

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет
Кафедра физики полупроводников, электроники и наноэлектроники

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол № 4 от «14» декабря 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
Метрология, стандартизация и технические измерения

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Направленность (профиль): материалы микро- и наносистемной техники

Форма обучения: очная

Нижний Новгород, 2022

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Метрология, стандартизация и технические измерения» относится к обязательным дисциплинам обязательной части основной образовательной программы по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Для освоения данного курса необходимо изучить такие модули (дисциплины) в рамках образовательной программы бакалавра как «Физика» и "Математика" обязательной части цикла математических и естественно-научных дисциплин и иметь базовые представления о физической величине, измерениях, погрешностях.

Цели и задачи освоения дисциплины:

1. сформировать представление о важности проведения экспериментальной работы при условии обеспечения единства измерений;
2. обучить самостоятельному выбору подходящих методов и подходов для исследований, в том числе в области нанотехнологий;
3. обучить применять методы для оценки погрешности полученных в ходе измерений результатов;
4. привести знания в области метрологии к единому обобщению с точки зрения использования российских и зарубежных стандартов;
5. обозначить проблемы, связанные с разработкой, внедрением стандартов, как общих, так и метрологических, и указать пути их решения;
6. ознакомить с процедурами аккредитации испытательных лабораторий и центров;
7. ознакомить со способами аттестации новых нестандартных методик измерений и стандартных образцов, в том числе для целей nanoиндустрии.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- Способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил (ОПК-6).

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-6. Способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения	ОПК-6.1. Знает стандарты, нормы и правила, принятые при разработке технической документации. ОПК-6.2. Умеет применять стандарты, нормы и правила при разработке технической	Знать способы использования информационных технологий для работы с Информационным Фондом Росстандарта РФ Уметь составлять план	Вопросы по темам/разделам дисциплины. Фонд тестовых заданий

стандартов, норм и правил	документации. ОПК-6.3 Имеет навыки применения стандартов, норм и правил при разработке технической документации.	проведения исследования с учетом возможных источников погрешностей и ошибок с применением документации по обеспечению единства измерений. Знать современное программное обеспечение для обработки и интерпретации результатов эксперимента. Уметь использовать средства алгоритмизации для обработки результатов измерений и расчета погрешностей в различных экспериментальных методах. Иметь навыки подготовки задания для проведения экспериментальных исследований с учетом требований нормативных документов.	
---------------------------	---	---	--

3. Структура и содержание дисциплины «Метрология, стандартизация и технические измерения»

3.1 Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа) лекционного типа:	32
самостоятельная работа	39 (работа в семестре)
Промежуточная аттестация	5 семестр – зачет

3.2 Содержание дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе	
		Контактная работа - занятия лекционного типа, часов	Самостоятельная работа обучающегося, часов
1. Метрология	30	8	14
Правовые основы метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений. Законодательная база	3	1	2
Объекты метрологии. Физические величины, международная система единиц, качественные и количественные характеристики	5	1	2
Органы и службы по метрологии	3	1	2
Аттестация методик измерений	9	3	4
Нанометрология	10	2	4
2. Технические измерения	50	16	14
Средства измерений. Метрологические характеристики.	20	6	6
Методики измерений	22	8	6
Поверка и калибровка средств измерений	8	2	2
3. Стандартизация	20	6	8
Техническое регулирование и технические регламенты. Системы качества.	4	2	2
Система стандартизации в Российской Федерации. Документы в области стандартизации. Органы и службы.	9	1	4
Стандарты организаций	7	3	2
4. Оценка и подтверждение соответствия	7	2	3
Обязательное и добровольное подтверждение соответствия	1,5	0,5	1
Аккредитация испытательных лабораторий	5,5	1,5	2
Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет) – 1 час			

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

3.3 Содержание разделов дисциплины

1 Метрология

Правовые основы обеспечения единства измерений. Государственная система обеспечения единства измерений. Законы РФ в области обеспечения единства измерений.

ГОСТы. Исследователь, измерения, метрологическая служба, стандарт, сертификат. Физические величины, международная система единиц, качественные и количественные характеристики.

