

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. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Современные методы синтеза и исследования наноструктур

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

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 ; старший научный сотрудник, к.н. Янилкин И.В. (Центр квантовых технологий, КФУ), IVYanilkin@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
ПК-3	способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности
ПК-4	способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции
ПК-7	способностью руководить научно-исследовательской деятельностью обучающихся младших курсов в области физики

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- закономерности и физико-химические модели процессов получения нанобъектов;
- характеристики физико-химических процессов синтеза наноструктур и методы их исследования

Должен уметь:

- собирать необходимую исходную информацию в периодической литературе, на основе анализа сформулировать последовательность решения задачи;
- выбрать и использовать метод анализа наноматериалов и наноструктур;
- разработать план технологического процесса получения наноматериалов, оценить возможности, ограничения, критерии выбора вариантов нанотехнологии

Должен владеть:

- методикой работы с конкретным лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой

Должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа профессиональных проблем нанотехнологии различного уровня сложности

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к вариативной части.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 - 26 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 46 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 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	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Тема 1. Техника и методы получения тонких пленок.	3	4	0	0	10
2.	Тема 2. Теория формирования пленок. Свойства тонких пленок.	3	2	0	0	10
3.	Тема 3. Экспериментальные методы изучения поверхности и тонких пленок.	3	2	6	0	10
4.	Тема 4. Методы синтеза наноматериалов. Методы механического, физического, химического диспергирования	3	2	2	0	5
5.	Тема 5. Механические свойства наносистем.	3	2	2	0	6
4.2 Содержание дисциплины (модуля)						
Тема 1. Техника и методы получения тонких пленок.						
1.	Метод термического эффузионного вакуумного напыления.	3	2	2	0	5
2.	Электронно-лучевое и ионно-лучевое испарение.					
3.	Импульсное лазерное напыление.		14	12	0	46
4.	Магнетронное распыление.					

5. Химическое осаждение из парогазовой фазы, физика и химия метода, основные характеристики, процессы нанесения различных пленок.
6. Катодное распыление, газовый разряд низкого давления, пространственные потенциалы и характеристики катодного распыления.
7. Ионная имплантация.
8. Преимущества и недостатки методов.

Тема 2. Теория формирования пленок. Свойства тонких пленок.

Падение частиц на подложку, процессы при взаимодействии атомов, молекул и атомов с поверхностью, процессы адсорбции и конденсации, процессы зародышеобразования, механизм формирования зародышей, формированием субкритических и критических зародышей. Роль поверхностной и объемной диффузии в формировании зародышей.

Причины разных времен жизни зародышей, механизм коалесценции островковых формирований и роста зародышей, их структуризации.

Физико-химические особенности этапов формирования пленки, образования дефектов в процессе роста пленки.

Механические свойства пленок, электрические, транспортные и магнитные свойства тонких пленок.

Тема 3. Экспериментальные методы изучения поверхности и тонких пленок.

Дифракция медленных и быстрых электронов, рентгеновская дифракция (при классическом и скользящем падении), Оже-спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, методы сканирующей зондовой микроскопии (СТМ, АСМ, МСМ), радиоспектроскопия (ЯМР, ЭПР, ФМР), магнито-оптические методы, спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния.

Тема 4. Методы синтеза наноматериалов. Методы механического, физического, химического диспергирования

Методы механического, физического, химического диспергирования. Механосинтез.

Типы и характеристики измельчающих устройств. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред. Методы физического диспергирования: распыления струи расплава жидкостью или газом, способы двойного и центробежного распыления, спиннингование, использование твердофазных превращений, облучения сплавов высокоэнергетическими частицами, способ циклических превращений. Интенсивная

пластическая деформация. Кручение под высоким давлением. Равноканальное угловое прессование.

Тема 5. Механические свойства наносистем.

