

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. Талорский Д.А.

_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Специальный физический практикум Б1.Б.4

Направление подготовки: 03.04.02 - 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 615316

Казань
2016

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 "Специальный физический практикум" являются изучение теоретических основ физики квантовых низкоразмерных структур, приобретение навыков вычисления различных свойств таких систем.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.02 Физика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 1, 2 семестры.

Дисциплина входит в базовую часть общенаучного цикла (М1). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: квантовая механика, статистическая физика, квантовая теория твердого тела. Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин, связанных с физикой конденсированного состояния (в частности, теоретических основ спинтроники и методов квантовой теории поля в статистической физике), 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-3 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью руководить научно-исследовательской деятельностью обучающихся младших курсов в области физики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы физики низкоразмерных структур

2. должен уметь:

использовать знание теоретических основ физики низкоразмерных структур при анализе различных эффектов в низкоразмерных структурах

3. должен владеть:

навыками вычисления различных свойств низкоразмерных систем

к дальнейшему обучению

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 1 семестре; 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. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.	1	3	0	0	10	презентация

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Квантовая механика простейших структур.	1	4-5	0	0	12	презентация
3.	Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах.	1	6-8	0	0	14	презентация
5.	Тема 5. Оптика квантовых структур.	2	1-3	0	0	10	презентация
6.	Тема 6. Туннельные эффекты.	2	4-6	0	0	12	презентация
7.	Тема 7. Кулоновская блокада туннелирования.	2	7-9	0	0	14	презентация
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	72	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Гетероструктуры на основе GaAs-AlGaAs. Инверсионные слои на границе Si - окись кремния. Структуры на основе Ge-Si. Квантовые нити и точки.

Тема 2. Квантовая механика простейших структур.

лабораторная работа (12 часа(ов)):

Прямоугольная яма. Треугольная яма. Квантовые состояния в нитях и точках. Двойная квантовая яма. Двумерный канал (микросужение). Электронные состояния в структурах с периодически модулированной поверхностью. Квантовые структуры в магнитном поле. Плотность состояний.

Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах.

лабораторная работа (14 часа(ов)):

Приближение эффективной массы в простой зоне. Приближение эффективной массы в сложной зоне. Модель Кейна. Влияние деформации на электронный спектр. Типы гетеропереходов. Граничные условия. Электронные и дырочные состояния в подзонах размерного квантования ям и минизонах сверхрешеток.

Тема 5. Оптика квантовых структур.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Взаимодействие электромагнитного поля с электронами. Правила отбора. Коэффициент поглощения при межзонных переходах. Экситонное поглощение. Метод люминесценции для исследования энергетического спектра двумерных электронов. Многофотонное поглощение в квантовых ямах. Лазеры на структурах с квантовыми ямами.

Тема 6. Туннельные эффекты.

лабораторная работа (12 часа(ов)):

Двухбарьерные структуры. Коэффициенты отражения и прохождения. Квазистационарные состояния электрона в яме между барьерами. Энергетическая зависимость резонансного коэффициента прохождения. Резонансно-туннельный диод. Туннелирование электронов из квантовой ямы в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Тема 7. Кулоновская блокада туннелирования.

лабораторная работа (14 часа(ов)):

Метод туннельного гамильтониана. Вероятность ухода электрона из одного металла в другой в единицу времени. Туннелирование через гранулу. Кондактанс туннельного контакта с затвором. Кулоновская блокада туннелирования через две гранулы.

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. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.	1	3	подготовка к презентации	20	презентация
2.	Тема 2. Квантовая механика простейших структур.	1	4-5	подготовка к презентации	24	презентация
3.	Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах.	1	6-8	подготовка к презентации	28	презентация
5.	Тема 5. Оптика квантовых структур.	2	1-3	подготовка к презентации	10	презентация
6.	Тема 6. Туннельные эффекты.	2	4-6	подготовка к презентации	12	презентация
7.	Тема 7. Кулоновская блокада туннелирования.	2	7-9	подготовка к презентации	14	презентация
	Итого				108	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лабораторные занятия, 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. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.**

презентация , примерные вопросы:

Гетероструктуры на основе GaAs-AlGaAs. Инверсионные слои на границе Si - окись кремния. Структуры на основе Ge-Si. Квантовые нити и точки.

Тема 2. Квантовая механика простейших структур.

презентация , примерные вопросы:

Прямоугольная яма. Треугольная яма. Квантовые состояния в нитях и точках. Двойная квантовая яма. Двумерный канал (микросужение). Электронные состояния в структурах с периодически модулированной поверхностью. Квантовые структуры в магнитном поле. Плотность состояний.

Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах.

