

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. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Спинтроника БЗ.ДВ.2

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая радиофизика и квантовая электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тагиров Л.Р.

**Рецензент(ы):**

Деминов Р.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань  
2015

## 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

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Спинтроника" являются изучение основ спин-зависящих явлений в различных объектах, включая низкоразмерные структуры и магнитные наноструктуры

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Является частью модуля Б.3 профессионального цикла. Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке студентов по модулям высшей математики, общей физики (разделы: "Молекулярная физика", "Электричество", "Атомная физика") теоретической физики (разделы "Электродинамика", "Квантовая теория", "Статистическая физика"), "Физике сплошных сред". Осваивается на четвертом курсе обучения, седьмой семестр.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-11 (общекультурные компетенции)	способностью собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по соответствующим специальным, научным, социальным и этическим проблемам
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области информатики и современных информационных технологий, программными средствами и навыками работы в компьютерных сетях, использованию баз данных и ресурсов Интернет
ОК-4 (общекультурные компетенции)	способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы спинтроники и ее применение в спинтронных устройствах

2. должен уметь:

использовать знание теоретических основ спинтроники при анализе различных спин-зависимых эффектов

3. должен владеть:

навыками системного подхода к спин-зависящим явлениям в различных объектах, навыками вычисления спин-зависящих свойств различных систем

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять на практике базовые профессиональные знания для анализа спин-зависящих явлений в различных объектах, включая низкоразмерные структуры и магнитные наноструктуры; уметь пользоваться современными методами 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 в 8 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. Магнитные взаимодействия и магнитные структуры	8	1	2	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Ферромагнитные металлы	8	2-3	2	2	0	устный опрос
3.	Тема 3. Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках	8	4-5	4	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Спин-зависящий транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах	8	6-7	4	4	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	
5.	Тема 5. Гигантское магнитосопротивление (ГМС) Туннельное магнитосопротивление	8	8-12	4	4	0	письменная работа
6.	Тема 6. Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации Другие применения спин-поляризованного транспорта	8	13-16	4	4	0	устный опрос
7.	Тема 7. Точечные магнитные контакты Сверхпроводящая спинтроника	8	17-18	2	2	0	устный опрос
8.	Тема 8. Аттестация	8	18	2	0	0	письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			24	18	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Магнитные взаимодействия и магнитные структуры

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

1.1. Магнитное диполь-дипольное взаимодействие. 1.2. Обменные взаимодействия. 1.3. Ферромагнитный порядок. 1.4. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм.

##### Тема 2. Ферромагнитные металлы

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

2.1. Зонная структура ферромагнитных металлов 2.2. Модель Мота зоны проводимости ферромагнитных металлов

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

2.3. Модель взаимодействие между локализованными и делокализованными электронами в проводящих магнетиках.

##### Тема 3. Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках

###### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

3.1. Классическая теория Друде-Лоренца. Кинетическое уравнение Больцмана. Магнетосопротивление металлов и полупроводников. 3.2. Эффект Холла. 3.3. Метод функций Грина. Формула Кубо для проводимости. Зарядовый и спиновый токи.

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

3.4. Спиновый эффект Холла (внутренне присущий). 3.5. Модели Рашбы и Дрессельхауза.

##### Тема 4. Спин-зависящий транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах

###### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

4.1. Дефазирование и рассеяние электронов с переворотом спина, кинетическое уравнение. 4.2. Анизотропное магнитосопротивление.

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

4.3. Граничное сопротивление, спиновое рассеяние на интерфейсе. 4.4. Спиновый эффект Холла (за счет рассеяния).

**Тема 5. Гигантское магнитосопротивление (ГМС) Туннельное магнитосопротивление**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

5.1. ГМС в металлических мультислоях, параллельная геометрия, больцмановская теория. 5.2. ГМС в металлических мультислоях, перпендикулярная геометрия, теория Ферта-Валета. 5.3. Экспериментальные наблюдения эффекта ГМС.

