

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. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Нанозфизика Б1.В.ДВ.1

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тагиров Л.Р.

**Рецензент(ы):**

Деминов Р.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Воронина Е. В.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань  
2017

## 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

Дать студентам представление о современном состоянии нанотехнологий в целом и физики наноскопических систем и наноструктур, современных методах их получения и экспериментального исследования, а также о проблемах и перспективах развития физики наноструктур и нанотехнологий

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.02 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина (М1.В.4) входит в вариативную часть цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин М1. Изучение этой дисциплины базируется на знаниях квантовой механики, физики конденсированного состояния веществ.

### 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)	способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

особенности физических явлений на наноскопическом масштабе и физические основы работы современной аппаратуры для получения и исследования наноструктур.

2. должен уметь:

использовать при работе справочную и учебную литературу в области физики наноструктур и нанотехнологий, находить другие необходимые источники информации и работать с ними.

3. должен владеть:

теоретическими знаниями об основных положениях квантовой теории и статистической физики наноскопических и мезоскопических систем.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен 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.	2	1	1	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Основы теории квантовых явлений.	2	2	2	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Получение наноструктур.	2	3	2	0	2	Устный опрос
4.	Тема 4. Получение наноструктур.	2	4	1	0	2	Устный опрос
5.	Тема 5. Методы исследования наноструктур.	2	5	1	0	2	Реферат
6.	Тема 6. Явления переноса в наноструктурах.	2	6	1	0	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Сверхпроводимость в мезоскопических системах.	2	7	1	0	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.	2	8	1	0	2	Устный опрос
9.	Тема 9. Аллотропные формы углерода.	2	9	1	0	1	Устный опрос
10.	Тема 10. Фотонные кристаллы	2	10	1	0	3	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	Экзамен
	Итого			12	0	12	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение.

#### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Введение. Тенденции и основные открытия в современных нанотехнологиях. Наноскопический масштаб расстояний. Закон Мура. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Инверсионные слои. Гетероструктуры.

### Тема 2. Основы теории квантовых явлений.

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

Основы теории квантовых явлений в наноструктурах. Уравнение Шредингера, квантовые состояния. Газ свободных электронов в металлах (уровень Ферми, плотность состояний), пониженная размерность.

### Тема 3. Получение наноструктур.

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

Получение наноструктур. Подход top-down (сверху-вниз). Примеры технологий синтеза наноматериалов по стратегии сверху-вниз.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Получение наноструктур. Подход сверху-вниз. Механосинтез нанопорошков.

### Тема 4. Получение наноструктур.

#### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Получение наноструктур. Подход bottom-up (снизу-вверх). Примеры технологий синтеза наноматериалов по стратегии снизу-вверх. Самосборка.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Получение наноструктур. Подход снизу-вверх. Синтез фотонных кристаллов.

### Тема 5. Методы исследования наноструктур.

#### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Электронная сканирующая микроскопия. Зондовая сканирующая микроскопия. Дифракция рентгеновских лучей.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Примеры применения электронной сканирующей микроскопии и зондовой сканирующей микроскопии.

### Тема 6. Явления переноса в наноструктурах.

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Явления переноса в наноструктурах. Основные сведения из теории переноса в макроскопических системах. Граничное сопротивление. Туннельная проводимость в гетероструктурах.

**Тема 7. Сверхпроводимость в мезоскопических системах.****лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Сверхпроводимость в мезоскопических системах. Андреевское отражение. Эффект Джозефсона. Квантовая фаза. Переход сверхпроводник-диэлектрик.

**Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.****лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Магнитные свойства наноструктур. Краткий обзор магнетизма макроскопических систем. Магнитные вихревые структуры, эффекты близости, спиновые клапаны. Гигантское магнетосопротивление. Понятие о спинтронике

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Магнитный гистерезис, расчет спинового клапана

**Тема 9. Аллотропные формы углерода.****лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Аллотропные формы углерода. Методы получения углеродных нанотрубок, фуллеренов и графена. Плазмоны и магнитоплазмоны в графене.

**лабораторная работа (1 часа(ов)):**

Наблюдение углеродных нанотрубок с помощью сканирующего зондового микроскопа

**Тема 10. Фотонные кристаллы****лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Оптические сверхрешетки - фотонные кристаллы. Основные спектральные особенности фотонных кристаллов. Методы синтеза и исследования фотонных кристаллов.

**лабораторная работа (3 часа(ов)):**

Исследование спектральных характеристик фотонных кристаллов.