презентация , примерные вопросы:

Приближение эффективной массы в простой зоне. Приближение эффективной массы в сложной зоне. Модель Кейна. Влияние деформации на электронный спектр. Типы гетеропереходов. Граничные условия. Электронные и дырочные состояния в подзонах размерного квантования ям и минизонах сверхрешеток.

Тема 5. Оптика квантовых структур.

презентация , примерные вопросы:

Взаимодействие электромагнитного поля с электронами. Правила отбора. Коэффициент поглощения при межзонных переходах. Экситонное поглощение. Метод люминесценции для исследования энергетического спектра двумерных электронов. Многофотонное поглощение в квантовых ямах. Лазеры на структурах с квантовыми ямами.

Тема 6. Туннельные эффекты.

презентация , примерные вопросы:

Двухбарьерные структуры. Коэффициенты отражения и прохождения. Квазистационарные состояния электрона в яме между барьерами. Энергетическая зависимость резонансного коэффициента прохождения. Резонансно-туннельный диод. Туннелирование электронов из квантовой ямы в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Тема 7. Кулоновская блокада туннелирования.

презентация , примерные вопросы:

Метод туннельного гамильтониана. Вероятность ухода электрона из одного металла в другой в единицу времени. Туннелирование через гранулу. Кондактанс туннельного контакта с затвором. Кулоновская блокада туннелирования через две гранулы.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Зачеты в соответствии с приведенной выше программой.

БИЛЕТЫ К ЗАЧЕТАМ

1. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.
2. Прямоугольная яма. Треугольная яма.
3. Двойная квантовая яма. Двумерный канал (микросужение).
4. Электронные состояния в структурах с периодически модулированной по-верхностью.
5. Квантовые структуры в магнитном поле. Плотность состояний.
6. Приближение эффективной массы в простой зоне.
7. Приближение эффективной массы в сложной зоне.
8. Модель Кейна.
9. Влияние деформации на электронный спектр.
10. Типы гетеропереходов. Граничные условия.
11. Электронные и дырочные состояния в подзонах размерного квантования ям и минизонах сверхрешеток.
12. Взаимодействие электромагнитного поля с электронами. Правила отбора.
13. Коэффициент поглощения при межзонных переходах. Экситонное поглощение.
14. Метод люминесценции для исследования энергетического спектра двумерных электронов.
15. Многофотонное поглощение в квантовых ямах. Лазеры на структурах с квантовыми ямами.
16. Двухбарьерные структуры. Коэффициенты отражения и прохождения.
17. Квазистационарные состояния электрона в яме между барьерами. Энергетическая зависимость резонансного коэффициента прохождения.
18. Резонансно-туннельный диод.
19. Туннелирование электронов из квантовой ямы в скрещенных электрическом и магнитном полях.
20. Метод туннельного гамильтониана.
21. Вероятность ухода электрона из одного металла в другой в единицу времени.
22. Туннелирование через гранулу.
23. Кондактанс туннельного контакта с затвором.

24. Кулоновская блокада туннелирования через две гранулы.

7.1. Основная литература:

1. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина Е.А. Нанoeлектроника: теория и практика: учебник. Издательство: Лаборатория знаний, 2013 г. <http://e.lanbook.com/view/book/42635/>
2. Кузнецов Н.Т., Новоторцев В.М., Жабрев В.А., Марголин В.И. Основы нанотехнологии. Издательство: Лаборатория знаний, 2014 г. <http://e.lanbook.com/view/book/66210/>
3. Шишкин Г.Г., Агеев И.М. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства. Издательство: Лаборатория знаний, 2014 г. <http://e.lanbook.com/view/book/66208/>

7.2. Дополнительная литература:

1. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники. Издательство: Физматлит, 2011 г. <http://e.lanbook.com/view/book/5258/>
2. Щука А.А. Нанoeлектроника. Издательство: Лаборатория знаний, 2012 г. <http://e.lanbook.com/view/book/4357/>

7.3. Интернет-ресурсы:

- журнал Наноструктуры. Математическая физика и моделирование - http://www.nano-journal.ru/Заглавная_страница
- Междисциплинарный научный сервер - <http://www.scientific.ru/>
- МФТИ / Кафедра теоретической физики / Библиотека / Учебно-методические пособия - <http://theorphys.mipt.ru/biblio/metodichki.html>
- Нанометр. Нанотехнологическое сообщество - <http://www.nanometer.ru/>
- Учебное пособие Физика низкоразмерных систем - <http://www.interkal.narod.ru/lowdimensional.pdf>
- Электронная библиотечная система КнигаФонд - <http://www.knigafund.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Специальный физический практикум" 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 лабораторных занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе Теоретическая и математическая физика .

Автор(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. _____

"__" _____ 201__ г.