

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ФІЗИЧНИЙ  
КАФЕДРА ФІЗИКИ МЕТАЛІВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан Фізичного факультету

Горбенко В.І.  
(ініціали та прізвище)

« 13 » вересня 2016 р.

МЕТОДИ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки магістрів  
(назва освітнього ступеня)

спеціальності 104 – Фізика та астрономія

освітня програма фізика

Укладач: к.ф.-м.н., доц. Смоляков Олександр Васильович

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри фізики металів

Протокол № 1 від "31" серпня 2016 р.  
Завідувач кафедри В.В.Гіржон

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
факультету фізичного

Протокол № 2 від "13" вересня 2016 р.  
Голова науково-методичної ради  
факультету фізич. Тихонська Г.І.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

2016 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти,	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - <b>9</b>	Галузь знань <u>10 природничі науки</u> (шифр і назва)	Вибіркова	
Загальна кіл-ть годин - <b>270</b>	Спеціальність <u>104 фізика та астрономія</u> (шифр і назва)	<b>Рік підготовки:</b>	
	Освітня програма <u>фізика</u> (назва)	1-й	-й
Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання: – <u>90</u> год	Рівень вищої освіти: <b>магістерський</b>	<b>Лекції</b>	
		26 год.	год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		64 год.	год.
		<b>Самостійна робота</b>	
180 год.	год.		
		<b>Вид контролю:</b> екзамен	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни “Методи структурного аналізу” є отримання студентами навичок в галузі структурного аналізу речовин за допомогою дифракційного методу та методами електронної мікроскопії; формування знань з сучасних методів дослідження металів та сплавів, а також придбання навичок роботи на приладах та обробки отриманих результатів. Поглиблення знань отриманих студентами при вивченні загальних курсів фізики, а саме з фізики рентгенівських променів та дифракції хвиль. Придбання навички вибору умов зйомки дифрактограм для визначення розмірів зерен, побудови полюсних фігур, визначення механічних напружень, встановлення характеристичної температури. Придбання навичок роботи на растровому та трансмісійному електронних мікроскопах для визначення структурних та фізичних характеристик матеріалів.

**Основними завданнями** вивчення дисципліни «Спеціальні дифракційні методи дослідження» є:

- засвоєння фундаментальних методів дифракційного аналізу;
- здобуття знань з питань теорії спеціальних методів дослідження фізичних властивостей речовин;
- ознайомлення студентів з обладнанням і основними характеристиками дифрактометрів та електронних мікроскопів;
- формування у студентів навичок дифракційного аналізу структури та фізичних властивостей;
- засвоєння основних методів дослідження текстурованих матеріалів;
- отримання студентами такого оптимального рівня знань, який дає змогу самостійно виконувати наукову діяльність в галузі дифракційного та електронномікроскопічного аналізу.

Згідно з вимогами освітньої (освітньо-професійної, освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання (компетентностей):

- **соціально-особистісні компетентності:** здатність узагальнювати наукову інформацію щодо історичного розвитку фізичної теорії та експерименту; здатність до грамотного викладення результатів науково-дослідної діяльності;
- **інструментальні компетентності:** мати навички професійної роботи з комп'ютером, спеціалізованим обладнанням, програмним забезпеченням;
- **загальнонаукові компетентності:** поглиблення знань з фізики та математики в обсязі, необхідному для здійснення професійної науково-дослідної та викладацької діяльності;
- **загально-професійні компетентності:** здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження металевих та неметалевих систем, навички роботи із сучасною апаратурою;
- **спеціалізовано-професійні компетентності:** володіти науковими та практичними методиками, використовувати методи, апаратури, обладнання і устаткування для вивчення фізичних явищ і процесів;
- **педагогічні:** здатність розуміти і висловлювати отримувану інформацію і представляти результати фізичних досліджень в рамках навчального процесу у вищому навчальному закладі.

