

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

МАГНИТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ: МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА

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 **«Магнитные наночастицы: методы получения, строение, свойства»** 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.2.2 Магнитные наночастицы: методы получения, строение, свойства
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 о получении магнитных наночастиц 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. Магнитные наночастицы: методы получения, строение, свойства	
Введение	История возникновения науки о магнитных наночастицах. Общие принципы получения наночастиц. Принципы магнитного управления потоком магнитных наночастиц с помощью внешних магнитных полей. Медицинские и другие применения физических систем с отдельными магнитными наночастицами.
Физические свойства отдельных наночастиц слабосвязанных с другими наночастицами	Размерные эффекты, доля разорванных связей и химическая активных атомов. Сопоставимость длин волн с размером наночастиц, сокращение времени протекания (релаксации) различных физических процессов.
Мартенситные и обратные фазовые переходы магнитных наночастиц с узким гистерезисом в случае отличия критических температур от температуры Кюри	.Важнейшее свойство магнитных наночастиц с узким структурным гистерезисом, обусловлен когерентным движением двойниковых границ, возникающих в мартенситном состоянии вследствие существования различных мартенситных фаз с различными компонентами параметра порядка. Мартенситный и обратный переходы сопровождаются магнито-калорическим, баро-калорическим и эласто-калорическим эффектами. Эти свойства могут быть полезными для создания без-флюидных холодильников.
Магнитные фазовые переходы магнитных наночастиц в случае отличия температуры Кюри от температуры мартенситного перехода	Магнитные фазовые переходы в отдельных магнитных наночастицах, а также в нанонитях и нанопленках. Магнитные фазовые переходы в сверхтонких пленках железоиттриевого граната, в перовскитах, сплавах и соединениях, обладающих эффектом памяти формы.
Совмещенные мартенситные и магнитные фазовые переходы при совпадении критических температур этих переходов	Взаимное влияние структурных и магнитных свойств на протекание фазовых переходов в различных типах отдельных магнитных

	наночастиц, в том числе с узким гистерезисом структурного фазового перехода.
Роль флуктуационных явлений в кинетике фазовых переходов в отдельных магнитных наночастицах	Влияние соотношения уровня тепловых флуктуаций или шумов и высот потенциальных барьеров на устойчивость структурных и магнитных состояний в области температур фазовых переходов с узким структурным гистерезисом
Другие структуры, в том числе нанокомпозиты, состоящие из магнитных наночастиц и их практические применения, в том числе в вычислительной технике и медицине	Композиционные и келоидные структуры, включающие в себя магнитные наночастицы и нанокластеры, способы их приготовления, структуры и свойства. Применение келоидных структур, в том числе магнитных наночастиц в крови для целенаправленного воздействия на человеческий организм и для доставки необходимых лекарств к больным органам при управляющем воздействии внешнего магнитного поля. Применение магнитных наночастиц и твердотельных структур из магнитных наночастиц и нанокластеров в разработке нового поколения вычислительной техники.

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. Магнитные наночастицы: методы получения, строение, свойства	15		45	138	198
Введение	2		6	20	28
Физические свойства отдельных наночастиц слабосвязанных с другими наночастицами	2		6	20	28
Мартенситные и обратные фазовые переходы магнитных наночастиц с узким гистерезисом в случае отличия критических температур от температуры Кюри	2		6	20	28
Магнитные фазовые переходы магнитных наночастиц в случае отличия температуры Кюри от температуры мартенситного перехода	2		6	20	28
Совмещенные мартенситные и магнитные фазовые переходы при совпадении критических температур этих переходов	2		6	20	28
Роль флуктуационных явлений в кинетике фазовых переходов в отдельных магнитных наночастицах	2		6	20	28

Другие структуры, в том числе нанокomпозиты, состоящие из магнитных наночастиц и их практические применения, в том числе в вычислительной технике и медицине	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 и магнитных параметров порядка в отдельных магнитных наночастицах и нанокластерах.
2. Каковы особенности эволюции структурных и магнитных параметров порядка в отдельных магнитных наночастицах и нанокластерах при различных соотношениях критических температур структурного и магнитного фазового перехода?
3. Какие основные методы использования магнитных наночастиц в медицине и вычислительной технике?
4. Какие особенности формирования магнитных состояний в нанопленках железиттриевого граната?
5. Магнитные фазовые переходы магнитных наночастиц в случае отличия температуры Кюри от температуры мартенситного перехода.
6. Роль флуктуационных явлений в кинетике фазовых переходов в отдельных магнитных наночастицах.
7. Физические свойства отдельных наночастиц слабосвязанных с другими наночастицами.

7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Подобрать по литературным источникам (поиск в Интернете) примеры применения магнитных наночастиц и нанокластеров в медицине и вычислительной технике.
2. Используя интернет ресурсы найти дополнительные литературные источники по проблеме “материалы с эффектом памяти формы типа Гейслера в качестве магнитных наночастиц”, в рамках 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 литературные источники по дополнительной проблеме о роли обработки композиционных металлов и сплавов методами мегапластической деформации (интенсивной пластической деформации) для создания таких материалов и улучшения их свойств. 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 структурных и магнитных параметров порядка в однодоменных сплавах с узким структурным гистерезисом

- Провести компьютерные эксперименты расчета эволюции компонентов структурных параметров порядка
- Провести компьютерные эксперименты расчета эволюции магнитных параметров порядка
- Провести компьютерные эксперименты расчета совместной эволюции магнитных и компонентов структурных параметров порядка

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	Магнитные наночастицы: методы получения, строение, свойства

Экзаменационный билет № 1

1. Общие принципы получения наночастиц.
 2. Композиционные структуры, включающие в себя магнитные наночастицы и нанокластеры.
 3. Основные методы использования магнитных наночастиц в медицин.
- 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		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. 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 нанобъектов: [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).