

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Тагиров Л.Р.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Современные методы синтеза и исследования наноструктур Б1.В.ОД.3

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тагиров Л.Р.

**Рецензент(ы):**

Деминов Р.Г.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 66118

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Тагиров Л.Р. , ltagirov@mail.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Научить использовать закономерности методологии науки в области наноматериалов и нанотехнологий для решения проблем, связанных с разработкой новых и совершенствованием существующих процессов получения наноматериалов и наносистем и прогнозированием свойств наноматериалов, получаемых различными методами.

приобретают знание основных, известных к настоящему времени типов наноструктур в металлах, полупроводниках, полимерах и биологических объектах; закономерностей формирования и современных способов получения наноструктурных материалов, знание наиболее совершенных методов исследования наноструктур, принцип действия приборов, предназначенных для определения структуры и свойств наноматериалов; наиболее перспективных к настоящему времени областей применения металлических, полупроводниковых и медико-биологических материалов; круг задач, которые могут быть решены в связи с использованием нанотехнологий.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.02 Физика и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Является частью Р.4 модуля М.2 профессионального цикла. Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке студентов по модулям высшей математика, общая физика (разделы: "Молекулярная физика", "Электричество", "Атомная физика") теоретическая физика (разделы "Электродинамика", "Квантовая теория", "Статистическая физика"). Осваивается на шестом курсе (семестр В).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способность использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способность порождать новые идеи (креативность)
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность адаптироваться к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность использовать свободное владение профессионально- профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

закономерности и физико-химические модели процессов получения нанообъектов;  
виды и свойства нанообъектов и наноматериалов, характеристики физико-химических процессов их синтеза и методы их исследования.

2. должен уметь:

на основе результатов экспериментов, моделирования разработать план технологического процесса получения наноматериалов, возможности, ограничения, критерии выбора вариантов нанотехнологии;  
выбирать и использовать методы анализа наноматериалов и наноструктур;  
определять конкретную профессиональную задачу, собирать необходимую исходную информацию в периодической литературе, на основе анализа сформулировать последовательность решения задачи.

3. должен владеть:

работой с научной литературой с использованием новых информационных технологий;  
методами научных исследований;  
методами инженерно-технологической деятельности;  
обработкой и анализом полученных данных с помощью современных информационных технологий.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к системному научному анализу профессиональных проблем различного уровня сложности;  
работать с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;  
проводить физический и химический эксперимент.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. История появления наноматериалов и нанотехнологий. Модуль 1 – Современные представления об особенностях строения наноструктур, методы их изучения.	3	1-9	6	6	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Модуль 2 – Технология получения наноматериалов их применение	3	10-18	8	6	0	Письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	Зачет
	Итого			14	12	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. История появления наноматериалов и нанотехнологий. Модуль 1 – Современные представления об особенностях строения наноструктур, методы их изучения.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Просвечивающая электронная микроскопия. Автоэлектронная и автоионная микроскопия. Сканирующая электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Рентгеновская дифракция. Дифракция электронов. Рентгеновская спектроскопия. Оже-спектроскопия. Фотоэлектронная спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия. Комбинационное рассеяние света. Люминесцентный анализ. Радиоспектроскопия.

**Тема 2. Модуль 2 – Технология получения наноматериалов их применение**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Осаждение из химических паров. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Осаждение атомарных слоев (газофазная эпитаксия). Физические основы, атомная инженерия. Локальное химическое осаждение из газовой фазы. Электронно-лучевая литография. Профилирование резистов сканирующими зондами. Нанопечать. Сравнение нанолитографических методов. Самосборка. Самоорганизация в объемных материалах. Самоорганизация при эпитаксии.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Магнетронное распыление. Импульсное лазерное испарение. Локальное окисление металлов и полупроводников. Осаждение пленок Ленгмюра-Блоджетт. Пористый кремний. Пористый оксид алюминия и структуры на его основе. Углеродные нанотрубки и фуллерены.

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. История появления наноматериалов и нанотехнологий. Модуль 1 – Современные представления об особенностях строения наноструктур, методы их изучения.	3	1-9	подготовка к устному опросу	20	устный опрос
2.	Тема 2. Модуль 2 – Технология получения наноматериалов их применение	3	10-18	подготовка к письменной работе	26	письменная работа
	Итого				46	

#### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

блочно-модульная технология обучения, которая основывается на компетентностном подходе к учебному процессу.

#### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

**Тема 1. История появления наноматериалов и нанотехнологий. Модуль 1 – Современные представления об особенностях строения наноструктур, методы их изучения.**

устный опрос , примерные вопросы:

Классификация наноструктур. Характерные особенности нанообъектов.

Наноструктурирование, не меняющее свойств материалов. Наноматериалы, основанные на изменении свойств материалов при наноструктурировании. Физические причины изменения характеристик наносред и материалов. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Введение в рентгеноспектральный анализ. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Оже- электронные и рентгеновские фотоэлектронный спектры. Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС). Гамма-резонансные (мессбауэровские) методы исследования микроструктуры наноматериалов. Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса. Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Специальные методы исследования: магнитная нейтронография, плазмонный резонанс, СКВИД-магнитометрия. (ОК-1,7,10; ПК-1,2,6).

