

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

Теоретические основы спинтроники 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):

Деминов Р.Г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 6133714

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) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. Кафедра теоретической физики Отделение физики, Raphael.Deminov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Теоретические основы спинтроники" являются изучение теоретических основ спин-зависимых 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 "М2.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина (М.2.ДВ.2) входит в вариативную часть профессионального цикла (М.2) как дисциплина по выбору. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: квантовая механика, статистическая физика, квантовая теория твердого тела, методы квантовой теории поля в статистической физике. Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин, связанных с физикой конденсированного состояния (в частности, с физикой низкоразмерных систем и магнитных наноструктур), и для успешной профессиональной деятельности

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)	способностью использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью организовать работу коллектива для решения профессиональных задач
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью проводить свою профессиональную деятельности с учетом социальных, этических и природоохранных аспектов
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью организовать и планировать физические исследования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы спинтроники

2. должен уметь:

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

3. должен владеть:

навыками вычисления спин-зависимых свойств различных систем

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

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.	2	1-2	2	2	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Теория транспорта в немагнитных металлах и полупроводниках.	2	3-4	2	2	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Рассеяние на магнитных примесях.	2	5-6	2	2	0	контрольная работа
4.	Тема 4. Транспорт в низкоразмерных системах.	2	7-10	4	4	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Транспорт в магнитных системах.	2	11-12	2	2	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Локализация.	2	13-14	2	2	0	контрольная работа
7.	Тема 7. Кулоновское взаимодействие.	2	14-15	2	2	0	домашнее задание
8.	Тема 8. Спин-зависимое туннелирование в магнитных наноструктурах.	2	15-16	2	2	0	домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			18	18	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Спинтроника. Магнетосопротивление. Гигантское магнетосопротивление (GMR) и туннельное магнетосопротивление (TMR).

практическое занятие (2 часа(ов)):

1. Вычисление гигантского и туннельного магнетосопротивлений в простейших случаях.

Тема 2. Теория транспорта в немагнитных металлах и полупроводниках.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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.

практическое занятие (2 часа(ов)):

контрольная работа. 1. Расчет магнетосопротивления в рамках классической теории Друде-Лоренца 2. Вычисление проводимости с использованием кинетического уравнения Больцмана

Тема 3. Рассеяние на магнитных примесях.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Эффект Кондо на магнитных примесях и резонанс Абрикосова-Сула. Спин-орбитальное взаимодействие. Спиновая релаксация.

практическое занятие (2 часа(ов)):

1. Аналитическое рассмотрение эффекта Кондо. 2. Описание механизмов спиновой релаксации.

Тема 4. Транспорт в низкоразмерных системах.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Двумерный электронный газ. Квантовые ямы, проволоки и точки. Спин-орбитальное взаимодействие в низкоразмерных системах. Баллистический транспорт. Эффект Ааронова-Бома в нанокольцах. Квантование холловской проводимости в одномерных системах.

практическое занятие (4 часа(ов)):

контрольная работа. 1. Получить формулу Ландвауэра-Бюттикера для кондактанса квазиодномерной системы. 2. Получить выражение для кондактанса нанокольца в магнитном поле.

Тема 5. Транспорт в магнитных системах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Спин-зависимое рассеяние. Гигантское магнетосопротивление

практическое занятие (2 часа(ов)):

1. Получить выражение для гигантского магнетосопротивления в случае геометрии "ток в плоскости".

Тема 6. Локализация.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Локализация Андерсона. Локализация в магнитных системах.

практическое занятие (2 часа(ов)):

1. Описать механизмы локализации Андерсона. 2. Особенности локализации в магнитных системах

Тема 7. Кулоновское взаимодействие.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Кулоновское взаимодействие в одномерных системах. Эффект кулоновской блокады.

практическое занятие (2 часа(ов)):

1. Роль кулоновской блокады в одноэлектронных системах.

Тема 8. Спин-зависимое туннелирование в магнитных наноструктурах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Туннельное магнетосопротивление. Модели Жулиера, Стирнса и Слончевского. Обобщенная модель Слончевского. Зависимость туннельного магнетосопротивления от температуры и приложенного напряжения.

практическое занятие (2 часа(ов)):

1. Туннельное сопротивление в модели Жулиера. 2. Туннельное сопротивление в модели Стирнса. 3. Туннельное сопротивление в модели Слончевского.

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	1-2	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Теория транспорта в немагнитных металлах и полупроводниках.	2	3-4	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Рассеяние на магнитных примесях.	2	5-6	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
4.	Тема 4. Транспорт в низкоразмерных системах.	2	7-10	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
5.	Тема 5. Транспорт в магнитных системах.	2	11-12	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Локализация.	2	13-14	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
7.	Тема 7. Кулоновское взаимодействие.	2	14-15	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Спин-зависимое туннелирование в магнитных наноструктурах.	2	15-16	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курсы лекций и практических занятий, организованные по стандартной технологии

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

Тема 1. Введение.

домашнее задание , примерные вопросы:

Спинтроника. Магнетосопротивление. Гигантское магнетосопротивление (GMR) и туннельное магнетосопротивление (TMR).

