

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

Специальный физический практикум М1.Б.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 654314

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 "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 " М1.Б.2 Общенаучный" основной образовательной программы 011200.68 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-9 (общекультурные компетенции) | способность к активной социальной мобильности, способностью к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, способностью к управлению научным коллективом |
| ОК-1 (общекультурные компетенции) | способность демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук |
| ОК-3 (общекультурные компетенции) | способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение |
| ПК-1 (профессиональные компетенции) | способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой) |
| ПК-2 (профессиональные компетенции) | способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности |
| ПК-11 (профессиональные компетенции) | способность руководить научно-исследовательской деятельностью студентов младших курсов и школьников в области физики |

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|--|---|
| ПК-5 (профессиональные компетенции) | способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки |

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

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет 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 | 2 | 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 | 4 | презентация |
| 3. | Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах. | 1 | 6-8 | 0 | 0 | 6 | презентация |
| 5. | Тема 5. Оптика квантовых структур. | 2 | 1-3 | 0 | 0 | 6 | презентация |
| 6. | Тема 6. Туннельные эффекты. | 2 | 4-6 | 0 | 0 | 6 | презентация |
| 7. | Тема 7. Кулоновская блокада туннелирования. | 2 | 7-9 | 0 | 0 | 4 | презентация |
| | Тема . Итоговая форма контроля | 1 | | 0 | 0 | 0 | зачет |
| | Тема . Итоговая форма контроля | 2 | | 0 | 0 | 0 | зачет |
| | Итого | | | 0 | 0 | 28 | |

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.

лабораторная работа (2 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 (4 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 (6 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 (6 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 (6 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 (4 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 | 14 | презентация |
| 2. | Тема 2. Квантовая механика простейших структур. | 1 | 4-5 | подготовка к презентации | 26 | презентация |
| 3. | Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах. | 1 | 6-8 | подготовка к презентации | 40 | презентация |
| 5. | Тема 5. Оптика квантовых структур. | 2 | 1-3 | подготовка к презентации | 36 | презентация |
| 6. | Тема 6. Туннельные эффекты. | 2 | 4-6 | подготовка к презентации | 36 | презентация |
| 7. | Тема 7. Кулоновская блокада туннелирования. | 2 | 7-9 | подготовка к презентации | 36 | презентация |
| | Итого | | | | 188 | |

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

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. Недопекин О.В., Лысогорский Ю.А., Петрова А.В. Введение в пользовательский интерфейс MedeA(c) (уч.-метод. пособие). [Электронный ресурс] / - 2011. - Казань. - КПФУ.
http://kpfu.ru/publication?p_id=39725
2. Прошин, Ю.Н. Численные методы и мат. моделирование: Лекционный материал. [Электронный ресурс] / Ю.Н.Прошин, С.К.Сайкин, Р.Г.Деминов - Казань, КФУ, Институт Физики, 2010. - 330 слайдов. http://mrsej.ksu.ru/pro/pdf_10/ChMMM_all_10.pdf
3. Гусев, А.И.. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. Издание 2-е, исправленное. Москва: Физматлит, 2009. 416 с.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009 г. <http://e.lanbook.com/view/book/2173/>

7.2. Дополнительная литература:

1. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. Издательство: Физматлит, 2009 г. <http://e.lanbook.com/view/book/2291/>
2. 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/>

7.3. 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 011200.68 "Физика" и магистерской программе Теоретическая и математическая физика .

Автор(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. _____

"__" _____ 201__ г.