

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

Нанотехнологии Б1.В.ДВ.03.01

Направление подготовки: 27.03.05 - Инноватика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Болтакова Н.В. , Воронина Е.В.

**Рецензент(ы):** Деминов Р.Г.

### СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Болтакова Н. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Болтакова Н.В. (кафедра ядерно-физического материаловедения, Институт физики), Natalya.Boltakova@kpfu.ru ; 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 образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-7	способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности
ПК-9	способностью использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

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

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.

Должен владеть:

- методами поиска информации;  
- актуальной информацией о технологиях и методах исследования наноматериалов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа профессиональных проблем различного уровня сложности;  
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;  
- проведения физического и химического эксперимента.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 27.03.05 "Инноватика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.  
Осваивается на 3 курсе в 6 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 54 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 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. Введение. Нанотехнологии - что это такое? Азы нанотехнологий.	6	6	6	0	9
2.	Тема 2. Как это "пощупать", увидеть, измерить? Наноматериалы.	6	8	16	0	12
3.	Тема 3. Нанoeлектроника. Нанотехника.	6	2	6	0	12
4.	Тема 4. Нанотехнологии и нанопродукты по сферам приложения. Социогуманитарные аспекты развития нанонауки и нанотехнологий.	6	2	8	0	21
Итого			18	36	0	54

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение. Нанотехнологии - что это такое? Азы нанотехнологий.

Основные понятия. Зачем нужны нанотехнологии? Зарождение и развитие сферы нанотехнологий и ее перспективы. Организационные финансово-экономические аспекты развития нанотехнологий. Социальные и гуманитарные аспекты развития нанотехнологий.

Специфика наномира. Роль свободных и внутренних поверхностей. Зарождение и рост наночастиц. Размерные эффекты. Самоорганизация и самосборка. Две технологические парадигмы: "сверху вниз" и "снизу вверх".

##### Тема 2. Как это "пощупать", увидеть, измерить? Наноматериалы.

Микроструктурный анализ. Электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Дифракционный анализ. Спектральные методы. Методы определения размеров наночастиц.

Наночастицы и нанопорошки. Наноглеродные частицы и материалы. Тонкопленочные структуры. Объемные наноструктурированные материалы. Природа физико-механических свойств наноматериалов. Стабильность структуры и свойств наноматериалов. Реализованные и перспективные применения наноматериалов.

##### Тема 3. Нанoeлектроника. Нанотехника.

Закон Мура. Основные функции нанoeлектроники. Фундаментальные пределы миниатюризации. Совершенствование традиционной "кремниевой" электроники. Микроэлектроника "рядом с кремнием". Электроника без кремния.

Наноприборы, наномашин, наносистемы. Глобальная энергетика, энергосбережение и нанотехнологии. Нанотехнологии в аэрокосмической области

##### Тема 4. Нанотехнологии и нанопродукты по сферам приложения. Социогуманитарные аспекты развития нанонауки и нанотехнологий.

Нанобиотехнологии. Наномедицина. Нанотехнологии и защита окружающей среды.

Строительство. Сельское хозяйство. Пищевые продукты. Потребительские товары.

Оборонные нанотехнологические разработки. Перспективы военных приложений.

Философский взгляд на будущее. Нанoeтика.

Образование и просвещение в области нанотехнологий. Прогнозирование социально-экономических последствий нанореволюции. Юридические аспекты развития нанотехнологий. Охрана интеллектуальной собственности в области нанотехнологий.

#### 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".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 6</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменное домашнее задание	ПК-9	1. Введение.Нанотехнологии - что это такое? Азы нанотехнологий. 2. Как это "пощупать", увидеть, измерить? Наноматериалы. 3. Нанoeлектроника. Нанотехника. 4. Нанотехнологии и нанопродукты по сферам приложения. Социогуманитарные аспекты развития нанонауки и нанотехнологий.
2	Научный доклад	ПК-9	1. Введение.Нанотехнологии - что это такое? Азы нанотехнологий. 2. Как это "пощупать", увидеть, измерить? Наноматериалы.
3	Научный доклад	ПК-9	3. Нанoeлектроника. Нанотехника. 4. Нанотехнологии и нанопродукты по сферам приложения. Социогуманитарные аспекты развития нанонауки и нанотехнологий.
	<b>Зачет</b>	ОПК-7, ПК-9	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 6					
Текущий контроль					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
Научный доклад	Тема полностью раскрыта. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрирован средний уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Тема частично раскрыта. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы частично соответствуют поставленным задачам.	Тема не раскрыта. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы не соответствуют поставленным задачам.	2 3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

### 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### Семестр 6

#### Текущий контроль

##### 1. Письменное домашнее задание

Темы 1, 2, 3, 4

#### ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

##### Вариант 1

1. В чем отличие научного метода познания мира от схоластического?
2. В чем заключаются основные принципы научного мировоззрения?
3. Как можно трактовать наноразмерное состояние вещества?
4. Насколько применимы в нанотехнологии методы и подходы классической или квантовой физики?

