

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П. А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИФРАКЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Дифракционные методы исследования вещества»** для обучающихся по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
канд. физ.-мат. наук, проф.

Н. П. Иваницын

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной программы, д-р физ.-мат. наук, проф.
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Механика и молекулярная физика, Дефекты в кристаллах.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Курсовая работа по "Дифракционным методам исследования вещества",
Производственная практика: научно-исследовательская работа.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.8 Дифракционные методы исследования вещества
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	5	34	34	34	42	144	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Углубленная подготовка в области физических основ дифракционных методов исследования структуры наноструктурированных материалов.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
-------------	------------	---------------------

ПК-1. Способен апробировать новые методики с согласованием полученных результатов с результатами стандартных методик	ПК-1.9. Использует дифракционные картины для определения фазового состава и текстуры материалов	ПК-1.9.1. Знает принципы формирования рентгеновских дифракционных картин от поликристаллических, монокристаллических и аморфных материалов ПК-1.9.2. Умеет определять количественный фазовый состав материалов по рентгеновскими дифракционной картинами ПК-1.9.3. Владеет навыками определения типа и степени усовершенствования текстуры
	ПК-1.10. Определяет фазовый состав материалов по рентгеновским дифракционным картинам	ПК-1.10.1. Знает теорию формирования дифракционных картин на дефектах структуры наноматериалов ПК-1.10.2. Умеет определять качественный фазовый состав материалов по рентгеновскими дифракционной картинами ПК-1.10.3. Владеет навыками определения уровня макронапряжений в материалах

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Рентгеноанализ материалов	
Качественный фазовый анализ наноматериалов.	Суть качественного фазового анализа и его чувствительность. Порядок проведения качественного фазового анализа. Анализ фаз с низким содержанием. Осложнения при проведении качественного фазового анализа.
Количественный фазовый анализ наноматериалов.	Соотношение между интенсивностью дифракционных максимумов и содержанием фазы в образце. Методы количественного фазового анализа. Метод гомологичных пар. Метод градуировочной кривой. Метод внутреннего эталона. Метод добавок. Метод внешнего стандарта. Метод измерения коэффициента поглощения. Метод многоканальных дифрактометров. Погрешности количественного фазового анализа.
Рентгеноанализ твердых растворов.	Определение типа и состава твердого раствора. Определение предела раствора в двухкомпонентных твердых растворах. Изучение распада твердого раствора. Рассеяния сплавами при наличии дальнего порядка. Дальний порядок в сплавах стехиометрического и нестехиометрического составов. Ближний порядок. Экспериментальное определение интенсивности диффузного рассеяния твердыми растворами.
Анализ аксиальной текстуры фото- и дифрактометричными методами.	Понятие о текстуре в материалах и их типы. Рентгеновская картина аксиальной текстуры. Параметры аксиальной текстуры и методы их

	определения. Построение прямых и обратных полюсных фигур аксиальной текстуры с помощью фото- и дифрактометричных методов.
Анализ текстуры прокатки.	Рентгеновская картина полной текстуры и ее анализ. Прямая полюсная фигура. Дифрактометричные методы построения полюсной фигуры. Анализ полюсных фигур текстуры прокатки.
Раздел 2. Приложения рентгеновской дифрактометрии	
Анализ пластической деформации материалов и структурных изменений при их последующем нагреве.	Определение характера деформации. Внутренние напряжения в материалах и их рентгеновская характеристика. Определение макронапряжений. Одноосное напряженное состояние. Определение микродеформаций за размытием дифракционных максимумов методами аппроксимации и гармонического анализа профиля линий
Дисперсография.	Типы дисперсности материалов и их рентгеновская характеристика. Определение размера кристаллитов в низкодисперсном материале. Определение размера кристаллитов в среднелдисперсном материале. Определение размера кристаллитов в высокодисперсном материале.
Рентгеноанализ дефектов упаковки.	Интенсивность лучей, рассеянных на дефектах упаковки. Влияние дефектов упаковки на дифракционную картину. Определение концентрации дефектов упаковки.
Малоугловое рассеяния.	Интенсивность рассеивания у первичного пучка. Определение размеров частиц моно- и полидисперсных систем. Двойное Брегговское рассеяние и его влияние на точность определения размеров частиц моно- и полидисперсных систем.
Рентгеновская топография.	Суть и возможности рентгеновской топографии. Методы рентгеновской топографии для исследования дислокационной структуры материалов: метод Берга-Барета; метод Ланга; метод Бормана. Методы рентгеновской топографии для исследования субструктуры материалов: метод Шульца; метод Фудживара; метод Косел; метод двокристалльной топографии.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов
-----------------------------	------------------