Классификация дисперсных систем. Формирование наноматериалов по механизму "сверху-вниз". Способы получения наноразмерных материалов. Типы собственных дефектов кристалла. Дефекты в наноструктурированных материалах, классификация по размерности. Структура межзеренных границ. Источники Франка-Рида. Формирование наноструктуры по механизму "сверху-вниз". Механические свойства наноматериалов. Закон Холла-Петча. Пластичность. Деформационное упрочнение.

Тема 6. Методы исследования веществ в нанокристаллическом состоянии.

Дифракция на кристаллических решетках и в аморфных веществах. Размерные эффекты в дифракционных картинах наноструктур. Характеризация функциональных свойств наносистем дифракционными методами. Рентген-дифракционные методы определения размеров наночастиц.

Спектральные методы исследования. Электронная Оже-спектроскопия. Дифракция медленных электронов, дифракция быстрых электронов, дифракция неупругоотраженных медленных электронов. Масс-спектроскопия с электронным поверхностным зондом. Спектроскопия характеристического излучения, спектроскопия пороговых потенциалов, лазерный микрозондовый анализ, инфракрасное поглощение, комбинированное рассеяние света, эллипсометрия видимого света, РФЭС или ЭСХА - рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.

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

<http://www.nanometer.ru/> - <http://www.nanometer.ru/>

<http://www.rsci.ru/nanotech/> - <http://www.rsci.ru/nanotech/>

Сайт о нанотехнологиях в России - <https://www.coursera.org/learn/nanotechnology>

Сайт о нанотехнологиях в России - <https://www.coursera.org/learn/nanotechnology>

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)

"Перспективные Технологии" - http://perst.isssph.kiae.ru/Inform/index_tem.htm

Роснано - <http://www.rusnano.com/>

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

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции обучающемуся следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом: □ Понять и запомнить все новые определения. □ Найти в сети Интернет указанные ссылки и провести действия, рекомендованные преподавателем. □ Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать. □ При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами.
практические занятия	Практические занятия проходят в форме дискуссии, обсуждения предложенных преподавателем тем по выполненным лабораторным заданиям. Обучающийся должен подготовить выступление, оформить и представить материал для обсуждения полученных в результатов. Выступление может быть организовано в форме презентации.
самостоятельная работа	Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучать по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель. - постановка проблемы; - варианты решения; - аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.
зачет	При подготовке к зачету необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на зачете содержится два вопроса. По каждому вопросу должен быть подготовлен развернутый, исчерпывающий ответ. При неполном ответе могут быть заданы дополнительные наводящие вопросы.

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.

Специализированная лаборатория.

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 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.03 Современные методы синтеза и исследования
наноструктур*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Основная литература:

1. Основы нанотехнологии : учебник / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. ? 2-е изд. ? Москва : Лаборатория знаний, 2017. ? 400 с. ? ISBN 978-5-00101-476-8. ? Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94129>.
2. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы : учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. ? 5-е изд. ? Москва : Лаборатория знаний, 2017. ? 368 с. ? ISBN 978-5-00101-474-4. ? Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94117>.

Дополнительная литература:

1. В.Ю.Петухов, Г.Г.Гумаров. Ионно-лучевые методы получения тонких пленок. Учебное пособие для студентов физического института. Под ред. В.Ю.Петухова Издание 2-е, исправленное и дополненное. Казань: Изд-во Казанского ун-та 2010. - 168с. http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F598606927/15_petukhov_ibm.pdf
2. В.Ю.Петухов, Г.Г.Гумаров. Исследование тонких пленок методом рентгеновской дифракции в скользящих пучках// Учебно-метод. пособие.- Казань, 2009. - 16 с.
http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1659128120/11_petuhov_rentgen.pdf
3. Петухов В.Ю., Хабибуллина Н.Р. Исследование тонких пленок методом ЭПР. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. - Казань, 2009.- 31 с. -
http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F17342246/16_petuhov_epr.pdf
4. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы [Электронный ресурс] / Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111201.html>

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.03 Современные методы синтеза и исследования
наноструктур*

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

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.