##### Вариант 2

1. Что такое ?NBIC-конвергенция? Сформулируйте основные её постулаты.
2. Какие основные проблемы с физической точки зрения стоят перед нанотехнологией?
3. Какие основные проблемы с химической точки зрения стоят перед нанотехнологией?
4. Опишите принцип действия одноэлектронного "механического" транзистора.

##### Вариант 3

1. Почему в нанотехнологии существуют проблемы масштабирования?



2. Можно ли установить взаимосвязь между размером частицы и её реакционной способностью?
3. Чем может быть объяснена высокая каталитическая активность металлических наноразмерных частиц?
4. Сформулируйте принципы модели Линдемана, описывающей зависимость температуры плавления частицы от её размера.

#### Вариант 4

1. Как можно определить границы нанотехнологии: с помощью размерного фактора или на основе каких-либо других подходов?
2. Что такое "метаматериал"?
3. Что такое "механосинтез" с точки зрения нанотехнологии?
4. Что такое "сверхкритические флюидные технологии"?

#### Вариант 5

1. Какие сферы нашей жизни могут быть улучшены с помощью нанотехнологии?
2. В каких областях нанотехнологии могут быть достигнуты наиболее значительные практические результаты в Российской Федерации?
3. Какие нанотехнологии предполагается использовать при создании боевого костюма пехоты?
4. Что такое "объемный взрыв", и на каких нанотехнологических эффектах основано его действие?

#### Вариант 6

1. Существует ли в нанотехнологии зависимость функциональных свойств от геометрических размеров?
2. В чем состоит особенность тонких плёнок с точки зрения нанотехнологии?
3. Может ли фазовый состав наноразмерных систем отличаться от фазового состава этих же веществ, находящихся в массивном состоянии?
4. Что такое "внутризонное рассеяние"?

#### Вариант 7

1. Приведите примеры нульмерных, одномерных, двумерных и трехмерных дефектов в твердом теле.
2. Какие следствия возникают в наночастице вследствие большой доли поверхностных атомов?
3. Как можно получить ювенильную поверхность?
4. К чему приводит большая доля поверхностных атомов в наноразмерных плёнках?

#### Вариант 8

1. Что представляют собой информация и структура согласно данным работ школы В. Б. Алесковского?
2. Зависят ли энтропия и количество информации от способа структуризации исходного материала?
3. В чем принципиальная разница между обычным евклидовым пространством и биологическим или физическим пространствами с точки зрения идей И. Р. Пригожина?
4. Что такое ?апериодический кристалл? с точки зрения Э. Шрёдингера?

#### Вариант 9

1. Связана ли проблема невоспроизводимости с формированием твердотельной структуры как нелинейной самоорганизующейся системы?
2. В чем сходство предела воспроизводимости и соотношения неопределенностей Гейзенберга?
3. В чём сущность парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена?
4. Что такое ?кубит??

#### Вариант 10

1. Слоистые соединения.
2. В чём смысл понятия "диссипативный резонанс"?
3. В чём смысл понятия "стохастический резонанс"?
4. Что такое "фрактальная размерность"? В чём её отличие от евклидовой?

#### Вариант 11

1. Какую систему Хакен предложил назвать самоорганизующейся?
2. Что в самом общем понимании означает явление самоорганизации?
3. Что означает понятие "синергетика"?
4. Что принято понимать под автоволнами?

#### Вариант 12

1. Каковы признаки открытых систем?
2. К какому состоянию приводит эволюция во времени в физически замкнутых системах?
3. Что такое "темплат"?
4. Что такое "диссипативная система"?

#### Вариант 13

1. Что принято понимать под кластером в нанотехнологии?
2. Как может быть выражена энергия частицы, если зависимость энергетических свойств частицы от её размера рассматривается на основе модели капли?
3. Как в модели желе рассматривается кластер атомов?
4. Что такое "клатратное соединение"?

