

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

ОСНОВЫ НАНОМЕТРОЛОГИИ

Укрупненная группа направлений подготовки	27.00.00 Управление в технических системах
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	27.03.01 Стандартизация и метрология
Направленность (профиль) образовательной программы	Стандартизация и метрология
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная, заочная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Основы нанометрологии»** для обучающихся по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология (Профиль: Стандартизация и метрология), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 901 (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, канд. физ.-мат. наук, доцент.
10.04.2025 г.

П. В. Асланов

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: Промышленная экология, Метрология.

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

Стандартизация метрологической деятельности, Курсовая работа по метрологии, Производственная практика: технологическая (производственно-технологическая) практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	27.03.01 Стандартизация и метрология (Профиль: Стандартизация и метрология)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.3 Основы нанометрологии
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
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	2	4	32	-	32	80	144	зачет
Заочная	3	5	6	–	6	132	144	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Предоставление знаний по основам нанометрологии и современным методам обеспечения единства nanoизмерений.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-2. Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин	ОПК-2.1. Использует математические методы при обработке экспериментальных данных, анализирует результаты исследований с учетом литературных источников	ОПК-2.1.1. Знает основные методы проведения измерений, обработки и представления экспериментальных данных. ОПК-2.1.2. Умеет составлять отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами. ОПК-2.1.3. Владеет навыками формирования демонстрационного материала и представления результатов своей исследовательской деятельности на научных конференциях.
	ОПК-2.2. Готовит техническую документацию при решении производственных задач, осваивает экспериментальную аппаратуру с учетом знаний физических основ ее работы	ОПК-2.2.1. Знает основные стандарты, нормы и правила, используемые при разработке технической документации в области профессиональной деятельности. ОПК-2.2.2. Умеет использовать техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов и изделий из них. ОПК-2.2.3. Владеет навыками составления отчетов по экспериментальным и теоретическим исследованиям практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Основы нанометрологии	
История развития нанотехнологий и наноматериалов	Ранняя история. Нанотехнологическая революция. Основные определения. Место НТ среди других наук. Этапы развития НТ. Новые свойства наноматериалов
Исторические предпосылки возникновения науки - Нанометрология	Основные понятия, термины и определения. Основные группы задач. Проблемы Нанометрологии. Классификация ГОСТов в области Нанометрологии.. Два пути развития Нанометрологии.
Области применения нанометрологии	Особенности нанообъектов. Калибровка. Методы и приборы нанометрологии.
Метрологическое обеспечение единства и точности измерений	Технические средства. Нормативная документация. Организационная деятельность. Компетентность кадров.

Современные технологии обеспечения единства наноизмерений	Национальные стандарты проведения наноизмерений. Международные стандарты проведения наноизмерений. Современные технологии обеспечения единства наноизмерений.
---	---

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 4

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Основы нанометрологии	32		32	80	144
История развития нанотехнологий и наноматериалов	6		6	16	28
Исторические предпосылки возникновения науки - Нанометрология	6		6	16	28
Области применения Нанометрологии	6		6	16	28
Метрологическое обеспечение единства и точности измерений	7		7	16	30
Современные технологии обеспечения единства наноизмерений	7		7	16	30
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	32		32	80	144

6.2. Форма обучения – заочная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Основы нанометрологии	6		6	132	144
История развития нанотехнологий и наноматериалов	1,2		1,2	27	29,4
Исторические предпосылки возникновения науки - Нанометрология	1,2		1,2	27	29,4
Области применения Нанометрологии	1,2		1,2	26	28,4
Метрологическое обеспечение единства и точности измерений	1,2		1,2	26	28,4
Современные технологии обеспечения единства наноизмерений	1,2		1,2	26	28,4
ИТОГО ЗА КУРС	6		6	132	144

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Приведите основные явления и эффекты в нанодиапазоне.
2. Оцените перспективные направления развития нанотехнологии и наноматериалов.
3. Что такое нанометрология и область ее применения.
4. Дайте характеристику диапазона наноизмерений.
5. Что такое ближнепольная микроскопия в наноизмерениях.

6. Что такое магнитно-силовая микроскопия.
7. Назовите особенности электростатического силового микроскопа.
8. Назовите принципы спектроскопии в нанометрологии.
9. Дать сравнительный анализ технических средств в наноизмерениях.
10. Приведите характеристики точности наноразмеров.
11. Дать понятие неопределенности наноизмерений.
12. Стандарты РФ в области НМ.
13. Международное сотрудничество в НМ.

7.2. Темы докладов (рефератов).

1. Поиск альтернативных понятий определения «Нанометрология».
2. Оценка перспектив развития нанометрологических измерений.
3. Анализ факторов, влияющих на точность проведения нанометрологических измерений.
4. Поиск и анализ национальных стандартов проведения наноизмерений.
5. Поиск и анализ международных стандартов проведения наноизмерений.
6. В чем заключается особенность концепции развития нанометрологии.
- 7.

7.3. Темы письменных работ (типы задач)

1. Наноматериалы:

- фуллерены;
- углеродные нанотрубки;
- фуллериты;
- графены.

2. Применение наноматериалов:

- медицина;
- машиностроение;
- авиация;
- космонавтика.

3. Методы диагностики наноматериалов:

- оптическая микроскопия;
- электронная растровая микроскопия;
- рентгеновские методы;
- зондовые методы.

4. Особенности метрологического обеспечения нанометрологии:

- особенности проведения нанометрологических измерений;
- особенности калибровки оборудования для наноизмерений;
- анализ факторов, влияющих на точность измерений.

5. Современные технологии обеспечения единства наноизмерений:

- анализ национальных стандартов проведения наноизмерений;
- международные стандарты проведения наноизмерений;
- сравнение методик проведения наноизмерений.

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

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 4, форма обучения - очная

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

8.2. Семестр 5, форма обучения - заочная

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. Сергеев А.Г. Нанометрология. – М., Логос, 2020. – 416 с.
2. 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
3. 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).
4. Терехов С. В. Физика нанообъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.

10.2. Дополнительная литература

1. Нанотехнологии и специальные материалы: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «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. Окрепилов В.В. Стандартизация и метрология в нанотехнологиях. – СПб.:Наука, 2008.- 260
3. Лахов В.И. Метрологическое обеспечение, стандартизация и оценка соответствия нанотехнологий //Компетентность, 2008, №2. – С.10-12.

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).