

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**

### **НАНОМАТЕРИАЛЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА: ПРИМЕНЕНИЕ И ОЦЕНКА РИСКОВ**

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 **«Нanomатериалы и окружающая среда: применение и оценка рисков»** 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, проф.

А.Г. Милославский

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: Введение в специальность, Материаловедение наноструктурированных материалов, Биологические наноматериалы

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.В.ОД.3 Наноматериалы и окружающая среда: применение и оценка рисков
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	5 / 180

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	30	-	135	180	зачет

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний о физических свойствах, методах получения и применениях наноструктур, а также наноматериалов на их основе в следующих методических направлениях:

- Микроструктура и физические свойства функциональных, в том числе, нанокompозитных структурированных материалов.
- Использование наноматериалов, получаемых по современным технологиям, для решения конкретных физико-технических проблем.
- Перспективные направления развития методов материаловедения наноматериалов.
- формирование знаний и умений студентов в области научных исследований по наноматериалам.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-2. Способен управлять параметрами процесса технологической обработки материалов и наноматериалов и контролировать их	ПК-2.1. Управляет параметрами технологической обработки материалов, в том числе наноматериалов	ПК-2.1.1. Знает параметры технологических процессов обработки и контроля материалов ПК-2.1.2. Умеет контролировать параметры технологических процессов. ПК-2.1.3. Владеет навыками работы с нормативно-технической документацией.
	ПК-2.2. Анализирует протекание процесса технологической обработки материалов и наноматериалов	ПК-2.2.1. Знает определяющие параметры процесса технологической обработки материалов и наноматериалов. ПК-2.2.2. Умеет корректировать определяющие параметры технологических операций. ПК-2.1.3. Владеет навыками работы с нормативно-технической документацией.

**5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Наноматериалы и окружающая среда: применение и оценка рисков	
Особенности основных свойств наноматериалов	Температура плавления. Механические свойства. Химические свойства. Оптические свойства. Электрические и магнитные свойства. Сорбционные свойства.
Физические методы получения наноматериалов	Газофазный синтез: суть, достоинства и недостатки. Плазмохимический синтез: суть, достоинства и недостатки. Упорядочение нестехиометрических соединений. Механосинтез; Криосинтез.
Химические методы синтеза	Золь-гельный метод. Гидротермальный синтез метод совместного осаждения.
Основные методы исследования – сравнительный анализ	Электронная микроскопия. Дифракционные методы.
Основные области применения наноматериалов	Машиностроение(конструкционные, инструментальные и триботехнические материалы). Защита окружающей среды. Химическая промышленность. Материалы с активными свойствами. Углеродные нанотрубки. Ядерная энергетика. Медицина. Сельское хозяйство. Микро- и нано электромеханические системы.
Вопросы безопасности	Опасности, связанные с развитием НТ. Опасности, связанные с развитием МНТ.

	Опасности, связанные с возможностью военных применений НТ и МНТ.
Нанообъекты. Основные типы	Общая характеристика, основные формы. На основе углерода (фуллерены, нанотрубки, алмазоиды и др.). На металлической основе. Наноккомпозиты и древовидные структуры на полимерной основе.
Перенос НО в организме человека и окружающей среде.	Источники поступления; пути поступления НО в организм человека; миграция НО в организме человека; механизмы проникновения НО внутрь живой клетки.
Биологические эффекты, создаваемые НО	Концепция оценки биотоксичности производимых и разрабатываемых. Результаты экспериментов по выявлению биологических эффектов и анализ имеющегося экспериментального материала. Биокинетика НЧ. Проблема определения «дозы» и зависимости «доза-эффект» для НЧ. Подходы к определению «дозы». Физические основы биологического воздействия НО.
Контроль нанотехнологий и наноматериалов	Принципы контроля. Нанометрология.
Оценка риска	Общая концепция оценки, анализа и управления риском НО; оценка риска НО для окружающей среды; оценка риска для человека; оценка риска специфических применений НО; оценка риска от полного жизненного цикла (производство, эксплуатация, уничтожение) НО; полный жизненный цикл НО.