**Міждисциплінарні зв'язки.** «Дифракційні методи досліджень», «Фізика твердого тіла», «Кристалографія», «Дефекти структури кристалічної будови»

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### *Розділ 1. Структурні особливості речовин після механічної обробки та їх дослідження.*

##### *Тема 1. Текстура в полікристалічних матеріалах.*

Виникнення текстури та її вплив на фізичні властивості. Осі текстур характерні для різних металів. Осьова текстура. Текстура конусного волокна, кільцева текстура. Текстура прокатки.

*Тема 2. Експериментальні методи визначення текстури.*

Дифракційний аналіз аксіальної текстури. Прямі та обернені полюсні фігури. Приклади полюсних фігур для текстур різного типу.

*Тема 3. Побудова полюсних фігур.*

Дифрактометричний метод побудови полюсних фігур прокатки. Аналіз текстури за полюсними фігурами.

*Тема 4. Вплив розмірів блоків мозаїки на дифракцію рентгенівського випромінювання.*

Визначення розмірів зерен за кількістю рефлексів на рентгенограмі.. Зв'язок між дисперсністю зерен та шириною дифракційних максимумів. Формула Селякова-Шеррера.

*Тема 5. Аналіз профілю дифракційних максимумів.*

Методи визначення фізичного та інструментального розширення. Гармонічний аналіз профілю дифракційних максимумів. Апроксимація дифракційних максимумів аналітичними кривими.

*Тема 6. Механічні напруження в металах та сплавах.*

Класифікація механічних напружень в речовинах. Напруження першого, другого та третього роду. Вплив механічних напружень на дифракцію рентгенівського випромінювання. Аналіз лінійної деформації. Дифракційний аналіз об'ємних напружень. Визначення знаку та величини напружень в поверхневих шарах матеріалів. Визначення напружень в довільному напрямку Метод  $\sin^2 \psi$ .

*Тема 7. Теплові коливання атомів та статичні спотворення кристалічної ґратки.*

Теплові коливання атомів та статичні спотворення кристалічної ґратки. Вплив теплових коливань атомів на інтенсивність дифракційних максимумів та дифузійного фону. Середньоквадратичні зміщення атомів. Температурний множник інтенсивності. Визначення характеристичної температури за дифракційною картиною одержаною при різних температурах. Визначення характеристичної температури за відношенням інтенсивностей пар ліній з різними індексами. Повні зміщення атомів як сума динамічних та статичних зміщень. Визначення статичних спотворень кристалічної ґратки графічним методом.

## ***Розділ 2. Взаємодія електронного та нейтронного пучка із речовиною, розсіювання та дифракція.***

*Тема 1. Будова растрового електронного мікроскопу.*

Вакуумна система растрового електронного мікроскопу. Типи насосів, датчики вакууму. Оптична система. Електронна пушка, електромагнітні лінзи та діафрагми.

*Тема 2. Аналіз структури речовини в растровій електронній мікроскопії.*

Взаємодія електронів пучка із речовиною. Топологічний та композиційний контраст. Хімічний аналіз енергодисперсійним методом та за хвильовою дисперсією. Аналізатори в растровому електронному мікроскопі.

Принцип роботи аналізаторів в електронному мікроскопі. Детектор Еверхарта-Торнлі.

*Тема 3. Будова трансмісійного електронного мікроскопу.*

Вакуумна система трансмісійного електронного мікроскопу. Оптична система трансмісійного електронного мікроскопу. Аберації. Роздільна здатність мікроскопу.

*Тема 4. Аналіз структури речовини за допомогою трансмісійного електронного мікроскопу.*

Формування контрасту. Мікродифракція. Темнопольне та світлопольне зображення. Аналіз електронограм полікристалів. Аналіз електронограм монокристалів. Методи виготовлення зразків для трансмісійної електронної мікроскопії.

*Тема 5. Обладнання для нейтронографічних досліджень.*

Особливості нейтронографічних методів. Обладнання для нейтронографічних досліджень. Реактори. Детектори нейтронів.

