

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 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

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

Рабочая программа дисциплины **«Современные функциональные материалы»** 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:

профессор кафедры теоретической  
физики и нанотехнологий,  
д-р. физ.-мат. наук, с.н.с

Л.С. Метлов

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: Моделирование микро- и нано структур, Физика гетероэпитаксиальных наноструктур, Материалы и методы нанотехнологий

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

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.В.ДВ.2.1 Современные функциональные материалы
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	5,5 / 198

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	2	3	15	–	45	138	198	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Получение углубленных знаний в области современных функциональных материалов и их применения.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-5. Способен	ПК-5.1.	ПК-5.1.1. Знает структуру технологических карт и регламента.

формировать технологические карты и технологические регламенты	Формирует технологические карты и технологические регламенты	ПК-5.1.2. Умеет готовить технологические карты и регламент для конкретного технического задания ПК-5.1.3. Владеет методами формирования технологических карт процессов производства продукции
	ПК-5.2. Контролирует параметры полученной продукции	ПК-5.2.1. Знает методы контроля параметров технологического процесса. ПК-5.2.2. Умеет обеспечивать процесс контроля полученной продукции. ПК-5.2.3. Владеет правилами оформления технологической документации

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Современные функциональные материалы	
Введение.	История возникновения науки о функциональных и многофункциональных материалах
Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ)	Наряду с другими функциональными материалами выделен особый класс материалов, обладающих ЭПФ. Эти материала классифицируются по составу, характеру мартенситных превращений, наличию магнитных или электрических подсистем и т.д.
Актуаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ	Сплавы Гейслера, обладающие наряду с ЭПФ (за счет структурных фазовых переходов) и выраженными магнитными свойствами, позволяющих управлять ЭПФ с помощью магнитных полей. Это позволяет использовать их, как умные материалы в различных актуаторах.
Мартенситные и обратные фазовые переходы	Важнейшее свойство, ЭПФ, обусловлен когерентным движением двойниковых границ, возникающих в мартенситном состоянии вследствие существования различных мартенситных фаз с различными компонентами параметра порядка. При мартенситном и обратном переходе сопровождаются магнитокалорическим, барокалорическим и эластокалорическим эффектами. Эти свойства могут быть полезными для создания безфлюидных холодильников.
Мегапластическая деформация (МПД) поликристаллических и аморфных функциональных материалов	Указана роль МПД в создании и улучшении свойств функциональных материалов с поликристаллическим или аморфным строением. Перечислены и охарактеризованы основные виды МПД, а также различные схемы нагружения и их комбинации.

Неравновесная эволюционная термодинамика МПД	.Основную роль в формировании свойств всех материалов при их обработке методами МПД играют процессы генерации и аннигиляции структурных дефектов. Поскольку плотность структурных дефектов при МПД возрастает на порядки, то для описания кинетики этих процессов и ее связь с формированием основных свойств материала развит специальный метод неравновесной термодинамики (НЭТ).
Применения функциональных материалов в медицине, измерительной технике и робототехнике	Представлены различные приложения функциональных материалов в медицине в виде нанобиороботов, зубных и других костных протезов, искусственных артерий и т.д.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Современные функциональные материалы	15		45	138	198
Введение.	2		6	20	28
Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ)	2		6	20	28
Актуаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ	2		6	20	28
Мартенситные и обратные фазовые переходы	2		6	20	28
Мегапластическая деформация (МПД) поликристаллических и аморфных функциональных материалов	2		6	20	28
Неравновесная эволюционная термодинамика МПД	2		6	20	28
Применения функциональных материалов в медицине, измерительной технике и робототехнике	3		3	18	24
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	15		45	138	198

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

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

- 1.Опишите структуру компьютерной программы для расчета эволюции структурных дефектов в поликристаллических металлах и сплавах.
2. Каковы особенности эволюции структурных дефектов в процессах МПД?
3. Какие виды МПД получили наиболее широкое распространение в мире?  
Назовите их особенности и достоинства. .
- 4.Какие принципы заложены в основу НЭТ?

5. Актюаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ.
6. Мартенситные и обратные фазовые переходы.
7. Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ).
8. Применения функциональных материалов в медицине, измерительной технике и робототехнике.

#### 7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Подобрать по литературным источникам (поиск в Интернете) примеры применения функциональных материалов в космической технике.

2. Используя интернет ресурсы найти дополнительные литературные источники по проблеме “материалы с эффектом памяти формы, как современных функциональных материалов”, в духе настоящей программы. Представить отчет в виде ссылок на соответствующие сайты и подборки статей в pdf-формате и анализа найденной литературы.

3. Используя интернет ресурсы найти дополнительные литературные источники по проблеме мегапластической деформации (интенсивной пластической деформации), как способа улучшения функциональных свойств материалов. Представить отчет в виде ссылок на соответствующие сайты и подборки статей в pdf-формате и анализа найденной литературы.

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

- Освоить работу программного комплекса расчета эволюции плотности структурных дефектов
- Провести компьютерные эксперименты расчета эволюции плотности дефектов при различных параметрах модели
- Освоить работу программного комплекса расчета эволюции параметров порядка в сплавах Гейслера
- Провести компьютерные эксперименты расчета эволюции структурных параметров порядка при различных модельных константах

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

#### 7.4. 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 функциональные материалы

#### Экзаменационный билет № 1

1. Мартенситные и обратные фазовые переходы.
2. Материалы с эффектом памяти формы.
3. Неравновесная эволюционная термодинамика МПД.

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 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	удовлетворительно	зачтено
70-74	D		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. Метлов, Л. С. Современные функциональные материалы [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Л. С. Метлов, А. Г. Петренко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2020. - Электронные текстовые данные (1 файл).

2. Варюхин, В. Н. Наноматериалы [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. Н. Варюхин, С. В. Терехов ; Донецкий нац. ун-т ; Донецкий физ.-техн. ин-т им. А. А. Галкина. - Донецк : ДонНУ, 2016. - Электронные данные (1 файл).

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

4. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 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. Суздалев, И. П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 2-е изд. - Москва : URSS : Либроком, 2009. - 589 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).