

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Физико-технический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П.А. Машаров
«16» апреля 2026 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

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

Донецк 2026

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 2026 года.

Разработчик:

профессор кафедры общей и
теоретической физики,
докт. физ.-мат. наук, профессор

А. Г. Петренко

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры общей и теоретической физики.
Протокол от 09.04.2026 № 11

И.о. заведующего кафедрой

А.В. Безус

СОГЛАСОВАНО:

И. о. декана физико-технического факультета
16.04.2026

С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.
Протокол от 15.04.2026 № 4
Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной
программы, д-р физ.-мат. наук, проф
15.04.2026

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.

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

Углубленная подготовка студентов 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 формировать технологические карты и технологические регламенты	ПК-5.1. Формирует технологические карты и технологические регламенты	ПК-5.1.1. Знает структуру технологических карт и регламента. 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 рядом 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 ОП	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 общей и теоретической физики

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 общей и теоретической физики, 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 столбальной 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		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале
--	------	------------------------------

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

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 общей и теоретической физики 4 учебный корпус ДонГУ (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. Суздальев, И. П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздальев. - 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. **Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU**: сайт / НЭБ (ООО). – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
2. **Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»**: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. **Национальная подписка**: сайт / РЦНИ. – Москва, 2020- . – URL: <https://podpiska.rcsi.science/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: для авторизов.пользователей ДонГУ. – Текст: электронный.
4. **Национальная электронная библиотека (НЭБ)**: федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. **Образовательная платформа Юрайт**: сайт. – Москва, 2013- . – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронная библиотека РГБ**: раздел сайта / РГБ. – Текст: электронный // Российская государственная библиотека: официальный сайт. – <https://ldiss.rsl.ru/electroniclibrary>. – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – Виртуальный читальный зал РГБ на территории НБ ДонГУ.
7. **Электронно-библиотечная система Лань**: сайт / ЭБС Лань. – С.-Петербург, 2011- . – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
8. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
10. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. РЕД ОС, Astra Linux (OEM).
2. OpenOffice, LibreOffice.