#### Вариант 14

1. Что такое "супрамолекулярная структура"?
2. Что является наиболее общей характеристикой вещества по В. Б. Алесковскому?
3. На каких четырёх структурных уровнях находятся окружающие нас вещества по В. Б. Алесковскому?
4. Приведите примеры самоорганизации в технологических процессах.

#### Вариант 15

1. Какова природа химической связи в неорганических, органических и элементоорганических соединениях?
2. Изложите кратко основные положения теории связи в органических соединениях.
3. К чему приводит наличие лабильной  $\pi$ -связи в замкнутых или нелинейных цепях?
4. С чем связано практически неограниченное многообразие органических соединений?

#### Вариант 16

1. Что означает нелинейность в мировоззренческом смысле?
2. В каком случае хаос может выступать в качестве конструктивного начала?
3. Как можно описывать эволюцию динамической системы во времени?
4. Что такое "бифуркация"?

#### Вариант 17

1. Почему в наносистемах возрастает роль процессов и явлений, происходящих в поверхностном слое, на межфазных границах многофазных объектов, и на границах нанообъектов?
2. Существует ли зависимость поверхностной энергии от размера частицы и если да, то что она определяет?
3. Как зависит температура плавления от размера наночастицы?
4. Какие примеси в материале следует считать вредными?

#### Вариант 18

1. Что включает в себе понятие "примесно-чувствительное свойство"?
2. Какими методами можно получать высокочистые вещества и материалы?
3. Чем отличаются два вида адсорбции молекул газов на поверхности - физическая адсорбция и химическая?
4. Особенности интеркалатов.

#### Вариант 19

1. Как изменяется микротвёрдость наноматериалов в зависимости от размера наночастицы?
2. Как меняются механические свойства наночастицы в зависимости от её формы?
3. Какие области использования наноразмерных материалов и композитов перспективны в исследовании космического пространства?
4. Какие области использования наноразмерных материалов и композитов перспективны в промышленном производстве?

#### Вариант 20

1. Какие области использования наноразмерных материалов и композитов перспективны в военных технологиях?
2. Как наночастицы могут быть использованы в медицине?
3. Каков принцип действия биочипа и какая перспектива есть у него в экспресс-диагностике?
4. Что такое "метод химического молекулярного наслаивания" и каковы его методические особенности?

### 2. Научный доклад

Темы 1, 2

Темы докладов

Размерные эффекты в наноматериалах

1. Роль размерных эффектов и поверхностей раздела в физико-химических свойствах наноматериалов.
2. Соотношение Холла-Петча, пластичность. Высокотемпературная деформация, сверхпластичность.
3. Механические свойства. Последние данные о прочности наноматериалов.

Стабильность наноструктур

4. Термическая стабильность.
5. Радиационная стабильность.
6. Деформационная и коррозионная стабильность.

Характерные наноматериалы, новые подходы и вызовы

7. Наноматериалы на основе титана и кремния.
8. Металлические стекла и аморфно-кристаллические нанокompозиты.
9. Нанокристаллические гидриды. Вызовы.

Основные технологические процессы

10. Чистота материалов, их классификация. Теория подобия, её применение в моделировании технологических процессов.
11. Разделение гетерогенных систем в гравитационном, центробежном и электрическом полях. Фильтрация, промывка осадков. Перенос.
12. Движущая сила массопереноса, методы её расчёта. Абсорбция. Экстракция.
13. Перегонка жидкостей. Технологический расчёт ректификации. Высушивание влажных материалов.



14. Адсорбция. Ионный обмен. Кристаллизация из растворов.

15. Кристаллизация из расплавов. Получение однородно легированных по длине монокристаллов. Химические транспортные реакции.

16. Методы разделения наночастиц по размеру: седиментация, электрофорез, размерно-селективное осаждение, молекулярные сита.

Технология элементарных полупроводников

17. Технология германия.

18. Химические и физические свойства кремния. Технология получения поликристаллического кремния.

19. Технология выращивания монокристаллов кремния. Тепло- и массообмен. Термические условия при медленном росте.

Технология полупроводниковых соединений AIII BV

20. Природа и свойства полупроводниковых соединений.

21. Особенности технологии соединений. Технология получения монокристаллов соединений с заданными свойствами.

22. Технология получения эпитаксиальных структур.

Технология элементарных веществ

23. Технология металлов: общие вопросы, алюминий и его соединения.

24. Технология металлов: индий, галлий.

25. Технология металлов: вольфрам.

26. Технология металлов: молибден, тантал, ниобий.

27. Технология металлов: титан, медь.