Международные организации по обеспечению метрологического контроля и их функции. Метрологические службы. Организация метрологических служб на примере ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Аттестация методик измерения. Региональные центры по стандартизации и метрологии. Этапы аттестации. Проблемы аттестации в области диагностики состава.

Основные задачи метрологии в области измерений характеристик, параметров и свойств наносистем. Документы в области нанометрологии. Проблемы аттестации методик в области наноиндустрии.

2. Технические измерения

Средства измерений. Классификация средств измерений по типам. Схема измерений и влияние прибора на измеряемую величину. Прямые, косвенные измерения и оценка погрешностей.

Методы экспериментальной оценки погрешностей средств измерения. Методы определения погрешности по эталону и по образцовому прибору. Поверенное и калиброванное измерительное оборудование. Источники погрешностей. Классификация погрешностей. Способы устранения погрешностей на примерах методов атомно-силовой микроскопии, растровой электронной микроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

Поверка и калибровка средств измерения. Поверочные схемы для различных стандартов.

3 Стандартизация

Техническое регулирование в Российской Федерации. Технические регламенты, их функции, порядок принятия и применения. Обеспечение качества и безопасности товаров и услуг. Системы качества. Государственный надзор в области обязательных требований к продукции.

Цели стандартизации. Отечественные и зарубежные стандарты. Принципы стандартизации в РФ. Государственный контроль и надзор в области стандартизации РФ. Маркировка технической продукции. Этапы развития стандартизации. Закон РФ «О стандартизации». Органы и службы в области стандартизации. Зарубежные организации по стандартизации. Соответствие стандартов РФ и стандартов ISO. Гармонизация стандартов. Стандарты в области нанотехнологий. Национальный институт стандартов и технологий NIST, европейская организация PTB и их функции в области стандартизации технологий наноиндустрии.

Национальные стандарты. Разработка и применение. Информация о национальных стандартах, технических регламентах, метрологических органах и службах, методиках измерений (Информационный фонд Росстандарта РФ).

Стандарты организаций. Ведомственные стандарты. Роль стандартов организаций. Порядок разработки, применения, контроля за соблюдением норм.

4. Оценка и подтверждение соответствия

Закон РФ «О сертификации продукции и услуг». Основные понятия в области подтверждения соответствия. Процедура подтверждения соответствия. Сравнительная характеристика обязательной и добровольной сертификации. Участники обязательной и добровольной сертификации.

Принципы сертификации. Виды сертификации. Схемы сертификации.

Аккредитация в области оценки соответствия. Аккредитация испытательных лабораторий. Межлабораторные испытания.

4. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине "Метрология, стандартизация и технические измерения" проводятся в:

- лекционной форме (студенты воспринимают теоретический материал в соответствии с содержанием дисциплины);
- форме самостоятельной работы (студенты самостоятельно изучают рекомендованные источники литературы, занимаются поиском источников погрешности по одному из выбранных самостоятельно методу измерения).

Лекции и самостоятельная работа поддерживаются онлайн-ресурсами сети Интернет для поиска дополнительной информации на заданные темы основного раздела курса для углубленного изучения теоретического материала.

5. Учебно-методическое обеспечение, формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа включает в себя теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

Самостоятельная работа может проводится как в домашних условиях, так и в читальном зале библиотеки и учебных кабинетах с доступом к Интернет-ресурсам.

Контроль самостоятельной работы проводится в виде тестирования.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельным и несущественным недочетом, выполнены	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				некоторые с недочетами		все задания в полном объеме.	
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

6.2 Описание шкал оценивания

Результатом промежуточной аттестации является положительная оценка **«зачтено»** или отрицательная **«незачтено»**. Оценка

20 вопросов. За каждый правильный ответ начисляется 2 балла. Итого по результатам тестирования можно набрать максимально 40 баллов.

Билет для зачета содержит два вопроса. За ответ на каждый из вопросов начисляется максимально 30 баллов.

Итого после успешного выполнения тестов, лабораторных работ и сдачи экзаменов можно набрать максимум 100 баллов.

Оценка **«зачтено»**:

- предполагает удовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса;
- может быть получена в назначенный по расписанию зачётной сессии день при условии ответа на билет, включающий два контрольных вопроса из перечня, приведённого выше, и тестирования, получив при этом не менее 60 баллов.

