

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Нanomатериалы М2.ДВ.2

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тагиров Л.Р. , Усеинов Н.Х.

**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 667114

Казань  
2014

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Тагиров Л.Р. Кафедра физики твердого тела Отделение физики , ltagirov@mail.ru ; техник-проектировщик Усеинов Н.Х. Центр квантовых технологий КФУ , Niazbeck.Useinov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств конденсированных сред при создании объектов и систем в различных областях нанотехнологии и микросистемной техники. Изучения фундаментальных концепций физики конденсированного состояния и способов практического использования свойств наноматериалов, навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств наноматериалов и основными экспериментальными методиками.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Является частью М2.ДВ.2 модуля цикла профессиональных дисциплин подготовки магистров по направлению "Физика". Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке бакалавров по модулям высшая математика, общая физика (разделы: "Молекулярная физика", "Электричество и магнетизм", "Атомная физика") теоретическая физика (разделы "Электродинамика", "Квантовая теория", "Статистическая физика") и "Физика конденсированного состояния". Осваивается на первом курсе магистратуры (семестр А).

### 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
ПК -7 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)
ПК -8 (профессиональные компетенции)	способность проводить свою профессиональную деятельность с учетом социальных, этических и природоохранных аспектов
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность организовать работу коллектива для решения профессиональных задач

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики (в соответствии с профилем магистерской программы) и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (в соответствии с профилем подготовки
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность организовать и планировать физические исследования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

элементы физики конденсированного состояния, зависимость физических свойств материалов от топологии поверхности Ферми, роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов;

2. должен уметь:

оценить влияние квантовых размерных эффектов на фазовые превращения и диаграммы состояния в наночастицах, тонких пленках и объемных наноматериалах, учитывать условия возникновения новых стационарных состояний в диссипативных структурах, исследовать свойства (механические, электрические, оптические и др.) наноматериалов и наносистем;

3. должен владеть:

навыками системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности; методами вычислительной физики применительно к наноматериалам, методами квантовой механики в теоретических исследованиях.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

способность и готовность: применять на практике базовые профессиональные знания теории и методов физических исследований; пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации; понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований.

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 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. Введение в физику наноматериалов.	2	1	2	2	0	устный опрос
2.	Тема 2. Классификация дисперсных систем.	2	2	2	2	0	устный опрос
3.	Тема 3. Способы получения наноразмерных материалов.	2	3	2	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Физико-химические основы получения наноструктурных материалов.	2	4-5	4	4	0	устный опрос
5.	Тема 5. Размерные зависимости свойств наноматериалов.	2	6-7	4	4	0	устный опрос
6.	Тема 6. Методы изучения свойств наноматериалов.	2	8	2	2	0	письменная работа
7.	Тема 7. Использование наноматериалов в практической деятельности.	2	9	2	2	0	устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			18	18	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение в физику наноматериалов.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

1.1. Введение в физику наноматериалов. 1.2. Обзор способов получения наноразмерных материалов. 1.3. Общие принципы механического, физического, химического диспергирования. 1.4. Обзор специальных методов: твердофазных превращений, облучения сплавов высокоэнергетическими частицами, способ циклических превращений.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Понятие структуры материалов, специфические требования к методам диагностики наночастиц и наноматериалов. Общие характеристики методов изучения, анализа и диагностики объемных и наноструктурированных материалов. Определяющее значение аналитических методов в исследовательской практике и в условиях производства для создания наноматериалов с заданными свойствами и контроля качества материалов и приборов.

### Тема 2. Классификация дисперсных систем.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

2.1. Классификация по агрегатному состоянию. 2.2. Классификация по размерам. 2.3. Классификация по мерности.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Классификация наноструктур. Характерные особенности нанобъектов. Наноструктурирование, не меняющее свойств материалов. Nanоматериалы, основанные на изменении свойств материалов при наноструктурировании. Геометрическая структура. Химическая активность и пассивация наночастиц. Электронная структура. Размерность объекта и электроны проводимости. Ферми-газ и плотность состояний.

**Тема 3. Способы получения наноразмерных материалов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Способы получения наноразмерных материалов. 3.1. Методы механического диспергирования. 3.2. Методы физического диспергирования. 3.3. Методы химического диспергирования. 3.4. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов. 3.5. Способы консолидации наноразмерных порошков.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Механодиспергирование и механосинтез. Методы 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, спиннингование, использование твердофазных превращений, облучения сплавов высокоэнергетическими частицами, способ циклических превращений. Золь-гель метод, методы коллоидной химии. Методы самоорганизации полимерных систем. Биотехнологии для синтеза наноматериалов. Объемные наноматериалы: интенсивная пластическая деформация, кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование,

**Тема 4. Физико-химические основы получения наноструктурных материалов.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

4.1. Формирование наноматериалов по механизму "сверху-вниз". Примеры. 4.2. Формирование наноматериалов по механизму "снизу-вверх". Примеры.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Типы и характеристики измельчающих устройств. Физико-химические процессы при измельчении объемных материалов до наноразмеров. 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 системах.

