

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Специальный физический практикум

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-3	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3	способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ
ОПК-4	способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-1	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	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
ПК-4	способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции
ПК-5	способностью использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей
ПК-7	способностью руководить научно-исследовательской деятельностью обучающихся бакалавров в области физики

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

теоретические основы физики низкоразмерных структур

Должен уметь:

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

Должен владеть:

навыками вычисления различных свойств низкоразмерных систем

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.Б.4 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Теоретическая и математическая физика)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 1 курсе в 1, 2 семестрах.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

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

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 72 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 108 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: отсутствует в 1 семестре; зачет во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.	1	0	0	10	20
2.	Тема 2. Квантовая механика простейших структур.	1	0	0	12	24
3.	Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах.	1	0	0	14	28
4.	Тема 4. Оптика квантовых структур.	2	0	0	10	10
5.	Тема 5. Туннельные эффекты.	2	0	0	12	12
6.	Тема 6. Кулоновская блокада туннелирования.	2	0	0	14	14
	Итого		0	0	72	108

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.

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.

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.

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 4. Оптика квантовых структур.

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 5. Туннельные эффекты.

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 6. Кулоновская блокада туннелирования.

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.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Кочелаев Б.И. Квантовая теория (Конспект лекций). - http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

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>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Тема 1. Основные типы низкоразмерных квантовых структур.

Обратить внимание на классификацию основных типов низкоразмерных квантовых структур - двумерные (слои), одномерные (нити и проволоки) и нульмерные (квантовые точки).

Тема 2. Квантовая механика простейших структур.

Рассматривается решение стационарного уравнения Шредингера для простейших структур: прямоугольная яма, треугольная яма, нити и точки, двойная квантовая яма. При помещении квантовой структуры в магнитное поле происходит изменение энергетического спектра и дисперсионного соотношения, что важно с точки зрения технических приложений.

Тема 3. Квантовые состояния в гетероструктурах.

Простым, но в тоже время важным, при рассмотрении гетероструктур является приближение эффективной массы. Обратить внимание на электронные и дырочные состояния в подзонах размерного квантования ям.

Тема 5. Оптика квантовых структур.

Большой интерес представляет многофотонное поглощение в квантовых ямах и лазеры на структурах с квантовыми ямами.

Тема 6. Туннельные эффекты.

Явление туннелирования находит применение в различных устройствах микро- и наноэлектроники. В этой связи необходимо рассмотреть такие 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.

При рассмотрении одноэлектронных устройств наноэлектроники существенным становится учет изменения электростатической энергии наночастиц (гранул), что может привести к кулоновской блокаде туннелирования через две гранулы.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

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

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.Б.4 Специальный физический практикум

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Основная литература:

1. Борисенко, В.Е. Нанозлектроника: теория и практика [Электронный ресурс] / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина, А.Л. Данилюк. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 369 с. -Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/84103>
2. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. - 400 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66210>
3. Шишкин, Г.Г. Нанозлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс] / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 411 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66208>

Дополнительная литература:

1. Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанозлектроники [Электронный ресурс] / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов. - М. : Физматлит, 2011. - 784 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5258>
2. Щука, А.А. Нанозлектроника. [Электронный ресурс] / А.А. Щука. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 345 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/84102>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.Б.4 Специальный физический практикум

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)
Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010
Браузер Mozilla Firefox
Браузер Google Chrome
Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC
Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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.