*Тема 6. Нейтронографія.*

Особливості дифракції нейтронів. Дослідження твердих розчинів типу метал-водень та метал-вуглець. Дослідження впорядкованих твердих розчинів елементів з близькими значеннями атомного фактора. Дослідження магнетиків.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви тематичних розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усьо го	у тому числі					усьо го	у тому числі				
		л	с/п	лаб.	сам.роб.	інд.зав.д.)		л	с/п	лаб.	сам.роб.	інд.зав.д.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
<b>Розділ 1. Структурні особливості речовин після механічної обробки та їх дослідження.</b>												
Тема 1. Текстура в полікристалічних матеріалах.	9	2			12							
Тема 2. Експериментальні методи визначення текстури	9	2			12							
Тема 3. Побудова полюсних фігур.	9	2			15							
Тема 4. Вплив розмірів блоків мозаїки на	14	2			15							

дифракцію рентгенівського випромінювання.												
Тема 5. . Аналіз профілю дифракційних максимумів.	8	2			15							
Тема 6. Механічні напруження в металах та сплавах.	2	2			18							
Тема 7. Теплові коливання атомів та статичні спотворення кристалічної ґратки.	12	2			18							
Разом за розділом 1	119	14			105							
<b>Розділ 2. Взаємодія електронного та нейтронного пучка із речовиною, розсіювання та дифракція</b>												
Тема 1. Будова растрового електронного мікроскопу.	24	2		12	10							
Тема 2. Аналіз структури речовини в растровій електронній мікроскопії.	37	2		20	15							
Тема 3. Будова трансмісійного електронного мікроскопу.	24	2		12	10							
Тема 4. Аналіз структури речовини за допомогою трансмісійного електронного мікроскопу.	37	2		20	15							
Тема 5. Обладнання для нейтронографічних досліджень	12	2			10							
Тема 6. Нейтронографія	17	2			15							
Разом за розділом 2	151	12		64	75							
<i>Усього годин</i>	270	26		64	180							

## 5. Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Текстура в полікристалічних матеріалах	2
2	Експериментальні методи визначення текстури	2
3	Побудова полюсних фігур.	2
4	Вплив розмірів блоків мозаїки на дифракцію рентгенівського випромінювання.	2
5	Аналіз профілю дифракційних максимумів.	2
6	Механічні напруження в металах та сплавах.	2
7	Теплові коливання атомів та статичні спотворення кристалічної ґратки.	2
8	Будова растрового електронного мікроскопу.	2
9	Аналіз структури речовини в растровій електронній мікроскопії.	2
10	Будова трансмісійного електронного мікроскопу.	2
11	Аналіз структури речовини за допомогою трансмісійного електронного мікроскопу.	2
12	Обладнання для нейтронографічних досліджень	2
13	Нейтронографія	2
Разом		26

## 6. Теми лабораторних занять (практичних/семінарських)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вакуумна система електронного мікроскопу	8
2	Оптична система растрового електронного мікроскопу	8
3	Формування зображення у растровому електронному мікроскопі.	8
4	Енергодисперсійний та хвильовий хімічний аналіз.	8
5	Будова трансмісійного електронного мікроскопу.	8
6	Виготовлення зразків для трансмісійної електронної мікроскопії.	8
7	Формування зображення у трансмісійному електронному мікроскопі.	8
8	Електронографія.	8
Разом		64

## 7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рентгенівські трубки та принцип їх роботи.	10
2	Основні закономірності утворення рентгенівських спектрів.	10
3	Послаблення інтенсивності прямого пучка (масові коефіцієнти поглинання та розсіювання рентгенівських променів).	10
4	Спектри поглинання: залежність від довжини хвилі і атомного номеру поглинаючої речовини.	10
5	Розсіювання вільним електроном.	8
6	Функція атомного розсіювання, атомний фактор, дисперсійні поправки.	12
7	Розсіювання рентгенівських променів кристалами малого розміру.	10
8	Методи: Лауе, обертання монокристалу, Дебая – Шеррера.	15

9	Функція радіального розподілу.	10
10	Структурний фактор.	5
11	Аналіз функції радіального розподілу.	10
12	Визначення характеристичних температур та статичних зміщень в кристалічних речовинах.	10
13	Визначення числа, величини та форми кристалів.	10
14	Рентгенографічний аналіз переважних орієнтувань.	15
15	Будова растрового електронного мікроскопу.	5
16	Будова скануючого електронного мікроскопу.	5
17	Нейтроннографічні методи досліджень та їх використання.	15
18	Дифрактометричні дослідження сталей.	10
Разом		180