Пористые материалы на основе алюминия

28. Мезопористые алюмосиликаты для синтеза наноматериалов.

29. Пористый оксид алюминия.

30. Использование пористого оксида алюминия для синтеза нанокompозитов.

Технология диэлектрических материалов

31. Диэлектрические свойства материалов. Стеклообразные диэлектрические материалы.

32. Стеклокерамические материалы. Керамические и органические диэлектрические материалы.

Технология углеродных материалов

33. Модификации углерода. Технология поликристаллических алмазов, алмазных и алмазоподобных плёнок. Фуллерены.

Синтез наноматериалов

34. Классификация методов синтеза наноматериалов.

35. Методы механического диспергирования.

36. Механосинтез.

37. Типы и характеристики измельчающих устройств.

38. Методы получения наночастиц из паровой фазы: испарения-конденсации, высокочастотного индукционного нагрева.

39. Термолиз.

Нанотрубки

40. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки.

41. Структура углеродных нанотрубок.

42. Механизмы роста нанотрубок.

43. Синтез углеродных нанотрубок.

Технология металлоорганических соединений

44. Органические соединения элементов I/V групп, селена и теллура. Карбонилы переходных металлов.

Технология некристаллических и вспомогательных материалов

45. Технология диспергированных и ленточных некристаллических материалов. Технологическая очистка газов и воды.

Методы фемтосекундной спектроскопии и дифракции электронов с временным разрешением

46. Фемтосекундная спектроскопия

47. Сверхбыстрая динамика релаксации экситона в кремниевых квантовых точках. Методы изучения когерентной 4D структурной динамики.

### **3. Научный доклад**

Темы 3, 4

Темы докладов

Наноматериалы и нанотехнологии в живых системах

48. Медицина и здравоохранение в свете применения нанотехнологий и наноматериалов.

49. Окружающая среда и энергетика - аспекты, связанные с нанотехнологиями.

50. Наноструктурные материалы для применений в медицине и технике.

51. Наноструктурные материалы с эффектами памяти формы и сверхпластичностью.

Флуоресцентные метки на основе нанокремния

52. Получение нанокремния для биологических приложений. Перспективы применения нанокремния в биомедицине и биотехнологии. Биodeградируемые пористые наночастицы кремния in vivo приложений.

Пористый кремний как фотосенсибилизатор генерации синглетного кислорода

53. Электронная конфигурация молекулы кислорода. Фотолюминесцентная диагностика синглетного кислорода при его генерации в пористом кремнии. Фотосенсибилизация синглетного кислорода в порошках пористого кремния и водных суспензиях.

Солнцезащитные средства

54. Солнечное излучение и его действие на кожу.

55. Возможность применения нанокристаллического кремния (nc-Si) в качестве солнцезащитного компонента.

56. Современные солнцезащитные средства. Приготовление образцов эмульсионных композиций с nc-Si.

Тонкопленочные структуры

57. Двумерные наноструктуры.

58. Методы получения тонких пленок.

59. Осаждение пленок из газовой фазы.

60. Механизмы роста пленок.

61. Физические методы осаждения пленок.

62. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ).

63. Магнетронное распыление - общие принципы и приложения.

64. Импульсное лазерное осаждение (ИЛО, pulsed laser deposition - PLD).

65. Методы химического осаждения пленок.

66. Химическое осаждение из газовой фазы.

67. Прекурсоры для химического осаждения пленок.

Полимерные композиты на основе нанокремния

68. Полимерные гидрогели. Нанокompозитные пленки с УФ-защитными свойствами на основе полиэтилена.

Литография

69. Оптическая литография, фоторезисты.

70. Электронно-лучевая литография.

71. Зондовые методы нанолитографии: силовая, токовая.

72. Локальное анодное окисление зондом АСМ.

73. Нанопечатная литография (НПЛ).

Сегментация и оценка мирового рынка нанопродуктов

74. Использование терминов ?нанотехнологии?, ?наноматериалы? и ?нанопродукты? в описании рынка.

75. Сегментация рынка нанопродуктов ведущими аналитическими и консалтинговыми компаниями.

76. Классификация нанопродуктов.

77. Прогнозируемые продажи наноматериалов, находящихся в разработке

Структурное построение и государственное регулирование nanoиндустрии за рубежом

78. США

79. Япония, Европейский союз

Интеллектуальное ядро мировой nanoиндустрии - нанотехнологические научно-образовательные центры

80. Преференции и льготы на макроуровне. Источники финансирования и особенности планирования деятельности. Взаимосвязь с корпоративным сектором.

