

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

Специальный лабораторный практикум по квантовой электронике БЗ.ДВ.9

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая радиофизика и квантовая электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Семашко В.В.

Рецензент(ы):

Низамутдинов А.С.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

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) ведущий научный сотрудник, д.н. (доцент) Семашко В.В. НИЛ магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулера Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Vadim.Semashko@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями учебной практики по квантовой радиофизике являются:

- а) практическое (экспериментальное) изучение физических явлений, эффектов и принципов, лежащих в основе квантовой радиофизики;
 - б) изучение современных экспериментальных методик, умение работать на научных приборах, оценивать достоверность результатов экспериментов;
 - в) закрепление и углубление теоретической подготовки в рамках курсов "Квантовая радиофизика", "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах" и "Специальные вопросы квантовой электроники";
 - в) приобретение практических навыков работы и компетенций в сфере квантовой радиофизики.
- ики.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.9 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Практикум выполняется в рамках цикла Б3 и курсов "Квантовая радиофизика", "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах" и "Специальные вопросы квантовой электроники" и призвана обеспечить закрепление и углубление теоретической подготовки, а также привить практические навыки работы и компетенции в области квантовой радиофизики, квантовой электроники, метрологии лазерного и оптического излучения, физики твердотельных лазеров и вопросов применения лазерной техники в различных областях человеческой деятельности.

Требования к входным знаниям - обучаемый должен обладать:

- способностью к грамотной письменной и устной коммуникации на русском языке (ОК-1);
- способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования (ОК-2);
- способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОК-8);
- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-10);
- способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии (ОК-12);
- способностью к овладению иностранным языком в объеме, достаточном для чтения и понимания оригинальной литературы по специальности (ОК-13),
- 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-14)

В частности, обучаемый должен иметь знания в объеме общей физики, высшей математики, теоретической и атомной физики.

Практикум завершает образование по специальности бакалавриата и предшествует курсам магистратур "Физика конденсированного состояния", "Физика магнитных явлений" и планируемой к открытию "Квантовая радиофизика".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ок-8	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности
пк-1	использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
пк-2	применять на практике базовые профессиональные навыки
пк-3	понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
пк-6	к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиоп физики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Принципы и практические способы создания инверсной заселенности и работы устройств квантовой электроники (оптических усилителей и оптических квантовых генераторов)

Основные схемы построения экспериментальных установок для исследования характеристик квантово-электронных устройств;

Основы обработки результатов измерений

2. должен уметь:

эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование;

применять на практике базовые знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки);

пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки);

анализировать и объяснять получаемые результаты экспериментов лабораторного практикума;

понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований;

составлять отчеты об экспериментальных исследованиях.

3. должен владеть:

основными методиками и навыками экспериментального исследования физических явлений квантовой радиоп физики.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

1) к постановке цели и выбору путей ее достижения, настойчивость в достижении цели (ОК-3);

2) к критическому переосмыслению накопленного опыта, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности (ОК-4);

3) работать самостоятельно и в коллективе, руководить людьми и подчиняться (ОК-6);

4) самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-10);

- 5) собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по соответствующим специальным, научным, социальным и этическим проблемам (ОК-11);
- 6) использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач (ПК-1);
- 7) применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2);
- 8) понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-3);
- 9) использовать основные методы радиофизических измерений (ПК-4);
- 10) к владению компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиофизики (в соответствии с профилизацией) (ПК-5);
- 11) к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники (ПК-6);
- 12) к проведению занятий в учебных лабораториях вузов (ПК-9);
- 13) к организации работы молодежных коллективов исполнителей (ПК-11)

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 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. Тема 1. 1) Оптический квантовый генератор на кристалле рубина 2) ОКГ на газовой смеси гелия и неона 3) Полупроводниковый инжекционный лазер (2 типа работ) 4) Энергетические характеристики лазера на иттрий алюминиевом гранате, активированном ионами трехвалентного						

