

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

«29» марта 2024 г.

МП

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВЫ НАНОМЕТРОЛОГИИ

Укрупненная группа направлений  
подготовки  
Программа высшего образования  
Направление подготовки  
Профиль подготовки  
Квалификация  
Форма обучения

27.00.00 Управление в технических  
системах  
Программа бакалавриата  
27.03.01 Стандартизация и метрология  
Стандартизация и метрология  
Бакалавр  
Очная, заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

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 науки и высшего образования 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 2024 года.

Разработчики:

профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий, д-р физ.-мат. наук, профессор



А.Г. Милославский

Рабочая программа одобрена на заседании  
кафедры теоретической физики и нанотехнологий  
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой



А.Г. Петренко

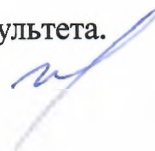
СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета  
28.03.2024 г.



С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2.  
Председатель



В.Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы,  
доц., канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр.  
26.03.2024 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: Высшая математика, Физика, Химия, Промышленная экология.

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

Прикладная метрология, Стандартизация, оценка соответствия и техническое регулирование, Курсовая работа по метрологии, Учебная практика: научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (обязательная).

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	27.03.01 Стандартизация и метрология (Профиль подготовки: Стандартизация и метрология)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.7 Основы нанометрологии
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

### 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	30	–	30	84	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	ОПК-2.1. Использует математические методы при обработке	ОПК-2.1.1. Знает основные методы проведения измерений, обработки и представления экспериментальных данных. ОПК-2.1.2. Умеет составлять отчеты по

основе знаний профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин	экспериментальных данных, анализирует результаты исследований с учетом литературных источников	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	30		30	84	144
История развития нанотехнологий и наноматериалов	6		6	17	29
Исторические предпосылки возникновения науки - Нанометрология	6		6	17	29
Области применения Нанометрологии	6		6	17	29
Метрологическое обеспечение единства и точности измерений	6		6	17	29
Современные технологии обеспечения единства наноизмерений	6		6	16	28
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	30		30	84	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.).

### 8.1. Семестр 4, форма обучения - очная

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10

	Практические работы	15
	Контрольная работа по теоретическому материалу	15
ИТОГО		60
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
	Практические работы	15
	Контрольная работа по теоретическому материалу	15
ИТОГО		60
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. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения практических 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 применяются 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.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

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

## 11.2. 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.

## 12. 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: 01.09.2023). – 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: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – 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: 01.09.2023). – 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: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

9. Проблемно-ориентированный портал: <http://www.portalnano.ru/>

10. Проблемно-ориентированный портал: <http://www.ru-tech.ru/pub/nano>

11. Проблемно-ориентированный портал: <http://www.ntsр.info/>

12. Проблемно-ориентированный портал: <http://www.nanotech.ru/>

### 13. 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).