Оценка **«незачтено»**:

- предполагает неудовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса;
- пропуски более двух лекций без уважительной причины дают основание для тщательной проверки знаний «пропущенного» материала;
- при получении менее 60 баллов ставится отрицательная оценка.

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Перечень компетенций выпускников образовательной программы в формировании которых участвует дисциплина с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений) приведён выше (раздел 2). Ниже приведена таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций).

Таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций).

Уровень освоения компетенции	Отличительные признаки
Начальный	<ul style="list-style-type: none"> - имеет представление о современном состоянии метрологического обеспечения исследований в РФ; - знает суть Федерального закона РФ "Об обеспечении единства измерений"; - знает классификацию средств измерений; - умеет выбирать оптимальный метод и средство измерения для достижения минимальной погрешности; - знает причины возникновения погрешностей, умеет их классифицировать; - понимает суть применения эталонов и эталонных средств измерения, знает механизм передачи физической величины от эталонов к средствам измерений; - умеет пользоваться ГОСТами для проведения исследований согласно им.
Продвинутый	<ul style="list-style-type: none"> - знает алгоритм поиска источников погрешностей аналитических методов измерений; - понимает принцип деятельности органов по стандартизации; - знает процедуры принятия стандартов в РФ; - имеет представление о содержании законов и подзаконных актов в области обеспечения единства измерений; - знает, что представляет собой поверка и калибровка средств измерений, кто проводит эти процедуры и в чем заключается их необходимость.
Высокий	<ul style="list-style-type: none"> - знает математические подходы к обработке результатов измерений и расчету погрешностей в различных экспериментальных методах; - имеет представление об этапах принятия технических регламентов и стандартов; - знает цели, задачи и основные проблемы разработки и аттестации методик в области нанотехнологий; - знает принцип разработки государственных стандартов. и понимает цели гармонизации стандартов; - понимает функции стандартов организаций; - понимает принцип алгоритма аттестации нестандартных методик измерения; - знает правовую основу и порядок аккредитации испытательных лабораторий; - имеет представление о составе документации системы качества на предприятиях и в институтах; - владеет навыками анализа и идентификации проблем при проведении исследований в области микро- и наносистемной техники; - умеет пользоваться услугами информационного фонда для обеспечения метрологического контроля при проведении измерений.

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

6.4.1 Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Метрология, стандартизация и технические измерения» проводится в виде зачета, примерный список вопросов к которому приведен ниже.

1. Метрология. Цели и задачи метрологии. Правовые основы обеспечения единства измерений. Государственная система обеспечения единства измерений.
2. Международные организации по обеспечению метрологического контроля и их функции. Метрологические службы.
3. Аттестация методик измерения. Этапы аттестации методик. Содержание методики измерения как документа. Проблемы аттестации нестандартных методик измерений. Проблемы аттестации методик в области nanoиндустрии.
4. Метрология и технические измерения в области изучения свойств наносистем. Основные проблемы и пути их преодоления. Документы в области нанометрологии.
5. Средства измерений. Классификация средств измерений по типам. Схема измерений и влияние прибора на измеряемую величину. Прямые, косвенные измерения и оценка погрешностей.
6. Источники погрешностей. Классификация погрешностей. Способы устранения погрешностей
7. Методы экспериментальной оценки погрешностей средств измерения. Методы определения погрешности по эталону и по образцовому прибору. Поверенное и калиброванное измерительное оборудование. Способы устранения погрешностей на примере какого-либо аналитического метода (например, атомно-силовая микроскопия, растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия и др.).
8. Поверка и калибровка средств измерения. Поверочные схемы для различных стандартов. Организация метрологических служб на примере ННГУ им. Н.И. Лобачевского.
9. Техническое регулирование в Российской Федерации. Технические регламенты, их функции, порядок принятия и применения. Обеспечение качества и безопасности товаров и услуг. Системы качества. Государственный надзор в области обязательных требований к продукции.
10. Цели стандартизации. Отечественные и зарубежные стандарты. Принципы стандартизации в РФ. Государственный контроль и надзор в области стандартизации РФ. Маркировка технической продукции. Органы и службы в области стандартизации.
11. Национальные стандарты. Разработка и применение. Информация о национальных стандартах, технических регламентах, метрологических органах и службах, методиках измерений (Информационный фонд Росстандарта РФ).
12. Зарубежные организации по стандартизации. Соответствие стандартов РФ и стандартов ISO. Гармонизация стандартов. Стандарты в области нанотехнологий.
13. Функции межотраслевых стандартов. Порядок применения межотраслевых стандартов. Ведомственные стандарты. Стандарты организаций. Роль стандартов организаций. Порядок разработки, применения, контроля за соблюдением норм. Функции технических условий как документа по стандартизации. Разработка и применение ТУ.
14. Закон РФ «О сертификации продукции и услуг». Основные понятия в области подтверждения соответствия. Процедура подтверждения соответствия.
15. Сравнительная характеристика обязательной и добровольной сертификации. Участники обязательной и добровольной сертификации. Принципы сертификации услуг. Виды сертификации. Схемы сертификации.