Тема 2. Теория транспорта в немагнитных металлах и полупроводниках.

домашнее задание , 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.

Тема 3. Рассеяние на магнитных примесях.

домашнее задание , примерные вопросы:

Эффект Кондо на магнитных примесях и резонанс Абрикосова-Сула. Спин-орбитальное взаимодействие. Спиновая релаксация.

Тема 4. Транспорт в низкоразмерных системах.

домашнее задание , примерные вопросы:

Двумерный электронный газ. Квантовые ямы, проволоки и точки. Спин-орбитальное взаимодействие в низкоразмерных системах. Баллистический транспорт. Эффект Ааронова-Бома в нанокольцах. Квантование холловской проводимости в одномерных системах.

Тема 5. Транспорт в магнитных системах.

домашнее задание , примерные вопросы:

Спин-зависимое рассеяние. Гигантское магнетосопротивление

Тема 6. Локализация.

домашнее задание , примерные вопросы:

Локализация Андерсона. Локализация в магнитных системах.

Тема 7. Кулоновское взаимодействие.

домашнее задание , примерные вопросы:

Кулоновское взаимодействие в одномерных системах. Эффект кулоновской блокады.

Тема 8. Спин-зависимое туннелирование в магнитных наноструктурах.

домашнее задание , примерные вопросы:

Туннельное магнетосопротивление. Модели Жулиера, Стирнса и Слончевского. Обобщенная модель Слончевского. Зависимость туннельного магнетосопротивления от температуры и приложенного напряжения.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

итоговый контроль в виде зачета

БИЛЕТЫ К ЗАЧЕТУ

1. Классическая теория Друде-Лоренца. Кинетическое уравнение Больцмана.
2. Магнетосопротивление металлов и полупроводников. Эффект Холла.
3. Метод функций Грина. Формула Кубо для проводимости.
4. Зарядовый и спиновый токи. Спиновый эффект Холла.
5. Эффект Кондо на магнитных примесях и резонанс Абрикосова-Сула.
6. Спин-орбитальное взаимодействие. Спиновая релаксация.
7. Двумерный электронный газ.
8. Энергетический спектр квантовой ямы в параллельном магнитном поле.
9. Двумерный электронный газ со спин-орбитальным взаимодействием Рашбы.
10. Баллистический транспорт в наносужениях.
11. Эффект Ааронова-Бома.
12. Квантовый эффект Холла.
13. Теория гигантского магнетосопротивления.
14. Локализация Андерсона.
15. Локализация в магнитных системах.
16. Кулоновское взаимодействие в одномерных системах.
- 17.. Эффект кулоновской блокады
18. Туннельное магнетосопротивление. Модели Жулиера, Стирнса и Слончевского.
19. Обобщенная модель Слончевского.
20. Зависимость туннельного магнетосопротивления от температуры и приложенного напряжения.

7.1. Основная литература:

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

3. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники. Издательство: Физматлит, 2011 г.
<http://e.lanbook.com/view/book/5258/>

7.2. Дополнительная литература:

1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов. - Издание 4-е, стереотипное. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011 . - 288 с. : ил.
2. Новотный, Л. Основы нанооптики: перевод с английского / Л. Новотный, Б. Хехт; Пер. с англ. А. А. Коновко, О. А. Шутовой; Под ред. В. В. Самарцева. - М.: Физматлит, 2009 . - 484 с.: ил.
3. Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния. М. Бинوم. Лаборатория знаний. - 2011. - 293 с. [Электронный ресурс] <http://e.lanbook.com/view/book/4372>

7.3. Интернет-ресурсы:

Bruno P. Quantum transport in nanostructures: a panorama. Lecture course: winter semester, 2003/2004 -

http://www1.mpi-halle.mpg.de/~bruno/lectures/quantum_transport/quantum_transport.html

Dugaev V.K. Spin-dependent transport theory. Lecture course: winter semester, 2004/2005 -

<http://cfif.ist.utl.pt/~vdugaev/lectures.htm>

Levy P.M. Transport in solids. Doctoral level course. Orsay, March 2005 -

<http://ebookbrowse.com/transport-course-2005-5-ppt-d14201864>

Аплеснин С.С. Основы спинтроники. СПб.: Лань, 2010 -

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=551

Данилов Ю.А., Демидов Е.С., Ежевский А.А. Основы спинтроники. Н. Нов-город: Изд-во ННГУ, 2009

Данилов Ю.А., Демидов Е.С., Ежевский А.А. Основы спинтроники. Н. Нов-город: Изд-во ННГУ, 2009 - www.unn.ru/books/met_files/spintronik.pdf

МФТИ / Кафедра теоретической физики / Библиотека / Учебно-методические пособия -

<http://theorphys.mipt.ru/biblio/metodichki.html>

Žutić I., Fabian J., and Das Sarma S. Spintronics: fundamentals and applications. Rev. Mod. Phys. 76, 323, 2004 -

<http://rmp.aps.org/vtoc/RMP/v76>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Теоретические основы спинтроники" 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 "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Учебные аудитории для проведения лекционных и 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):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. _____

"__" _____ 201__ г.