

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д. А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Теоретические и практические аспекты метрологического обеспечения в нанотехнологиях

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Воронина Е.В. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Elena.Voronina@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-8	способность использовать нормативные документы в своей деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные метрологические правила, требования и нормы;
методы и средства измерений;
принципы действия технических средств измерений;
основные правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей при изучении макрообъектов и их особенности при работе с наноструктурными системами;
правила выбора методов и средств измерений нанообъектов;
организационные и технические принципы стандартизации и сертификации.

Должен уметь:

- обрабатывать и оценивать погрешности полученных данных;
- использовать стандарты и другие нормативные документы при оценке и контроле качества изделий;
- проводить аттестацию новых образцов техники и изделий;
- свободно применять знания и умения в области метрологии, стандартизации и сертификации в своей деятельности;
- компетентно использовать при необходимости электронные образовательные средства (виртуальных лабораторий)
- решать профессиональные задачи использования средств измерений в практической деятельности по участию в нанотехнологических инновационных проектах;

Должен владеть:

- умением участвовать в инновационных нанотехнологических проектах с учетом требований государственной системы стандартизации и сертификации;
- умением грамотно использовать измерительные средства и системы nanoиндустрии при необходимости;
- решением задач формирования команды исполнителей проекта в части специалистов по метрологии, стандартизации и сертификации

Должен демонстрировать способность и готовность:

- способность разрабатывать нормативную документацию для современных наукоемких технологий в области нанотехнологии с учетом экономических и экологических требований;
- навыки работы с научной литературой и технической документацией;
- профессионально-значимые качества личности (организованность, ответственность, коммуникабельность).

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.2 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника (не предусмотрено)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 42 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 24 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 30 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Виды измерений и средств измерений Нормирование метрологических характеристик средств измерений	5	2	8	0	4
2.	Тема 2. Метрология. СТАНОВЛЕНИЕ НАНОИНДУСТРИИ И КОНЦЕПЦИЯ НАНОМЕТРОЛОГИИ	5	2	0	0	4
3.	Тема 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ метрологии и НАНОМЕТРОЛОГИИ	5	4	6	0	6
4.	Тема 4. ТОЧНОСТЬ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ	5	4	2	0	6
5.	Тема 5. ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА В СФЕРЕ НАНОМЕТРОЛОГИИ	5	4	6	0	6
6.	Тема 6. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ метрологии и НАНОМЕТРОЛОГИИ Сертификация и законодательная база сертификации	5	2	2	0	4
Итого			18	24	0	30

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Виды измерений и средств измерений Нормирование метрологических характеристик средств измерений

Виды измерений. Система единиц физических величин

Виды эталонов и стандартных образцов. Единицы измерения. Связь систем единиц физических величин.

Погрешности измерений. Типы погрешностей. Абсолютные и

относительные погрешности. Методические, инструментальные, статические, динамические, аддитивные, мультипликативные и нелинейные. Погрешности в косвенных измерениях

Погрешности в косвенных измерениях Стандартное отклонение, расчеты. Нормальное распределение.

Гистограммы и распределения. Предельное распределение. Стандартное отклонение. Доверительный интервал. Коэффициент доверия.

Диапазон измерений Предел измерения Классы точности СИ
Неопределенность измерений.

Тема 2. Метрология. СТАНОВЛЕНИЕ НАНОИНДУСТРИИ И КОНЦЕПЦИЯ НАНОМЕТРОЛОГИИ

Положение России в сфере наноиндустрии
Концепция развития нанометрологии
Направления работ в области нанометрологии
Проблемы и задачи нанометрологии

Тема 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ метрологии и НАНОМЕТРОЛОГИИ

Методы и средства интерференционных измерений
Использование принципов микроскопии в наноизмерениях
Сканирующая зондовая микроскопия
Виды сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)
Нанометрология в спектроскопии

Тема 4. ТОЧНОСТЬ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение линейных размеров рельефных наноструктур
Точность измерения линейных наноразмеров
Погрешности измерения длины волны и частоты лазера
Разрешающая способность растрового электронного микроскопа
Оценка расходимости лазерного излучения
Особенности наноизмерений в АСМ-режиме
Введение концепции неопределенности

Тема 5. ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА В СФЕРЕ НАНОМЕТРОЛОГИИ

Рельефные меры для нанометрового диапазона
Классификация тест-объектов
Поверка рельефной меры