**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.	2	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Основы теории квантовых явлений.	2	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Получение наноструктур.	2	3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Получение наноструктур.	2	4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Методы исследования наноструктур.	2	5	подготовка к реферату	6	реферат
6.	Тема 6. Явления переноса в наноструктурах.	2	6	подготовка к устному опросу	6	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Сверхпроводимость в мезоскопических системах.	2	7	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.	2	8	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
9.	Тема 9. Аллотропные формы углерода.	2	9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
10.	Тема 10. Фотонные кристаллы	2	10	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
	Итого				48	

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

Лекционные и практические занятия с использованием мультимедийного оборудования, встречи с представителями российских и зарубежных научных организаций и компаний.

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

#### Тема 1. Введение.

устный опрос , примерные вопросы:

Введение в физику наноматериалов: понятие структуры наноматериалов, специфические требования к методам диагностики наночастиц и наноматериалов. Обзор способов получения наноразмерных материалов: общие характеристики методов получения, анализа и диагностики объемных и наноструктурированных материалов. Классификация наноструктур. Характерные особенности нанообъектов. Наноматериалы, основанные на изменении свойств материалов при наноструктурировании. Классификация по мерности. Проявление размерных (мезоскопических и квантовых) эффектов при наноструктурировании.

#### Тема 2. Основы теории квантовых явлений.

устный опрос , 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.

#### Тема 3. Получение наноструктур.

устный опрос , примерные вопросы:

Способы получения наноразмерных материалов сверху-вниз: методы механического диспергирования, методы физического диспергирования, методы химического диспергирования. Объемные наноматериалы: интенсивная пластическая деформация, кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование. наноразмеров. Высокотехнологичные процессы наноструктурирования "сверху-вниз": травление жертвенного слоя, литография, нанопечать

#### Тема 4. Получение наноструктур.

устный опрос , примерные вопросы:



Формирование наноматериалов по механизму снизу-вверх. Золь-гель метод, методы коллоидной химии. Методы самоорганизации полимерных систем. Синтез наноматериалов из молекулярных систем: конденсация, осаждение, каталитический рост, пиролиз, самоорганизация при эпитаксиальном росте, осаждение в пористые шаблоны, самосборка в полимерных и мицелярных системах. Биотехнологии для синтеза наноматериалов.

### **Тема 5. Методы исследования наноструктур.**

реферат , примерные темы:

Исследование размерных характеристик. Определение элементного состава. Определение фазового состава. Методы изучения поверхности. 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 6. Явления переноса в наноструктурах.**

устный опрос , примерные вопросы:

Характеристики дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Электрические свойства наноматериалов. Ферромагнитные характеристики наноматериалов. Особенности тепловых свойств наноматериалов. Оптические характеристики наносред. Диффузия в наноматериалах.

### **Тема 7. Сверхпроводимость в мезоскопических системах.**

устный опрос , примерные вопросы:

Сверхпроводимость в мезоскопических системах. Андреевское отражение. Эффект Джозефсона. Квантовая фаза. Переход сверхпроводник-диэлектрик.

### **Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.**

устный опрос , примерные вопросы:

Магнитные материалы. Выращивание объемных монокристаллов. Типы магнитных наноструктур и способы их получения. Классификация магнитных наноструктур. Методы получения магнитных наноструктур. Модели перемагничивания однодоменных частиц. Суперпарамагнетизм. Аморфные и нанокристаллические магнитные материалы. Методы исследования процессов перемагничивания.

### **Тема 9. Аллотропные формы углерода.**

устный опрос , примерные вопросы:

Углеродные нанотрубки, фуллерены, графен, методы получения и исследования. Типы углеродных нанотрубок и фуллеренов. Необыкновенные свойства углеродных нанобъектов, обусловленные их структурой.

### **Тема 10. Фотонные кристаллы**

устный опрос , примерные вопросы:

Определение. Интерференция в тонких пленках. 1D, 2D, 3D фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны. История открытия. Яблоновит. Примеры. Фотонные кристаллы в природе. Полезные свойства запрещенных зон и приложения.

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

Примерные вопросы к экзамену:



Текущий контроль успеваемости в рамках балльно-рейтинговой системы осуществляется на основании письменных отчетов по лабораторным занятиям и подготовки рефератов. Итоговый контроль осуществляется в форме экзамена по вопросам, охватывающим всю программу курса. Самостоятельная работа магистров заключается в повторении лекционного материала (конспекты лекций), и подготовке отчетов по лабораторным работам, а также изучении материала, вынесенного на самостоятельное изучение (рекомендованная литература).

### БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

[1] Текущая работа студента (лабораторные работы) 40

[2] Письменная работа - реферат 10

[3] Экзамен 50

Методические указания к выполнению лабораторных занятий, и список вопросов к экзамену даны в виде Приложений 1 и 2.