## 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. Наноматериалы и окружающая среда: применение и оценка рисков	15	30		135	180
Особенности основных свойств наноматериалов	1	2		12	15
Физические методы получения наноматериалов	1	2		12	15
Химические методы синтеза	1	2		12	15
Основные методы исследования – сравнительный анализ	1	2		12	15
Основные области применения наноматериалов	1	2		12	15
Вопросы безопасности	1	2		12	15
Нанообъекты. Основные типы	1	2		12	15

Перенос НО в организме человека и окружающей среде.	2	4		12	18
Биологические эффекты, создаваемые НО	2	4		13	19
Контроль нанотехнологий и наноматериалов	2	4		13	19
Оценка риска	2	4		13	19
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	15	30		135	180

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

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. История развития НТ. 10 ключевых наноматериалов.
2. Дайте определения наноэкология, нанонаука, нанотехнология, наноинженерия. Основные этапы развития.
3. Теория Форрестера, прогноз, сценарии развития цивилизации.
4. Концепция устойчивого развития, глобализация.
5. Рост экологического образования и развитие нанотехнологии как возможность выхода из глобального кризиса.
6. Декларация основных принципов контроля НТ: предосторожность, регламентирование, охрана здоровья и безопасность населения, охрана окружающей среды, открытость, участие общественности, учет воздействий, ответственность.
7. Нанометрология.
8. Наночистка.
9. Фотокаталитическая очистка сточных вод.
10. Фотокаталитическая очистка воздуха.
11. НТ и безопасность – основные тенденции.
12. Основные области применения наноматериалов.
13. Опасности, связанные с развитием НТ.
14. Опасности, связанные с развитием молекулярных нанотехнологий.
15. Нанотехнологии для безопасности.
16. Нанотехнологии в экологии.
17. Опасности, связанные с возможностью военных применений НТ.
18. Особенности НО, структура, размерный и квантово-механический эффекты.
19. Основные объекты безопасности: НМ на основе углерода (фуллерены и нанотрубки), на металлической и полимерной основе, нанокompозиты и древесные структуры.
20. Источники и пути поступления НЧ в ОС и организм человека.
21. Миграция НО в организм человека.
22. Механизмы проникновения НО внутрь живой клетки.
23. Биологические эффекты, создаваемые НО (состояние работ, результаты экспериментов).
24. Проблема определения «дозы» и зависимости «доза-эффект» для НЧ.
25. Физические основы биологического воздействия НО.
26. Общая концепция оценки, анализа и управления риском НО.
27. Оценка риска НО для окружающей среды и человека.
28. Оценка риска специфических применений НО.

### 7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Механические свойства наноматериалов.
2. Химические свойства наноматериалов.

3. Оптические свойства наноматериалов.
4. Электрические свойства наноматериалов.
5. Электронная микроскопия.
6. Дифракционные методы.
7. Нанообъекты. Основные типы.
8. Нанометрология.
9. Механосинтез.
10. Криосинтез.
11. Химическая промышленность.
12. Материалы с активными свойствами.
13. Углеродные нанотрубки.
14. Ядерная энергетика.
15. Биокинетика НЧ.
16. Проблема определения «дозы» и зависимости «доза-эффект» для НЧ.
17. Золь-гельный метод.
18. Опасности, связанные с возможностью военных применений НТ и МНТ.
19. Опасности, связанные с развитием НТ.
20. Опасности, связанные с развитием МНТ.
21. Источники поступления; пути поступления НО в организм человека.
22. Миграция НО в организме человека.
23. Механизмы проникновения НО внутрь живой клетки.

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

Темы лабораторных работ:

- Синтез и свойства ферромагнитной жидкости
- Синтез и свойства нано-катализаторов на углеродном носителе
- Сорбционные свойства углеродных материалов. Самосборка.
- Наночистота
- Фотокаталитическая очистка сточных вод
- Фотокаталитическая очистка воздуха

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

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 (зачет)		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. Милославский, А. Г. Наноматериалы и окружающая среда: применение и оценка рисков [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Г. Милославский ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2020. - Электронные текстовые данные (1 файл).

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

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

4. Милославский, А. Г. Конспект лекций по курсу "Основы процессов микро- и нанотехнологий" / А. Г. Милославский ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". - Донецк : ДонНУ, 2018. - 246 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).