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

5.4. Туннелирование электронов в гетероструктурах с диэлектрическими барьерами. 5.5. Спин-поляризованное туннелирование. 5.6. Туннельное магнитосопротивление - теория. 5.7. Туннельное магнитосопротивление - эксперимент.

**Тема 6. Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации Другие применения спин-поляризованного транспорта**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

6.1. Спин-вентильный сенсор магнитного поля и его применения в устройствах для магнитной записи и хранения информации. 6.2. Применение спинового вентиля в качестве ячейки хранения информации, магниторезистивная память произвольного доступа. 6.3. Спиновый вращающий момент, переключение магниторезистивных ячеек импульсами тока, магниторезистивная память высокой интеграции. 6.4. Спин-поляризованный ток в структурах 'металл-ферромагнитный полупроводник'.

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

6.5. Спиновый диод на структурах 'металл-ферромагнитный полупроводник'. 6.6. Спиновые фильтры на основе структуры 'ферромагнитный полупроводник-полупроводник'. 6.7. Магнитный биполярный диод. 6.8. Спиновый транзистор.

**Тема 7. Точечные магнитные контакты Сверхпроводящая спинтроника**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

7.1. Омический и баллистический транспорт. 7.2. Магнитосопротивление точечных контактов из ферромагнитных материалов. 7.3. Квантование проводимости в ферромагнитных наноконтактах, квантовый спиновый клапан.

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

7.4. Сверхпроводящие контакты и переходы с ферромагнитной прослойкой. Пи-контакты. 7.5. Спиновые вентили на основе эффекта близости. 7.6. Эффект Джозефсона в С/Ф/С контактах, сверхпроводящая память и логика на основе С/Ф/С контактов.

**Тема 8. Аттестация**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

8.1. Туннельные гетероструктуры с несколькими магнитными слоями. 8.2. Спин-вентильный транзистор

**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. Магнитные взаимодействия и магнитные структуры	8	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Ферромагнитные металлы	8	2-3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках	8	4-5	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Спин-зависящий транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах	8	6-7	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
5.	Тема 5. Гигантское магнитосопротивление (ГМС) Туннельное магнитосопротивление	8	8-12	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
6.	Тема 6. Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации Другие применения спин-поляризованного транспорта	8	13-16	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
7.	Тема 7. Точечные магнитные контакты Сверхпроводящая спинтроника	8	17-18	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
	Итого				30	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции, самостоятельная работа студента, письменные работы, консультации. Лекционные занятия предполагают использование аудитории, оснащенной современным мультимедийным оборудованием.

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

### Тема 1. Магнитные взаимодействия и магнитные структуры

устный опрос , примерные вопросы:

Обменные взаимодействия. Ферромагнитный порядок. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм. (ОК-11, ПК-1, ПК-2).

### Тема 2. Ферромагнитные металлы

устный опрос , примерные вопросы:

Модель Мотта зоны проводимости ферромагнитных металлов Модель взаимодействие между локализованными и делокализованными электронами в проводящих магнетиках. (ОК-11, ПК-1, ПК-2).

### Тема 3. Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках

устный опрос , примерные вопросы:

Классическая теория Друде-Лоренца. Кинетическое уравнение Больцмана. Магнетосопротивление металлов и полупроводников. Эффект Холла. Метод функций Грина. Формула Кубо для проводимости. Зарядовый и спиновый токи. Спиновый эффект Холла (внутренне присущий). Модели Рашбы и Дрессельхауза. (ОК-11, ПК-1, ПК-2).

#### **Тема 4. Спин-зависящий транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах**

устный опрос , примерные вопросы:

Дефазирование и рассеяние электронов с переворотом спина, кинетическое уравнение. Анизотропное магнетосопротивление. Граничное сопротивление, спиновое рассеяние на интерфейсе. Спиновый эффект Холла (за счет рассеяния). Спин-поляризованный ток в структурах металл-ферромагнитный полупроводник. Спиновый диод на структурах металл-ферромагнитный полупроводник. Спиновые фильтры на основе структуры ферромагнитный полупроводник-полупроводник. (ОК-11, ПК-1, ПК-2, ПК-3).

