977. - 490 с.

6. Горелик С.С. Рентгенографический и электроннооптический анализ: практическое руководство [учебное пособие для вузов] /Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. - М. Металлургия, 1970.- 366 с.

7. Приборы и методы физического металловедения [вып. 2] /[под ред. Ф. Вейнбеога, пер. с англ. под ред. Ф. Вейнберга]. – М.: Мир, 1974. – 363 с.

8. Вегман Е.Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография : [учебное пособие для вузов] / Руфанов Ю.Г., Федорченко Н.Н. - М. Металлургия, 1990. - 262 с.

Допоміжна

1. Практическая растровая электронная микроскопия / [под ред. Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица, перевод с англ. Петров В.И.]. - М. Мир, 1978. - 655 с.

2. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии / [пер с нем. Розенфельда А.М., Спасского А.Н., под ред. д-ра физ.-мат. Наук Рожанского В.Н.] - М. Мир, 1972. - 284 с.

3. Фрактография и атлас фрактограмм : справочник / [пер. с англ. Е. А. Шура, под ред. М.Л. Бернштейна]. – М.: Металлургия, 1982. – 489 с.

4. Лейзеганг З. Электронная микроскопия / Лейзеганг З. [пер с нем. Г.В. Дер-Шварца]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 240 с.

5. Масленков С.Б. Применение микрорентгеноспектрального анализа / Масленков С.Б. – М.: Металлургия, 1968. – 110 с.

6. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение : справочник / Энгель Л. Г. [пер с нем. Б.Е. Левин]. – М.: Металлургия, 1986. – 231 с.

15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.femto.com.ua>
2. <http://referat.ukraine-ru.net>
3. <http://www.femto.com.ua>
4. <http://dic.academic.ru/>
5. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
6. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>