

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

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

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 **«Материалы и методы нанотехнологий»** 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:

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:

базовая подготовка по математике в объеме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Механика и молекулярная физика, Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.

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

Производственная практика: преддипломная практика.

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.Б.40 Материалы и методы нанотехнологий
Часть образовательной программы	Базовая часть
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	4	8	20	-	40	84	144	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Углубленная подготовка по теоретическим и прикладным вопросам по материалам и методам нанотехнологий.

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

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

ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.45. Использует знания методов получения нанопорошков для контроля их качества	ОПК-1.45.1. Знает основные понятия, классификацию и свойства дисперсных систем ОПК-1.45.2. Умеет пользоваться методами получения и контроля нанопорошков ОПК-1.45.3. Владеет методами получения и контроля нанопорошков
	ОПК-1.46. Применяет методы получения и контроля наноматериалов при проведении научно-исследовательских и инженерных задач	ОПК-1.46.1. Знает методы получения и контроля наноматериалов ОПК-1.46.2. Умеет пользоваться методами получения и контроля наноматериалов ОПК-1.46.3. Владеет методологией получения и контроля наноматериалов при проведении научно-исследовательских и инженерных задач

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Формы самоорганизации вещества	
Предмет и задача курса. Парадигмы новых технологий.	История развития нанонауки. Нанонаука, наноматериалы, нанотехнологии, ее определение. Общие представления о строении атомов и кристаллов, силы связи между атомами в кристалле. Наноразмерные системы. Физика поверхности наночастиц, соотношение размеров и числа атомов, удельная поверхность нанопорошков. Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов. Состояние и перспективы развития исследований в России.
Дисперсные системы.	Понятие дисперсной системы. Классификация. Понятие дисперсности. Оптические свойства дисперсных систем: рассеивание света, абсорбция света, окраска. Термодинамика поверхностных явлений в однокомпонентных системах. Поверхностная энергия, схема действия межмолекулярных сил в объеме и на поверхности. Поверхностное натяжение, удельная энергия Гиббса. Виды межмолекулярного взаимодействия: ориентационная, дисперсионная, индукционная. Явление адсорбции. Химическая адсорбция. Физическая адсорбция.
Описание форм самоорганизации вещества.	Направления исследований в области получения и исследований кластерных наносистем. Понятие кластер. Понятие суператомов. Нуклеарность кластера и их классификация по нуклеарности.

	Классификация кластеров по методу синтеза. Молекулярные лигандные кластеры металлов. Газофазный безлигандный кластеры. Ван-дер-ваальсовы кластеры. Зависимость свойств кластеров от размеров. Коллоидные кластеры и наносистемы. Распределение кластера по массам, магические числа. Электронные магические числа.
Фракталы.	Понятие фрактала. Математические подобия. Фракталы. Примеры подобия. Построение канторовского множества, размерность. Построение снежинки Коха, размерность. Построение салфетки Серпинского, размерность. Самоподобие в природе. Модель случайного фрактала, ее применимость к химическим систем. Экспериментальные методы измерения фрактальной размерности. Фрактальный анализ в координатном пространстве, метод сетки. Фрактальный анализ в импульсном пространстве, метод малоуглового рентгеновского рассеяния. Характеристика фрактальных материалов методом МКРР. Схематическое изображение кривой рассеяния в координатах $\log(I) - \log(q)$
Раздел 2. Получение нанопорошков	
Методы получения нанопорошков	Структура твердотельных систем пониженной размерности. Главные определения и характеристики нанопорошков. Механическое измельчение. Механо-химический синтез, плазмохимический метод. Гидротермальный синтез. Метод термического разложения. Метод электровзрыва и нановзрывной синтез. Получение мультиметаллических оксидов и композитов. Метод совместного осаждения. Преимущества и недостатки различных методов.
Получение нанопорошков диоксида циркония	Структура и свойства диоксида циркония. Области использования диоксида циркония. Кристаллографические модификации диоксида циркония. Диаграмма состояния $ZrO_2-Y_2O_3$. Тетрагонально-моноклинные преобразования. Основные характеристики нанопорошков. Структура нанопорошковых систем. Метод получения диоксида циркония совместным осаждением. Физические воздействия в химической технологий получения нанопорошков. Кинетика дигидротации гидроксидов. Оценки с помощью теории Аврааме. Кинетика кристаллизации диоксида циркония. Влияние физических действий.

	Использование теории Аврааме для изучения кинетики кристаллизации порошков.
Методы контроля нанопорошков	Шкала электромагнитного излучения. Рентгеноструктурный анализ. Формула Де Бройля. Закон Вульфа-Бреггов. Определение искажения кристаллической решетки. Определение областей когерентного рассеяния. Просветная электронная микроскопия. Сканирующая электронная микроскопия. Определение размера частиц. Метод определения удельной поверхности наночастиц (БЭТ).
Консолидация нанопорошков	Компактирование нанопорошков. Влияние давления на плотность компактов. Влияние связки на плотность компактов. Фазовое превращение, индуцированное давлением. Размерный эффект при мартенситном Тетрагонально-моноклинный переход. Спекание нанопорошков. Структура консолидированных керамических материалов. Влияние исходного размера зерна и температуры. Механизмы роста оксидных наночастиц в условиях термических воздействий.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Формы самоорганизации вещества	10		20	42	72
Предмет и задача курса. Парадигмы новых технологий.	2		4	10	16
Дисперсные системы.	2		4	10	16
Описание форм самоорганизации вещества.	3		6	11	20
Фракталы.	3		6	11	20
Раздел 2. Получение нанопорошков	10		20	42	72
Методы получения нанопорошков	2		4	10	16
Получение нанопорошков диоксида циркония	2		4	10	16
Методы контроля нанопорошков	3		6	11	20
Консолидация нанопорошков	3		6	11	20
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	20	—	40	84	144

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Парадигмы новых технологий.
2. История развития нанонауки.
3. Нанонаука, наноматериалы, нанотехнологии, ее определение.
4. Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов.
5. Роль поверхности в наночастицах. Удельная поверхность частиц. Энергия Гельмгольца.
6. Понятие дисперсной системы.
7. Классификация дисперсных систем.
8. Термодинамика поверхностных явлений в однокомпонентных системах.

Раздел 2

9. Явление адсорбции. Химическая адсорбция.
10. Физическая адсорбция.
11. Формы самоорганизации вещества.
12. Кластерные наносистемы.
13. Понятие фрактала.
14. Построение канторовского множества, размерность.
15. Экспериментальные методы измерения фрактальной размерности.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Предмет и задача курса. Парадигмы новых технологий.
- Дисперсные системы
- Описание форм самоорганизации вещества.
- Фракталы.
- Методы получения нанопорошков
- Получение нанопорошков диоксида циркония
- Методы контроля нанопорошков
- Консолидация нанопорошков

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

7.3. Образец содержания экзаменационного билета

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

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Профиль подготовки	Наноматериалы
Форма обучения	Очная
Семестр	Восьмой
Дисциплина	Материалы и методы нанотехнологий

1. Фракталы.
2. Просветная электронная микроскопия.
3. Главные определения и характеристики нанопорошков.

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 8

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 (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. Терехов, С. В. Физика нанообъектов [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин ; Донецкий нац. ун-т ; Донецкий физ.-техн. ин-т им. А. А. Галкина. - Донецк : ДонНУ, 2013. - Электронные 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. 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.

4. 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.

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. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Изд. 2-е. - Москва : Физматлит, 2009. - 414 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).