**Тема 5. Размерные зависимости свойств наноматериалов.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

5.1. Особенности термодинамических свойств наносред. 5.2. Структура наноразмерных материалов. 5.3. Характеристики дисперсности наноматериалов. 5.4. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. 5.5. Электрические свойства наноматериалов. 5.6. Ферромагнитные характеристики наноматериалов. 5.7. Особенности тепловых свойств наноматериалов. 5.8. Оптические характеристики наносред. 5.9. Диффузия в наноматериалах. 5.10. Химические свойства наноматериалов. 5.11. Механические характеристики дисперсных сред.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках. Влияние наноструктурирования объемного материала на магнитные свойства. Динамика наноманитов. Спин-зависимый транспорт носителей заряда, гигантское магнитосопротивление в планарных гетероструктурах и наноконтактах. Углеродные нанотрубки.

**Тема 6. Методы изучения свойств наноматериалов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

6.1. Исследование размерных характеристик. 6.2. Определение элементного состава. 6.3. Определение фазового состава. 6.4. Методы изучения поверхности.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Введение в рентгеноспектральный анализ. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Сущность методов 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.

**Тема 7. Использование наноматериалов в практической деятельности.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

7.1. Применение наноматериалов в промышленности. 7.2. Использование наноматериалов в биологии и медицине. 7.3. Пассивация, хранение и транспортировка наноматериалов. 7.4. Способы защиты наноматериалов от внешних воздействий. 7.5. Некоторые аспекты транспортировки.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Применение наноматериалов для магнитной записи и хранения информации. Микро- и наномеханические устройства - позиционирование, акселерометрия, гироскопия и т.п. Адресная доставка лекарств и локальная терапия. Нанолюминофоры в дисплеях и источниках света. Объемные материалы в электротехнике, электронике, авиационной и космической промышленности. Аспекты защиты здоровья человека и окружающей среды при производстве и применении наноматериалов.

**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. Введение в физику наноматериалов.	2	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Классификация дисперсных систем.	2	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Способы получения наноразмерных материалов.	2	3	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Физико-химические основы получения наноструктурных материалов.	2	4-5	подготовка к отчету	4	отчёт по практическим занятиям
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Размерные зависимости свойств наноматериалов.	2	6-7	подготовка к отчету	4	отчёт по практическим занятиям
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Методы изучения свойств наноматериалов.	2	8	подготовка к отчету	4	отчёт по практическим занятиям
				подготовка к письменной работе	2	письменная работа
7.	Тема 7. Использование наноматериалов в практической деятельности.	2	9	подготовка к отчету	2	отчёт по практическим занятиям
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос
	Итого				36	

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

Лекции, самостоятельная работа магистра, консультации. Лекционные занятия предполагают использование аудитории, оснащённой современным мультимедийным оборудованием и выходом в интернет.

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

#### Тема 1. Введение в физику наноматериалов.

устный опрос , примерные вопросы:

требования к методам диагностики наночастиц и наноматериалов. Обзор способов получения наноразмерных материалов: общие характеристики методов изучения, анализа и диагностики объемных и наноструктурированных материалов. Неразрывная связь с методами контроля в исследовательской практике и в условиях производства для создания наноматериалов с заданными свойствами, также мониторинга качества материалов и приборов. (ОК-10, ПК-1, ПК-2).

#### Тема 2. Классификация дисперсных систем.

устный опрос , примерные вопросы:

Классификация по агрегатному состоянию. Характерные особенности нанообъектов. Наноструктурирование, не меняющее свойств материалов и нацеленное на изменение свойств материалов при наноструктурировании. Классификация по размерам, геометрическая структура. Классификация по мерности. Проявление размерных мезоскопических и квантовых эффектов при наноструктурировании. (ОК-1, ОК-10, ПК-1, ПК-2).

#### Тема 3. Способы получения наноразмерных материалов.

устный опрос , примерные вопросы:



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. Методы самоорганизации полимерных систем. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов. Способы консолидации наноразмерных порошков: порошков. Статическое прессование. Гидростатическое прессование. Газостатическое прессование. Динамическое прессование. Магнитно-импульсное прессование. Спекание, керамизация. Вибрационное воздействие. Ультразвуковое воздействие. Импульсное термическое воздействие. Прокатка нанопорошков. Мундштучное формование. Нанокристаллизация аморфных сплавов. (ОК-1, ОК-10, ПК-1, ПК-2).