Измерительные растровые электронные микроскопы (РЭМ)
Стандартная калибровка растровых микроскопов
Атомно-силовые измерительные зондовые микроскопы (АСМ)
Поверка АСМ
Нормальные условия измерений при поверке
Нормативные документы по стандартизации. Важнейшие стандарты различных систем
Структурные элементы стандартов Технические условия (ТУ), СНИП Основные стандарты системы ГСС

Тема 6. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ метрологии и НАНОМЕТРОЛОГИИ Сертификация и законодательная база сертификации

Стандартизация и сертификация в nanoиндустрии
Цели и задачи Регионального отделения ЦМО
Управление деятельностью РО ЦМО
Сертификация и история ее развития Законодательная база сертификации Области применения и объекты сертификации Система сертификации. Органы и организации, участвующие в сертификации
Орган по сертификации и испытательные лаборатории Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий Знаки соответствия
Российские схемы сертификации продукции Применение схем сертификации продукции Российские схемы сертификации работ и услуг Применение схем сертификации работ и услуг

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Научно-технический журнал nanoиндустрия - <http://www.nanoindustry.su/journal/>

Общероссийские классификаторы - www.classifikators.ru

Официальный сайт компании - www.consultant.ru

rostest-москва - <http://www.rostest.ru/>

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии - <http://www.gost.ru/wps/portal/>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы.

Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Научно-информационный портал Всероссийского института научной и технической информации РАН. - www.portalnano.ru

Общероссийские классификаторы - classifikators.ru/

портал нормативных документов - www.opengost.ru/

Российский наножурнал - www.nanojournal.ru/

Сайт о нанотехнологиях в России - <http://www.nanonewsnet.ru/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Полученные на лекциях знания и навыки решения задач, сформированные на практических занятиях помогут студенту сформировать профессиональные качества, предъявляемые к специалисту в области нанотехнологий и диктуемые современной экологической обстановкой. Он должен обладать соответствующими знаниями, понимать и уметь предвидеть возможные последствия от той или иной деятельности, разбираться в методах снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду и делать всё возможное для сохранения и восполнения природного богатства для будущих поколений

Каждая тема содержит в себе краткий теоретический блок. Эта часть материала обсуждается на лекционных занятиях и используется при выполнении самостоятельной работы. Также для выполнения заданий студент может воспользоваться рекомендованными преподавателем или найденными самостоятельно информационными источниками.

После каждого лекционного занятия обучающимся дается задание для самостоятельной работы по подготовке доклада. Задания для самостоятельной работы распределяются между конкретными исполнителями преподавателем курса с учетом пожеланий студентов, а также в зависимости от ситуации с их текущим рейтингом. Доклад по заданной проблеме должен содержать обзорную часть, определяющую масштаб проблемы (местная, региональная, государственная, материковая, глобальная); тип, объем, интенсивность загрязнения; возможные пути выхода из сложившейся ситуации и проч.

Домашние задания требуют глубокого изучения основной и дополнительной литературы, применения актуальной информации (в том числе статистической). Выполненное задание для самостоятельной работы является личным исследованием, результаты которого следует представить на семинарском занятии в форме доклада и презентации.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки "не предусмотрено".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.2 Теоретические и практические аспекты
метрологического обеспечения в нанотехнологиях*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Основная литература:

1. Электронное издание на основе: Сергеев А.Г. Нанометрология: монография / А.Г. Сергеев. - М.: Логос, 2011. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-494-0.
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987044940.html>
2. Сергеев, А. Г. Метрология: история, современность, перспективы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Сергеев. ? М. : Университетская книга; Логос, 2011. ? 381 с.. (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-554-1 <http://znanium.com/go.php?id=469763>
3. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Н. Кайнова [и др.]. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2015. ? 368 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61361>. ? Загл. с экрана.

Дополнительная литература:

1. Метрология, стандартизация и сертификация: нормирование точности: Учебник / С.А. Любомудров, А.А. Смирнов, С.Б. Тарасов. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 206 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-005246-5
<http://znanium.com/go.php?id=278949>
2. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 256 с.: 60x90 1/16 + CD-ROM. - (Высшее образование). (переплет, cd rom) ISBN 978-5-16-004750-8
<http://znanium.com/go.php?id=239847>

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.2 Теоретические и практические аспекты
метрологического обеспечения в нанотехнологиях*

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.