16. Аккредитация в области оценки соответствия. Аккредитация испытательных лабораторий. Межлабораторные испытания.

6.4.2 Примеры тестовых заданий

1. Физическая величина – это ____.
 - а) объект измерения
 - б) величина, подлежащая измерению, измеряемая или измеренная в соответствии с основной целью измерительной задачи
 - в) одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них
 - г) количественная характеристика объекта измерения
2. Количественная характеристика физической величины - это ____.
 - а) размер
 - б) размерность
 - в) объект измерения
 - г) размер с указанием погрешности
3. Измерением называется ____.
 - а) выбор технического средства, имеющего нормированные метрологические характеристики
 - б) опытное нахождение значения физической величины с помощью технических средств
 - в) операция сравнения неизвестного с известным
 - г) опытное нахождение значения физической величины с использованием эталонного средства измерения

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Ефремова Н.Ф. Подходы к оцениванию компетенций в высшем образовании. Учеб. пособие. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. 2010. 216 с.
2. Положение о фонде оценочных средств, утверждённое приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 г. № 247-ОД.
3. Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского. Приказ ректора № 241-ОД от 13.05.2021. с изменениями, утвержденными приказом ректора ННГУ от 10.09.2021 № 496-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Метрология, стандартизация и технические измерения» обусловлено наличием необходимого количества учебников в библиотеке и в электронном виде.

а) основная литература:

1. Кошечая И. П., Канке А.А. Метрология, стандартизация и сертификация, М.: Форум: ИНФРА-М, 2021. – 415 с.
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=633381&idb=0>
2. Лифиц И. М. Основы стандартизации, метрологии и сертификации, - 14-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2021. - 423 с.
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=788064&idb=0>

3. Метрология, стандартизация и сертификация в 3 ч. [Электронный ресурс]: Учеб. для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. Текст: электронный // ЭБС "Юрайт"

Часть 1: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=767598&idb=0>

Часть 2: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=766224&idb=0>

Часть 3: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=759832&idb=0>

б) дополнительная литература

1. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация, СПб.: Питер, 2010. – 464 с. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=472042&idb=0>
2. Нормирование точности и технические измерения [Электронный ресурс]: учебник / В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович, С.С. Соколовский - Минск: Выш. шк., 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850625977.html>. - доступ с ПК ННГУ
3. Любимов Л. И., Форсилова И. Д., Шапиро Е. З. - Поверка средств электрических измерений: справ. кн. - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. - 294 с. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=314656&idb=0>
4. ГОСТ Р 1.10 – 2004. Правила стандартизации. М.: изд. Стандартов, 2005 г.
5. ГОСТ Р 1.12 – 2004. Термины и определения в стандартизации РФ. М.: изд. Стандартов, 2005 г.

в) Интернет-ресурсы

1. Росстандарт РФ <http://new.gost.ru/portal/gost>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника".

Автор:

доцент кафедры

физики полупроводников, электроники и наноэлектроники

к.ф.-м.н. Д. Е. Николичев

Рецензент:

заведующий кафедрой

электроники твердого тела

д.ф.-м.н. профессор Е.С. Демидов

Заведующий кафедрой

физики полупроводников, электроники и наноэлектроники

д.ф.-м.н. профессор Д. А. Павлов

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ, протокол б/н от «14» декабря 2021 г.

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ А.А. Перов