#### **Тема 4. Физико-химические основы получения наноструктурных материалов.**

отчёт по практическим занятиям , примерные вопросы:

Типы и характеристики измельчающих устройств. Физико-химические процессы при измельчении объемных материалов до наноразмеров. 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. 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 системах. (ОК-1, ОК-10, ПК-1,2,3,6,7,9,10).

устный опрос , примерные вопросы:

Формирование наноматериалов по механизму "сверху-вниз". Общие принципы, примеры. Формирование наноматериалов по механизму "снизу-вверх". Общие принципы, примеры. (ОК-1, ОК-10, ПК-1, ПК-2, ПК-7).

#### **Тема 5. Размерные зависимости свойств наноматериалов.**

отчёт по практическим занятиям , примерные вопросы:

Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках. Влияние наноструктурирования объемного материала на магнитные свойства. Динамика наномангнитов. Спин-зависимый транспорт носителей заряда, гигантское магнитосопротивление в планарных гетероструктурах и наноконтактах. Углеродные нанотрубки. (ОК-1, ОК-10, ПК-1,2,3,6,7,9,10).

устный опрос , примерные вопросы:

Изменение термодинамических свойств материалов при наноструктурировании. Иерархия структуры наноразмерных материалов. Характеристики дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Изменения электрических свойства наноматериалов. Изменение магнитных характеристик ферромагнитных наноматериалов. Особенности тепловых свойств наноматериалов. Физические причины изменения оптических характеристик наносред и материалов. Диффузия в наноматериалах. Химические свойства нанодисперсных материалов. Изменение механических характеристик нанодисперсных сред и объемных наноматериалов. (ОК-1, ОК-10, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-7).

#### **Тема 6. Методы изучения свойств наноматериалов.**

отчёт по практическим занятиям , примерные вопросы:

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, ОК-10, ПК-1,2,3,6,7,9,10). Методы исследования размерных характеристик. Методы определения элементного состава. Методы определения фазового состава. Методы изучения поверхности. (ОК-1, ОК-10, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-9).

письменная работа , примерные вопросы:

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, ОК-10, ПК-1,2,3,6,7,9,10).

### **Тема 7. Использование наноматериалов в практической деятельности.**

отчёт по практическим занятиям , примерные вопросы:

Наноматериалы и наноструктуры для магнитной записи и хранения информации. Микро- и наномеханические устройства в современной электронике - позиционирование, акселерометрия, гироскопия и т.п. Адресная доставка лекарств и локальная терапия заболеваний. Использование нанолюминофоров в современных источниках света. Применение объемных наноматериалов в электротехнике, электронике, авиационной и космической промышленности. Защита здоровья человека и окружающей среды при производстве и применении наноматериалов. (ОК-1, ОК-10, ПК-1,2,3,6,7,8,9,10).

устный опрос , примерные вопросы:

Применение наноматериалов в промышленности. Использование наноматериалов в биологии и медицине. Хранение и транспортировка наноматериалов. Способы защиты наноматериалов от внешних воздействий. (ОК-1, ОК-10, ПК-1,2,3,6,7,8,9,10).

