

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**

### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы и нанотехнологии
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная

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

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов»** для обучающихся по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы и нанотехнологии), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 966 (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:

зав. кафедрой теоретической  
физики и нанотехнологий,  
д-р физ.-мат. наук, проф.

А.Г. Петренко

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: Электронная микроскопия, Материалы и методы нанотехнологий, Дифракционные методы исследования вещества, Дефекты в кристаллах.

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

Современные функциональные материалы, Производственная практика: научно-исследовательская работа, Производственная практика: преддипломная практика.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.04.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы и нанотехнологии)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.10. Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	8 / 288

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	1	2	14	14	-	80	108	зачет
Очная	2	3	15	-	15	150	180	экзамен
Очная, всего			29	14	15	230	288	

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов представления о диагностике наноматериалов как о едином комплексе взаимосвязанных методов, взаимно дополняющих друг друга.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-3. Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и наноматериалов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-3.1. Владеет современными методами анализа эффективности производственного процесса и оценки производственных потерь и подходами к разработке комплекса мероприятий по их устранению	ОПК-3.1.1. Знает методы анализа эффективного производственного процесса. ОПК-3.1.2. Умеет оценить производственные потери и разрабатывать мероприятия для их устранения. ОПК-3.1.3. Владеет методологией системных исследований.

**5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов	
Введение	Наночастицы и наноматериалы, как объекты диагностики и химического анализа. Требования к метрологическим характеристикам методов, обусловленные размером объектов.
Современные физические методы получения наноматериалов	Технологии, основанные на физических процессах (осаждение из паровой фазы, термическое испарение, магнетронное распыление)
Химические методы получения наноматериалов	Технологии, основанные на – химическом осаждении, из паровой фазы, использование плазмы тлеющего разряда, из растворов металлических соединений, золь – гель метод
Растровая электронная микроскопия (РЭМ)	Устройство РЭМ, формирование изображений в эмиссионных режимах, информативные возможности эмиссионных режимов, специальные режимы РЭМ
Метод просвечивающей электронной микроскопии (ПРЭМ)	Схема ПРЭМ, типы контраста изображения в ПРЭМ, методы подготовки объектов для исследования, определение размера частиц, сравнение информационных возможностей различных типов электронных микроскопов

Спектральные методы анализа энергетических спектров	Разновидности спектральных методов (СМ), принцип действия, изучение химсоставов поверхностных слоев исследуемых образцов, преимущества и недостатки этих методов
Взаимодействие ионных пучков с твердым телом	Масс-спектрокопия вторичных ионов. устройство, принцип действия, исследование и анализ тонких пленок, определение всех химических элементов в веществе, обладание высокой чувствительности
Сканирующие зондовые методы	Принцип работы, использования зонда, как устройства считывания информации с поверхности исследуемого материала, обработка сигналов с помощью пакета программ, характеристики исследования структурных свойств образцов
Лазерный микрозондовый анализ	Принцип действия, использование вакуума для исследования материалов, характеристики источников энергии, оценка чувствительности анализа при содержании элементов. Преимущества и недостатки этого метода.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 2

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов	14	14		80	108
Введение	2	2		20	24
Современные физические методы получения наноматериалов	4	4		20	24
Химические методы получения наноматериалов	4	4		20	24
Растровая электронная микроскопия (РЭМ)	4	4		20	24
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	14	14		80	108

### 6.2. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов	15		15	150	180
Метод просвечивающей электронной микроскопии (ПРЭМ)	3		3	30	36
Спектральные методы анализа энергетических спектров	3		3	30	36
Взаимодействие ионных пучков с твердым телом	3		3	30	36

Сканирующие зондовые методы	3		3	30	36
Лазерный микрозондовый анализ	3		3	30	36
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	15		15	150	180
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	29	14	15	230	288

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

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Метод Селякова-Шеррера.
2. Графический и аналитический методы аппроксимации.
3. Графический и аналитический методы моментов.
4. Спиннингование раствора.
5. Выращивание эпитаксиальных слоев.
6. Магнетронное распыление керамической мишени.
7. Временная термометрия.
8. Гальваномагнитные методы исследования
9. Оптическая микроскопия.
10. Механические измерения. Исследования поверхности.
11. Рентгеновский микроанализ.
12. Почему важно знать химический состав деталей микроструктуры? Привести примеры.
13. Методы изучения химического состава поверхности.
14. Методы определения морфологии дисперсных тел.
15. Современные методы численных расчетов и компьютерного моделирования в адсорбционно-структурном анализе.
16. Пористость твердых тел.

### 7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Сканирующая электронная микроскопия
2. Просвечивающая электронная микроскопия, в том числе высокого разрешения.
3. Люминесцентная микроскопия.
4. Дифракционные методы (рентгеновские, электронные, нейтронные).
5. Рентгеновская спектроскопия (XAS, EXAFS и др.)
6. Электронная спектроскопия.
7. Наногравиметрия.
8. Магнитно-резонансные методы.
9. Методы локального и нелокального анализа поверхности.
10. Масс-спектрометрия.

### 7.3. Темы письменных работ (типы задач)

- Изучение устройства и режимов работы растрового электронного микроскопа.
- Подготовка объектов для исследования нанообъектов методом сканирующего зондового метода.
- Анализ изображений структур наноматериалов, полученных на просвечивающем электронном микроскопе.
- Исследование наноматериалов с помощью лазерного микрозонда.
- Метод масс-спектропии для исследования наночастиц.
- Рентгенографический метод определения размеров нанокристаллов.

- Изучение химсоставов поверхностных слоев сканирующим зондовым методом.
- Изучение устройства и принципа работы масс-спектрометра.

#### 7.4. Темы лабораторных работ

- Определение элементного фазового состава спектральным методом.
- Определение плотности дислокаций в тонких пленках с помощью электронного микроскопа.
- Определение толщины пленок рентгенографическим методом.
- Определение структуры и качественный анализ с помощью масс-спектрометра.
- Получение и исследование нанообъектов методом электронной микроскопии.

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

#### 7.5. Образец содержания экзаменационного билета

Донецкий государственный университет  
Физико-технический факультет  
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы
Профиль	Наноматериалы и нанотехнологии
Форма обучения	Очная
Семестр	Третий
Дисциплина	Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов

#### Экзаменационный билет № 1

1. Методы изучения химического состава поверхности.
2. Электронная спектроскопия.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № \_\_ от \_\_\_\_ 202\_\_ г.

Заведующий кафедрой

Экзаменатор

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

#### 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 2

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	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

### 8.2. Семестр 3

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		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. Петренко А.Г. Методы исследований наноматериалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А.Г.Петренко – Донецк : ДонНУ, 2019. – Электронные данные (1 файл).

2. Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». – Донецк: ДонНУ, 2018. -246 с.

3. Терехов, С. В. Физика нанообъектов : [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин ; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк : ДонНУ, 2013. – 418 с.

4. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии : [учеб. пособие] / [Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др.] ; Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина. - Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. - 209 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. Мартинес-Дуарт, Дж. М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда ; пер. с англ. А. В. Хачояна ; под ред. Е. Б. Якимова. - Изд. 2-е. - Москва : Техносфера, 2009. - 367 с.

3. Получение и исследование наноструктур : лабораторный практикум по нанотехнологиям / [А. А. Евдокимов и др.] ; под ред. А. С. Сигова. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 146 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).