#### **Тема 5. Гигантское магнетосопротивление (ГМС) Туннельное магнетосопротивление**

письменная работа , примерные вопросы:

Обменные взаимодействия, ферромагнетизм. Двухжидкостная модель проводимости ферромагнитных металлов. Зарядовые и спиновые токи. Магнетосопротивление металлов и полупроводников. Эффект Холла, определение знака заряда носителей тока. Рассеяние электронов с переворотом спина. Спин-зависящее граничное сопротивление. ГМС в металлических мультислоях, параллельная геометрия. ГМС в металлических мультислоях, перпендикулярная геометрия. Спин-зависящее туннелирование электронов в гетероструктурах с диэлектрическими барьерами. Туннельное магнетосопротивление. (ОК-4, ОК-11, ОК-14, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6).

#### **Тема 6. Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации Другие применения спин-поляризованного транспорта**

устный опрос , примерные вопросы:

Магнитный биполярный диод. Спиновый транзистор. Магниторезистивная память на металлических гетероструктурах. Магниторезистивная память на туннельных гетероструктурах, переключение магнитных состояний спин-поляризованным током. Развязки на основе эффектов гигантского магнетосопротивления. (ОК-11, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6).

#### **Тема 7. Точечные магнитные контакты Сверхпроводящая спинтроника**

устный опрос , примерные вопросы:

Омический и баллистический транспорт, магнетосопротивление наноконтактов. Эффект Джозефсона в С/Ф/С контактах, пи-контакты. Сверхпроводящая память и логика на основе С/Ф/С контактов. (ОК-11, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6).

#### **Тема 8. Аттестация**

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

Примерные вопросы к зачету:

Текущий контроль успеваемости осуществляется на основании письменных работ по индивидуальным заданиям. Итоговый контроль осуществляется в форме устного зачета по лекционному курсу. Самостоятельная работа студентов заключается в повторении лекционного материала (конспекты лекций), изучении материала, вынесенного на самостоятельное изучение (рекомендованная литература), выполнении индивидуальных заданий.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ (сумма=100)**

[1] Текущая работа студента (активность на лекциях) 10

[2] Письменные работы (2) 40

[3] Зачет 50

Методические указания к выполнению письменных работ и полный список вопросов к письменным работам и зачету находятся в Приложениях 1 и 2, соответственно.

Примерные вопросы к зачету:



1. Двухжидкостная модель проводимости ферромагнитных металлов.
2. Зарядовый и спиновый токи в гетероструктурах.
3. Объемное и поверхностное спин-зависящее рассеяние электронов.
4. Механизмы магнитосопротивления в магнитных гетероструктурах - параллельный транспорт, перпендикулярный транспорт.
5. Туннельные гетероструктуры, спин-зависящее туннелирование.
6. Механизмы туннельного магнитосопротивления.
7. Спинтронные приборы на основе гигантского магнитосопротивления (ГМС).
8. Головки чтения и ГМС-развязки на основе магнитных гетероструктур.
9. Энергонезависимая память на основе ГМС.
10. Туннельное магнитосопротивление.
11. Туннельные гетероструктуры с несколькими магнитными слоями. Переключение магнитных состояний спин-поляризованным током.
12. Спин-вентильный транзистор.
13. Энергонезависимая память на основе гигантского магнитосопротивления и на основе туннельного магнитосопротивления.
14. Джозефсоновские пи-контакты и их приложения к сверхпроводящей спинтронике.