### 8. Види контролю та система накопичення балів

№ з/п	Назва теми	Кількість контрольних заходів	Кількість балів за 1 захід	Кількість балів
1	Підготовка до лабораторних занять. Термін виконання – у межах підготовки до лабораторних занять	8	2	16
2	Захист результатів виконання лабораторних робіт.	8	3	24
3	Письмовий колоквіум по завершенню вивчення розділу 1 (за умови написання повної розгорнутої відповіді на 2 теоретичних питання)	1	10	10
4	Письмовий колоквіум по завершенню вивчення розділу 2 (за умови написання повної розгорнутої відповіді на 2 теоретичних питання)	1	10	10
5	Екзамен за результатами вивчення матеріалу курсу за розділами 1 та 2 у письмовому вигляді.	1	40	40
Разом		19		100

### Критерії оцінювання за видами роботи та формами контролю

Форма контролю	Кількість балів	Примітки
<b>ОЦІНЮВАННЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПОТОЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ</b>		
Тему поточного заняття письмово відтворено у відповідності до вимог. Студент виявляє розуміння основоположних теоретичних теорій і фактів, уміє наводити приклади на підтвердження цього.	2	За 1 контрольний захід.
Студент обізнаний деякими поняттями, проте тема викладена не в повному обсязі.	1	
Домашня підготовка не виконана.	0	
<b>ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ</b>		



Студент грамотно та докладно викладає матеріал, виявляє розуміння основоположних теорій та фактів, відповідає на питання, вільно володіє матеріалом.	3	
Студент загалом володіє матеріалом, але викладає його непослідовно, користується конспектом, в наявності є оформлені результати виконання лабораторної роботи.	2	
Студент викладає матеріал не послідовно, повільно, незрозуміло, користуючись конспектом, є недосконало оформлені результати виконання лабораторної роботи.	1	
Студент не готовий до заняття.	0	
<b>РЕЗУЛЬТАТ ВИКОНАННЯ ПИСЬМОВИХ КОЛОКВІУМІВ ОЦІНЮЄТЬСЯ ЗА ТАКОЮ ШКАЛОЮ</b>		
Студент правильно виконує не менше 90% завдань; письмова робота оформлена акуратно та у відповідності до вимог. Всі завдання роботи повністю виконані без помилок, що відповідає виявленню студентом всебічного системного і глибокого знання програмного матеріалу; засвоєнню ним основної і додаткової літератури; чіткому володінню понятійним апаратом, методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою дисципліни; вмінню використовувати їх для розв'язання як типових, так і нетипових практичних ситуацій; виявленню творчих здібностей в розумінні, викладенні та використанні навчально-програмного матеріалу.	10	
Студент правильно виконує не менше 60% завдань. Всі завдання роботи повністю виконані без суттєвих помилок, що відповідає виявленню знань основного програмного матеріалу; засвоєнню інформації в межах теоретичного курсу; володінню необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою; вмінню використовувати їх для розв'язання типових ситуацій, припускаючи окремих незначних помилок	8	
Студент правильно виконує не менше 30% завдань. Всі завдання роботи повністю виконані без суттєвих помилок, що відповідає виявленню знань основного програмного матеріалу; засвоєнню інформації в межах теоретичного курсу; володінню необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою; вмінню використовувати їх для розв'язання типових ситуацій, припускаючи окремих незначних помилок;	5	
Студент правильно виконує менше 20% завдань. Студент володіє основними методами, без істотних помилок формулює основні твердження теоретичного питання; окремі завдання виконані з недоліками; у більшості завданнях зроблені грубі помилки або вони не виконані	3	
Студент правильно виконує менше 10% завдань. Більше 90% всіх завдань роботи виконано не вірно, що відповідає виявленню значних прогалин у знаннях основного програмного матеріалу; не досить упевненому володінню окремими поняттями, методиками та інструментами, про що свідчать принципові помилки під час їх використання.	0	
<b>Разом за один розділ</b>	<b>30</b>	