## **Тема 2. Модуль 2 – Технология получения наноматериалов их применение**

письменная работа , примерные вопросы:

Формирование наноструктурированных материалов. Методы механического наноструктурирования: механодиспергирование и механосинтез. Методы физического диспергирования: получения наночастиц из паровой фазы. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред. Методы физического диспергирования: распыления струи расплава жидкостью или газом, способы двойного и центробежного распыления. Методы химического диспергирования. Золь-гель метод, методы коллоидной химии. Высокотехнологичные процессы наноструктурирования "сверху-вниз": травление жертвенного слоя, литография, нанопечать. Синтез наноматериалов из молекулярных систем: конденсация, осаждение, каталитический рост, пиролиз, самоорганизация при эпитаксиальном росте, осаждение в пористые шаблоны, самосборка в полимерных и мицеллярных систем. Методы самоорганизации. (ОК-1,5, 7,10; ПК-1,2,5,6).

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Текущий контроль успеваемости в рамках балльно-рейтинговой системы осуществляется на основании письменной работы и отчётов по практическим занятиям. Итоговый контроль осуществляется в форме устного зачёта по вопросам, охватывающим всю программу курса. Самостоятельная работа магистров заключается в повторении лекционного материала (конспекты лекций) и подготовке отчётов по практическим занятиям, а также изучении материала, вынесенного на самостоятельное изучение (рекомендованная литература).

## **БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА**

[1] Текущая работа студента (активность на лекциях) 20

[2] Письменная работа 30

[3] Зачет 50

Методические указания к выполнению практических занятий и список вопросов к зачету даны в виде Приложений 1 и 2.

Примеры вопросов к зачету по предмету:

1. Нанотехнология, наночастицы, наноструктуры. Классификация наноструктур. Нульмерные, одномерные и двумерные наноструктуры, объемные наноматериалы.
2. Самоорганизация в открытых системах. Управление параметрами самоорганизации. Примеры двумерных наноструктур. Нанокристаллические материалы.
3. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Структура углеродных нанотрубок.
4. Формирование наноматериалов по механизму "снизу-вверх" и "сверху-вниз".
5. Двумерные наноструктуры. Методы получения тонких пленок. Осаждение пленок из газовой фазы. Механизмы роста пленок.
6. Электронная структура. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц.
7. Характерные особенности нанообъектов. Размерные эффекты и особенности наноструктур.



8. Физические методы осаждения пленок. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ).
9. Применение наноматериалов. Производство материалов нанoeлектроники и вычислительной техники.
10. Медицина и здравоохранение в свете применения нанотехнологий и наноматериалов.
11. Импульсное лазерное осаждение (ИЛО, pulsed laser deposition - PLD).
12. Методы химического осаждения пленок Химическое осаждение из газовой фазы. Прекурсоры.
13. Магнетронное распыление - общие принципы и приложения.
14. Рентгено-дифракционные методы определения размеров наночастиц.
15. Послойное осаждение пленок. Химическое осаждение из растворов. Золь-гель метод.
16. Мезопористые алюмосиликаты для синтеза наноматериалов. Пористый оксид алюминия. Использование пористого оксида алюминия для синтеза нанокompозитов.
17. Классификация методов синтеза наноматериалов. Методы механического диспергирования. Механосинтез. Типы и характеристики измельчающих устройств.
18. Метод интенсивных пластических деформаций. Деформация кручением под высоким давлением. Деформация РКУ прессованием.
19. Нанокристаллизация аморфных сплавов.
20. Магнитные свойства наносистем. Доменная структура ферромагнитных материалов. Зависимость коэрцитивной силы от размера частиц. Суперпарамагнетизм.

### 7.1. Основная литература:

1. Гусев, А.И.. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Изд.2-е, исправленное. - М.: Физматлит, 2009. - 416 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2173](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2173)
2. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники. - М: Физматлит, 2011. - 784с. <http://e.lanbook.com/view/book/5258>
3. Стойков, И.И. Основы нанотехнологии и нанохимии: [учебное пособие] / Стойков И. И., Евтюгин Г. А.; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова . - Казань : [Казанский университет], 2010 . - 236 с.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учебное пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин ; под ред. акад. Ю.Д. Третьякова . - Москва : Физматлит, 2010 . - 452 с.
2. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение/ под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга; пер. с англ. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013 - 582 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=8689](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=8689).

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Информационный бюллетень - [http://perst.issph.kiae.ru/Inform/index\\_tem.htm](http://perst.issph.kiae.ru/Inform/index_tem.htm)  
нанотехнологическое сообщество Нанометр - [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)  
Научно-информационный портал Всероссийского института научной и технической информации РАН - [www.portalnano.ru](http://www.portalnano.ru)  
Российский электронный наножурнал - <http://www.nanorf.ru/>  
Сайт о нанотехнологиях в России - <http://www.nanonewsnet.ru/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)



Освоение дисциплины "Современные методы синтеза и исследования наноструктур" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Аудитория, оснащенная современным мультимедийным оборудованием, аудитория для проведения практических занятий с мультимедийным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе Теоретическая и математическая физика .

Автор(ы):

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.