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Текущий контроль успеваемости в рамках балльно-рейтинговой системы осуществляется на основании письменной работы и отчетов 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 отчетов 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] Письменные работы/отчеты 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 двумерные наноструктур. Нанокристаллические материалы.
3. Диссипативная самоорганизация: механизмы возникновения, пороговый характер. Самособранные монослои и мультислои.
4. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Структура углеродных нанотрубок.
5. Механизмы роста нанотрубок. Синтез углеродных нанотрубок.
6. Формирование наноматериалов по механизму "снизу-вверх" и "сверху-вниз".
7. Характерные особенности нанобъектов Кристаллическая решетка и магические числа. Геометрическая структура. Химическая активность.
8. Двумерные наноструктуры. Методы получения тонких пленок. Осаждение пленок из газовой фазы. Механизмы роста пленок.
9. Электронная структура. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц.
10. Характерные особенности нанобъектов. Размерные эффекты и особенности наноструктур.
11. Размерность объекта и электроны проводимости. Ферми-газ и плотность состояний. Свойства, зависящие от плотности состояний.
12. Физические методы осаждения пленок. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ).
13. Применение наноматериалов. Производство материалов наноэлектроники и вычислительной техники.
14. Медицина и здравоохранение в свете применения нанотехнологий и наноматериалов. Окружающая среда и энергетика - аспекты, связанные с нанотехнологиями..
15. Аэронавтика и космические исследования. Проблемы национальной безопасности.
16. Импульсное лазерное осаждение (ИЛО, pulsed laser deposition - PLD).
17. Методы химического осаждения пленок Химическое осаждение из газовой фазы. Прекурсоры.
18. Магнетронное распыление - общие принципы и приложения.
19. Рентгено-дифракционные методы определения размеров наночастиц. Метод Шеррера, метод Вильямсона-Холла и метод Уоррена-Авербаха.
20. Послойное осаждение пленок. Химическое осаждение из растворов. Золь-гель метод.
21. Мезопористые молекулярные сита. Пористый диоксид кремния. Темплатный синтез. Способы контроля размера пор. Использование пленок мезопористого SiO<sub>2</sub> для синтеза наноматериалов.
22. Синтез наночастиц в упорядоченных матрицах. Наночастицы в нульмерных нанореакторах. Цеолиты для синтеза нанокomпозитов.
23. Изготовление нанотрубок самосворачиванием полупроводниковых гетерослоев.
24. Мезопористые алюмосиликаты для синтеза наноматериалов. Пористый оксид алюминия. Использование пористого оксида алюминия для синтеза нанокomпозитов.
25. Классификация методов синтеза наноматериалов. Методы механического диспергирования. Механосинтез. Типы и характеристики измельчающих устройств.
26. Наночастицы в двумерных нанореакторах. Слоистые гидроксидные системы Получение магнитных нанокomпозитов на основе слоистых двойных гидроксидов.
27. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред. Методы физического диспергирования: распыления струи расплава жидкостью или газом, способы двойного и центробежного распыления, спиннингование.
28. Использование твердофазных превращений, облучения сплавов высокоэнергетическими частицами, способ циклических превращений.
29. Метод интенсивных пластических деформаций. Деформация кручением под высоким давлением. Деформация РКУ прессованием.
30. Формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе. Ионный синтез квантовых CoSi<sub>2</sub> проволок. Самоорганизованные квантовые точки SiGe.

31. Способы консолидации наноразмерных порошков. Статическое прессование. Гидростатическое прессование. Газостатическое прессование. Динамическое прессование. Магнито-импульсное прессование.
32. Сборка наноструктур под влиянием механического напряжения. Напряженные полупроводниковые гетероструктуры и приготовление из них нанотрубок.
33. Способы консолидации наноразмерных порошков Ударно-волновое компактирование. Горячее прессование Спекание Вибрационное воздействие Ультразвуковое воздействие. Импульсное термическое воздействие. Прокатка нанопорошков. Мундштучное формование.
34. Периодические квантовые твердотельные наноструктуры, сверхрешетки из квантовых точек.
35. Нанокристаллизация аморфных сплавов.
36. Термодинамические уравнения движения. Принцип симметрии кинетических коэффициентов или соотношения взаимности Онсагера.
37. Механические свойства наносистем. Типы собственных дефектов кристалла. Дефекты в наноструктурированных материалах.
38. Магнитные свойства наносистем. Доменная структура ферромагнитных материалов. Зависимость коэрцитивной силы от размера частиц. Суперпарамагнетизм.
39. Механические свойства наноматериалов Закон Холла-Петча. Пластичность. Деформационное упрочнение Механизм пластической деформации наноматериалов.
40. Энергия магнитной анизотропии. Анизотропия формы. Анизотропия механического напряжения. Обменная анизотропия.

### 7.1. Основная литература:

- Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: [учебное пособие] / Ю. В. Петров.- Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 213 с.
- Аплеснин С.С. Основы спинтроники. СПб.: Лань, 2010. - 288 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/551/>
- 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 /](http://e.lanbook.com/view/book/5258/)

### 7.2. Дополнительная литература:

- Гусев, А.И.. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев.- Издание 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)
- Гриднев, С. А. Нелинейные явления в нано - и микрогетерогенных системах / С. А. Гриднев, Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников, О. В. Стогней. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 448с.: ил. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3137](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3137)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru) - [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)
- [http://perst.isssph.kiae.ru/Inform/index\\_tem.htm](http://perst.isssph.kiae.ru/Inform/index_tem.htm) - [http://perst.isssph.kiae.ru/Inform/index\\_tem.htm](http://perst.isssph.kiae.ru/Inform/index_tem.htm)
- [www.portalnano.ru](http://www.portalnano.ru) - [www.portalnano.ru](http://www.portalnano.ru)
- Роснано - <http://www.rusnano.com/>

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

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

Освоение дисциплины "Наноматериалы" 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.

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, стандартные аудитории для проведения практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.68 "Физика" и магистерской программе Теоретическая и математическая физика .

Автор(ы):

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

Усеинов Н.Х. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.