	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Рентгеноанализ материалов	17	17	17	21	72
Качественный фазовый анализ наноматериалов.	3	3	3	4	13
Количественный фазовый анализ наноматериалов.	3	3	3	4	13
Рентгеноанализ твердых растворов.	3	3	3	4	13
Анализ аксиальной текстуры фото- и дифрактометричными методами.	4	4	4	4	16
Анализ текстуры прокатки.	4	4	4	5	17
Раздел 2. Приложения рентгеновской дифрактометрии	17	17	17	21	72
Анализ пластической деформации материалов и структурных изменений при их последующем нагреве.	3	3	3	4	13
Дисперсография.	3	3	3	4	13
Рентгеноанализ дефектов упаковки.	3	3	3	4	13
Малоугловое рассеяния.	4	4	4	4	16
Рентгеновская топография.	4	4	4	5	17
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	34	34	34	42	144

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Суть качественного фазового анализа и его чувствительность.
2. Порядок проведения качественного фазового анализа.
3. Анализ фаз с низким содержанием.
4. Осложнения при проведении качественного фазового анализа.
5. Соотношение между интенсивностью дифракционных максимумов и содержанием фазы в образце.
6. Методы количественного фазового анализа.
7. Метод гомологичных пар.

Раздел 2

8. Метод градуировочной кривой.
9. Метод внутреннего эталона.
10. Метод добавок.
11. Метод внешнего стандарта.
12. Метод измерения коэффициента поглощения

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Качественный фазовый анализ наноматериалов.
- Количественный фазовый анализ наноматериалов.
- Рентгеноанализ твердых растворов.
- Рентгеноанализ текстурированных наноматериалов
- Определение внутренних напряжений в наноматериалах
- Определение размеров зерен, блоков и концентрации дефектов упаковки
- Определение размеров частиц моно- и полидисперсных систем
- Методы рентгеновской топографии для исследования дислокационной структуры материалов: метод Берга-Барета; метод Ланга; метод Бормана

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

8.1. Семестр 5

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (зачет)		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий(ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Иваницын, Н. П. Размерные эффекты в нанокристаллических материалах [Электронный ресурс] : для студентов, аспирантов, специализирующихся по направлению подготовки 030402 «физика» и специалистов в области физики конденсированных сред, теоретической физики и нанотехнологий. / Н. П. Иваницын, С. В. Терехов, В. М. Юрченко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонГУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).

2. Горелик, С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : практ. руководство по рентгенографии, электронографии и электрон. микроскопии металлов, полупроводников и диэлектриков / С. С. Горелик и др. - 2-е изд. - Москва : Металлургия, 1970. - 368 с.

3. Методические указания к лабораторным работам по спецкурсу "Теория и методы структурного анализа" : (для студентов специальности 6.040203 "Физика") / А. Н. Троцан, С. В. Чертопалов, Г. В. Тимофеева ; ДонГУ. Физ.-техн. фак. Каф. нанофизики. - Донецк : ДонГУ, 2013. - 96 с.

4. Сиротин, Ю. И. Основы кристаллофизики / Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская. - М. : Наука, 1975. - 680 с.

10.2. Дополнительная литература

1. Нанотехнологии и специальные материалы: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140140 - Техн. физика / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под ред. Ю. П. Солнцева. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2009. – 334, [1] с.

2. Нанотехнологии: азбука для всех / Н. С. Абрамчук, С. М. Авдошенко, А. Н. Баранов и др.; под ред. Ю. Д. Третьякова. - 2-е изд. – Москва: Физматлит, 2009. – 365 с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения:

31.03.2025). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «**КиберЛенинка**»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «**Лань**»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт**: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).