<b>Разом</b>	<b>60</b>	
Мінімальний бал для допуску до підсумкового контролю (заліку або екзамену) – 35 балів		
<b>ПІДСУМКОВИЙ СЕМЕСТРОВИЙ КОНТРОЛЬ</b>		
Демонстрація сформованого мислення; знання і розуміння всього програмного матеріалу в повному обсязі; послідовне, логічне, обґрунтоване, безпомилкове викладення матеріалу; самостійне, впевнене і правильне застосування знань в конкретних умовах; вміле формування висновків та узагальнень.	40	
Демонстрація сформованого мислення; знання і розуміння всього програмного матеріалу в повному обсязі; послідовний, логічний, безпомилковий виклад матеріалу; правильне і без особливих труднощів застосування знань в конкретних умовах; формування висновків та узагальнень.	30	
Знання і розуміння тільки основного програмного матеріалу в обсязі, який дозволяє застосовувати наступний програмний матеріал; спрощений виклад матеріалу; застосування окремих знань в конкретних умовах при допомозі викладача; допущення окремих суттєвих помилок.	20	
Поверхове знання і розуміння основного програмного матеріалу; непослідовний виклад матеріалу з допущенням істотних помилок; невміння робити узагальнення та висновки; невміння застосовувати знання у практичній діяльності.	5	
<b>Разом за семестр</b>	<b>100</b>	

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	Залік
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

## 9. Рекомендована література

### Основна:

1. Егоров-Тисменко Ю. К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник / Егоров-Тисменко Ю. К. – М. : КДУ, 2010. - 588 с.
2. Головачев В.П. Задачи по кристаллографии / Головачев В.П., Сафьянов Ю.Н., Чупрунови Е.В. – М.: Физматлит, 2003.– 208 с.
3. Физические методы исследования металлов и сплавов : учебное пособие для студентов металлургических специальностей. – [http://ebooks.znu.edu.ua/files/phiziki/physics/FTT/47zuravlev\\_l.g.\\_filatov\\_v.i.\\_fizi4eskie\\_metody\\_isledovana\\_metallov\\_i\\_splavov\\_2004\\_.pdf](http://ebooks.znu.edu.ua/files/phiziki/physics/FTT/47zuravlev_l.g._filatov_v.i._fizi4eskie_metody_isledovana_metallov_i_splavov_2004_.pdf)
4. Горелик С.С. Рентгенографический и электронномикроскопический анализ.: Учеб. пособ. для вузов / Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. – М.: МИСИС, 1994.-328 с.
5. Новиков И.И., Строганов Г. Б ., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография / Новиков И.И., Строганов Г. Б ., Новиков А.И. – М.: МИСИС, 1994. – 480с.

### Додаткова:

1. Вегман Е.Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография / Вегман Е.Ф., Руфанов Ю.Г., Федорченко И.Н. – М.: Металлургия, 1990. – 262 с.
2. Баррет Ч.С. Структура металлов / Баррет Ч.С., Масальский Т.Б. – М.: Металлургия, 1984. 354 с.
3. Томас Г. Просвечивающая электронная микроскопия / Томас Г., Гориндж М. Дж. – М.: Наука, 1983. –317 с.
4. Иверонова В.И. Теория рассеяния рентгеновских лучей / Иверонова В.И., Ревкевич Г.П.– М.: Изд-во Моск. Ун.-та, 1978. – 278 с.

### Інформаційні ресурси

1. Електронний ресурс до предмета “Дифракційні методи дослідження”  
[http://refs.co.ua/74066-Rentgenostrukturniy\\_i\\_rentgenospektral\\_niy\\_analiz.html](http://refs.co.ua/74066-Rentgenostrukturniy_i_rentgenospektral_niy_analiz.html)
2. Електронний ресурс до предмета “Дифракційні методи дослідження”  
<http://www.twirpx.com/file/230817/>
3. Електронний ресурс до предмета “Дифракційні методи дослідження”  
<http://www.twirpx.com/file/292579/>

Погоджено

відділ з навчальної роботи

05 травня 2016

*Людмила О. В.*