Примерные темы рефератов:

1. Самоорганизация в открытых системах. Управление параметрами самоорганизации. Примеры двумерные наноструктур.
2. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Механизмы роста нанотрубок . Синтез углеродных нанотрубок. Структура углеродных нанотрубок.
3. Двумерные наноструктуры. Методы получения тонких пленок. Осаждение пленок из газовой фазы. Механизмы роста пленок.
4. Электронная структура. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц.
5. Физические методы осаждения пленок. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ).
6. Применение наноматериалов. Производство материалов нанoeлектроники и вычислительной техники.
7. Медицина и здравоохранение в свете применения нанотехнологий и наноматериалов.
8. Импульсное лазерное осаждение (ИЛО, pulsed laser deposition - PLD).
9. Методы химического осаждения пленок Химическое осаждение из газовой фазы. Препараторы.
10. Магнетронное распыление - общие принципы и приложения.
11. Рентгено-дифракционные методы определения размеров наночастиц. Метод Шеррера, метод Вильямсона-Холла и метод Уоррена-Авербаха.
12. Послойное осаждение пленок. Химическое осаждение из растворов. Золь-гель метод.
13. Мезопористые молекулярные сита. Пористый диоксид кремния. Способы контроля размера пор. Использование пленок диоксида кремния для синтеза наноматериалов.
14. Мезопористые алюмосиликаты для синтеза наноматериалов. Пористый оксид алюминия. Использование пористого оксида алюминия для синтеза нанокомпозитов.

Примеры вопросов к экзамену:

1. Нанотехнология, наночастицы, наноструктуры. Классификация наноструктур. Нульмерные, одномерные и двумерные наноструктуры, объемные наноматериалы.
2. Самоорганизация в открытых системах. Управление параметрами самоорганизации. Примеры двумерные наноструктур.
3. Диссипативная самоорганизация: механизмы возникновения, пороговый характер. Самособранные монослои и мультислои.
4. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Структура углеродных нанотрубок.
5. Характерные особенности нанообъектов Кристаллическая решетка и магические числа. Геометрическая структура. Химическая активность.
6. Двумерные наноструктуры. Методы получения тонких пленок. Осаждение пленок из газовой фазы. Механизмы роста пленок.
7. Электронная структура. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц.

8. Характерные особенности нанообъектов. Размерные эффекты и особенности наноструктур.
9. Размерность объекта и электроны проводимости. Ферми-газ и плотность состояний. Свойства, зависящие от плотности состояний.
10. Классификация методов синтеза наноматериалов. Методы механического диспергирования. Механосинтез. Типы и характеристики измельчающих устройств.
11. Наночастицы в двумерных нанореакторах. Слоистые гидроксидные системы. Получение магнитных нанокомпозитов на основе слоистых двойных гидроксидов.
12. Метод интенсивных пластических деформаций. Деформация кручением под высоким давлением. Деформация РКУ прессованием.
13. Сборка наноструктур под влиянием механического напряжения. Напряженные полупроводниковые гетероструктуры и приготовление из них нанотрубок.
14. Периодические квантовые твердотельные наноструктуры, сверхрешетки из квантовых точек.
15. Нанокристаллизация аморфных сплавов.
16. Термодинамические уравнения движения. Принцип симметрии кинетических коэффициентов или соотношения взаимности Онсагера.
17. Механические свойства наносистем. Типы собственных дефектов кристалла. Дефекты в наноструктурированных материалах.
18. Магнитные свойства наносистем. Доменная структура ферромагнитных материалов. Зависимость коэрцитивной силы от размера частиц. Суперпарамагнетизм.

### 7.1. Основная литература:

1. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы. - М: "Бином. Лаборатория знаний", 2012. - 186с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3133](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3133)
2. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / под ред. А. С. Сигова. - М.: "Бином. Лаборатория знаний", 2013. - 184с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=42636](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42636).
3. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение: пер. с англ./ под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга. - 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)

### 7.2. Дополнительная 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. Квантовый вызов : современные исследования оснований квантовой механики : [учебное пособие] / Дж. Гринштейн, А. Г. Зайонц ; пер. 2-го изд. под ред. и с доп. В. В. Аристова, А. В. Никулова ; доп. ко 2-му изд. на рус. яз. А. В. Никулова . - 2-е изд., [доп.]. - Долгопрудный : Интеллект, 2012 . - 431 с.: ил.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- Журнал Нанотехнологии - <http://www.nanoru.ru/>  
Нанометр - <http://www.nanometer.ru/>  
Нанотехнологии сейчас - <http://www.nanotech-now.com/>

Новости нанотехнологий - [http://www.sciencedaily.com/news/matter\\_energy/nanotechnology/](http://www.sciencedaily.com/news/matter_energy/nanotechnology/)

Роснано - <http://www.rusnano.com/>

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

Освоение дисциплины "Нанозифика" 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 ученых, 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.

Практикум по физике наноструктур, практикум по наноФотонике

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе Физика конденсированного состояния .

Автор(ы):

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.