81. Специализация и профиль интеллектуального продукта. Особенности организации учебного процесса.

82. Конкурентные преимущества и недостатки

Участие промышленных организаций в формировании рынка нанопродуктов и его инфраструктуры

83. Промышленные производители: Тенденции консолидации глобальной nanoиндустрии. Инвестиции, партнерства, поглощения и запуск новых предприятий.

84. Опыт ?силиконовой? долины. Нанокластер ?Олбани?.

85. Общественные и потребительские организации. Венчурные фонды.

Становление nanoиндустрии и рынка нанопродуктов РФ

86. Фазы коммерциализации нанотехнологий. Ключевые параметры и прогноз развития секторов рынка нанопродуктов.

87. Конкуренция, потребности в кооперации и дополнительном финансировании в nanoиндустрии.

Население и нанотехнологии.

88. Рынок результатов интеллектуальной собственности. Барьеры и риски коммерциализации нанотехнологий.

89. Система индикации рынка нанопродуктов. Нанопродуктовые кластеры. Финансирование, сбыт, продвижение нанопродуктов.

Минераловедение в Казанском университете. Персоналии

90. Головкинский Николай Алексеевич.

91. Кротов Петр Иванович.  
92. Нечаев Алексей Васильевич.  
93. Штукенберг Александр Антонович.

#### **Зачет**

Вопросы к зачету:

1. Дайте определение термину конвергентные технологии.
2. К каким объектам применимо понятие нанообъекта?
3. В чем заключается специфика когнитивных технологий?
4. Какие условия успешного развития нанотехнологий и их внедрения во все сферы жизни вы знаете?
5. Почему появление радикально новых продуктов является важной предпосылкой выхода из кризиса?
6. Перечислите некоторые прогнозируемые последствия нанотехнологической революции.
7. Чем занимается трансгенная инженерия?
8. Почему новые интенсивно накапливающиеся знания о поведении и свойствах наноматериалов в окружающей среде нуждаются в систематизации и адаптации?
9. Дайте определение понятию нанотехнологии.
10. Какие узлы могут сочетать в себе гибридные системы?
11. Покажите структуру наномира с точки зрения иерархической сложности.
12. Какая размерность может быть у объектов наномира?
13. Как можно классифицировать нанообъекты?
14. Приведите классификация нанообъектов по размерности с указанием примеров.
15. Назовите основные области применения нанотехнологий.
16. Почему некоторые работы Майкла Фарадея можно отнести к области нанотехнологий?
17. Что принято считать официальной отправной точкой развития современных нанотехнологий?
18. Чем полезно знание динамики развития полупроводниковой микроэлектроники для развития нанотехнологий?
19. Что показывает кривая зрелости технологий?
20. В каких объектах наномира особенно ярко проявляется дискретность?
21. Объекты нанонауки и нанотехники и их типичные размеры (по областям знаний).
22. Шкала характерных размеров с примерами типичных объектов и указанием адекватных способов описания их поведения.
23. Почему методы сплошных сред нельзя безоговорочно применять к нанообъектам?
24. Размерные эффекты как дополнительный фактор, определяющий свойства простых веществ (наряду с положением элементов в периодической системе).
25. Назовите важнейшие причины того, что для разных материалов и свойств (даже в одном и том же веществе) граница между размернозависимой и размернонезависимой областями может лежать в разных диапазонах размеров.
26. Роль свободных и внутренних поверхностей.
27. Как выглядит график зависимости средних размеров наночастицы и доли атомов, находящихся в поверхностном слое, от числа атомов в ней.
28. Зарождение и рост наночастиц.
29. Размерные эффекты
30. Предмет метрологии. Особенности ?нанометрологии?.
31. Сравнение нанометрологических средств различного назначения.
32. Особенности методов визуализации нанообъектов.
33. Взаимосвязь состава, структуры и макросвойств материалов.
34. Задачи микроструктурного анализа.
35. "Активные" и "пассивные" методы исследования микроструктуры.
36. Обобщенная схема получения информации о строении вещества на атомно-электронном уровне по данным об упругом и неупругом рассеянии зондирующего облучения исследуемым веществом.
37. Схема получения информации о строении вещества на атомно-электронном уровне по данным о рассеивании при зондировании электронным пучком
38. Физические основы наиболее распространенных методов исследования наноструктур
39. Выбор конкретных экспериментальных методов исследования нано- и микроструктур в шкале характерных размеров объектов
40. Электронная микроскопия

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	24
Научный доклад	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты оцениваются также ораторские способности.	2	13
		3	13
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