### 7.1. Основная литература:

1. Спиридонов, Олег Павлович. Физические основы твердотельной электроники : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / О. П. Спиридонов . - Москва : Высшая школа, 2008 . - 190, [1] с. : ил. ; 21 . - (Для высших учебных заведений, Электронная техника) . - Библиогр.: с. 189 (14 назв.) . - ISBN 978-5-06-005740-9 ((в обл.) , 3000.
2. Гаврилов, С. А. Нанотехнологии в электронике / Гаврилов, С. А.;Боргардт, Николай Иванович;Герасименко, Николай Николаевич;Чаплыгин, Юрий Александрович; Под ред. Ю. А. Чаплыгина . - Москва : Техносфера, 2005 . - 448 с. : ил., табл. ; 22 см. - 40-летию МИЭТ посвящается . - Авт. указаны на с. 444-446 . - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-94836-059-8 ((в пер.)) , 1500.
3. Щука, Александр Александрович. Нанoeлектроника : учебное пособие для студентов вузов / А. А. Щука ; Под общ. ред. Ю. В. Гуляева . - Москва : Физматкнига, 2007 . - 464 с. : табл., ил. ; 22 см. - (Электроника) . - Предм. указ.: с. 460-463.
4. Елисеев, Андрей Анатольевич. Функциональные наноматериалы : учебное пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин ; под ред. акад. Ю.Д. Третьякова . - Москва : Физматлит, 2010 . - 452 с. : ил., цв. ил., портр., табл. ; 25 . - Библиогр. в конце гл.
5. Гуртов, Валерий Алексеевич. Твердотельная электроника : учебное пособие / В. А. Гуртов . - Издание 2-е, дополненное . - Москва : Техносфера, 2005 . - 408 с. : ил., портр. ; 25 см. - (Мир электроники) . - Библиогр.: с. 401-404 (84 назв.) . - Предм. указ.: с. 405-406 . - ISBN 5-94836-060-1, 2000.
6. Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев . - Издание 2-е, исправленное . - Москва : Физматлит, 2009 . - 416 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр. в конце гл. - Имен. указ.: с. 406-407 . - Предм. указ.: с. 408-414.

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Нанозлектроника / [Валиев Камиль Ахметович, акад. РАН, д.ф.-м.н., Вьюрков Владимир Владимирович, к.ф.-м.н., Гридчин Виктор Алексеевич, д.ф.-м.н. и др.] ; под ред. акад. А.А. Орликовского . - Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 . - ; 25 . - (Серия Электроника в техническом университете, Прикладная электроника / под общ. ред. И.Б. Федорова).
2. Кокин, Александр Александрович. Твердотельные квантовые компьютеры на ядерных спинах / А. А. Кокин . - Москва ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2004 . - 204 с. : ил. ; 20 . - Библиогр.в конце частей . - Предм. указ.: с. 202-203 . - ISBN 5-93972-319-5.
3. Введение в квантовые компьютеры / Г. П. Берман, Г. Д. Дулен, Р. Майньери, В. И. Цифринович ; перевод с англ. В. Е. Порсева ; под ред. А. А. Кокина . - М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед. : РХД, 2004 . - 187 с. : ил. ; 21 . - Загл. и авт. ориг.: Introduction to quantum computers / Gennady P. Berman, Gary D. Doolen, Ronnie Mainieri, Vladimir I. Tsifrinovich . - Библиогр.: с. 181-184 . - Предм. указ.: с. 185-187.
4. Квантовые компьютеры, микро- и нанозлектроника (физика, технология, диагностика и моделирование) : сборник научных трудов научно-практической межрегиональной конференции, Ярославль, 22-23 сентября 2008 г. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова . - Ярославль : [ЯрГУ], 2008 . - 187 с. : ил., табл. ; 21 . - Федеральная целевая программа "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007-2012 годы" . - В надзаг.: М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова, Федер. целевая программа "Исследования и разработки по приоритет. направлениям развития науч.-техн. комплекса России на 2007-2012 годы" . - Библиогр. в конце тр. - ISBN 978-5-8397-0609-5 ((в обл.) , 100.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Информационный бюллетень - [http://perst.issph.kiae.ru/Inform/index\\_tem.htm](http://perst.issph.kiae.ru/Inform/index_tem.htm)  
нанотехнологическое сообщество Нанометр - [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)  
Новости спинтроники - <http://www.spintronics-info.com/>  
Сайт о нанотехнологиях в России - <http://www.nanonewsnet.ru/>  
элементы большой науки - [http://elementy.ru/lib/14?page\\_design=print](http://elementy.ru/lib/14?page_design=print)

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

Освоение дисциплины "Спинтроника" 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Квантовая радиофизика и квантовая электроника .

Автор(ы):

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.