- Ищенко, А.А. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля. [Электронный ресурс] / А.А. Ищенко, Г.В. Фетисов, Л.А. Асланов. - М.: Физматлит, 2011. - 648 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5271>
- Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] : сб. науч. тр. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. - 607 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94144>
- Андриевский, Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Электронный ресурс]: монография - Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. - 255 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94128>
- Головин, Ю.И. Наномир без формул [Электронный ресурс] - М.: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 546 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/70736>
- Основы нанотехнологии: учебник / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабров, В.И. Марголин. - 2-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 400 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94129>

### 7.2. Дополнительная литература:

- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов. [Электронный ресурс]. - М.: Физматлит, 2010. - 528 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59750>
- Тараненко, С.Б. Многоликое нано. Надежды и заблуждения. [Электронный ресурс] - М.: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 232 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66205>
- Нанoeлектроника: теория и практика: учебник / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина, А.Л. Данилюк. - 4-е, изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2015. - 369 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/84103>

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

Бесплатная электронная библиотека онлайн - <http://window.edu.ru/>

Сайт "Википедия" - Свободная энциклопедия - <http://ru.wikipedia.org>

Сайт "Нанотехнологии и наноматериалы". Тезаурус - <http://www.portalnano.ru/read/tezaurus>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах допускается делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	На практических занятиях необходимо внимательно относиться к докладам одногруппников и комментариям преподавателя, поскольку материал, выносимый на обсуждение на практических занятиях может не рассматриваться на лекционных занятиях. Замечания преподавателя, обращенные к другим докладчикам следует учитывать при подготовке своего доклада.
самостоятельная работа	В ходе подготовки к выполнению заданий промежуточного контроля изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Студентам рекомендуется получить в библиотеке КФУ доступ к ресурсам электронно-библиотечных систем, а также учебную литературу из фонда библиотеки, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.
письменное домашнее задание	Каждый обучающийся выполняет одну контрольную работу. Выполнение заданий носит индивидуальный характер. Варианты работ распределяются преподавателем. Выполнение заданий предполагает полный развернутый ответ на каждый вопрос (не менее 10 строк, но не более страницы) в стандартном оформлении: книжная ориентация, левое/правое поля 3/1,5 см, шрифт 14 Times New Roman, отступ первой строки 1,25 см, выравнивание по ширине). При выполнении работы обучающийся может воспользоваться рекомендуемой литературой или любыми другими источниками информации, приведя их список в конце работы. Выполненная работа должна содержать: - информацию об исполнителе (ФИО, группа), - номер варианта и исходный текст задания. Готовые работы можно сдавать на проверку: - в распечатанном виде (можно на черновиках, можно двустороннюю печать); - в электронном виде в формате doc/docx (выслать файл на адрес электронной почты, указанный преподавателем); в названии файла должна присутствовать фамилия студента.
научный доклад	При представлении доклада по желанию обучающегося он может использовать доску и мел, медиапроектор для демонстрации материала в виде электронной презентации, использовать другие способы демонстраций на свое усмотрение. Главной составляющей доклада является устная речь. Оценивается главным образом то, насколько обучающийся сам разобрался в теме, как хорошо он может излагать материал и донести суть материала до слушателей. Презентация должна состоять из 6-14 слайдов и содержать не менее 5 ссылок на достоверные источники информации. Презентация должна отражать проведенную автором работу по анализу источников информации и представлять собой отдельный продукт с собственной системой заголовков и нумерацией отдельных элементов.



Вид работ	Методические рекомендации
зачет	<p>Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.</p> <p>При подготовке к зачету необходимо повторить материал, согласно списку вопросов, выносимых на зачет. На каждый вопрос студент должен знать ответ хотябы на уровне определений.</p> <p>Следует учесть, что часть материала отводится на самостоятельное изучение, поэтому в списке вопросов могут затрагиваться темы, которые не были рассмотрены на аудиторных занятиях.</p> <p>Подготовка к зачету предполагает самостоятельную работу с конспектами лекций и практических занятий, работу с литературой.</p> <p>При затруднении в поиске ответа на какой-либо вопрос необходимо обратиться к преподавателю в отведенное на консультацию время.</p>

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

Освоение дисциплины "Нанотехнологии" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

- Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian
- Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian
- Браузер Mozilla Firefox
- Adobe Reader XI

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.

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

Освоение дисциплины "Нанотехнологии" 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.



## **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 27.03.05 "Инноватика" и профилю подготовки не предусмотрено .