неодима

8	1-8	18	0	18	

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. Тема 2. 5) Метрология лазерного излучения 6) Голография 7) Лазерное телевидение 8) Оптический усилитель	8	9-18	18	0	18	
·	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			36	0	36	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Тема 1. 1) Оптический квантовый генератор на кристалле рубина 2) ОКГ на газовой смеси гелия и неона 3) Полупроводниковый инжекционный лазер (2 типа работ) 4) Энергетические характеристики лазера на иттрий алюминиевом гранате, активированном ионами трехвалентного неодима

лекционное занятие (18 часа(ов)):

Лекции читаются доц. С.И.Никитиным Тема 1. Введение Предмет квантовой радиофизики Тема 2. Механизмы уширения спектральных линий. Релаксация Тема 3. Квантовая теория свободного электромагнитного поля лекционное занятие (6 часа(ов)): Тема 4. Квантовая теория взаимодействия электромагнитного поля с веществом Тема 5. Квантовые усилители Тема 6. Открытые резонаторы. Тема 7. Квантовые генераторы Тема 8. Твердотельные лазеры. Тема 9. Атомные лазеры. Тема 10. Полупроводниковые лазеры Тема 11. Перестраиваемые лазеры лекционное занятие (2 часа(ов)): Тема 12. Электронный парамагнитный резонанс

лабораторная работа (18 часа(ов)):

Изучается теория процессов в оптический квантовых генераторов на кристаллах рубина и иттрий алюминиевого граната, активированного ионами Nd³⁺, гелий-неонового, полупроводниковых лазеров, а также некоторых аспектов применения лазеров (голография, лазерное телевидение). Проводятся лабораторные работы по их наблюдению и исследованию их характеристик. Подробное описание лабораторных работ изложено в соответствующих методических указаниях

Тема 2. Тема 2. 5) Метрология лазерного излучения 6) Голография 7) Лазерное телевидение 8) Оптический усилитель

лекционное занятие (18 часа(ов)):

Лекции читаются доц. С.И.Никитиным Тема 1. Введение Предмет квантовой радиофизики
Тема 2. Механизмы уширения спектральных линий. Релаксация Тема 3. Квантовая теория свободного электромагнитного поля лекционное занятие (6 часа(ов)): Тема 4. Квантовая теория взаимодействия электромагнитного поля с веществом Тема 5. Квантовые усилители
Тема 6. Открытые резонаторы. Тема 7. Квантовые генераторы Тема 8. Твердотельные лазеры.
Тема 9. Атомные лазеры. Тема 10. Полупроводниковые лазеры Тема 11. Перестраиваемые лазеры лекционное занятие (2 часа(ов)): Тема 12. Электронный парамагнитный резонанс

лабораторная работа (18 часа(ов)):

Изучается теория процессов в оптический квантовых генераторов на кристаллах рубина и иттрий алюминиевого граната, активированного ионами Nd³⁺, гелий-неонового, полупроводниковых лазеров, а также некоторых аспектов применения лазеров (голография, лазерное телевидение). Проводятся лабораторные работы по их наблюдению и исследованию их характеристик. Подробное описание лабораторных работ изложено в соответствующих методических указаниях

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. Тема 1. 1) Оптический квантовый генератор на кристалле рубина 2) ОКГ на газовой смеси гелия и неона 3) Полупроводниковый инжекционный лазер (1.2 типа работ) 4) Энергетические характеристики лазера на иттрий алюминиевом гранате, активированном ионами трехвалентного неодима	8	1-8	Как правило, выполнение работ осуществляется в три этапа коллективом, состоящим из двух-трех студент	36	Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов
2.	Тема 2. Тема 2. 5) Метрология лазерного излучения 6) Голография 7) Лазерное телевидение 8) Оптический усилитель	8	9-18	Как правило, выполнение работ осуществляется в три этапа коллективом, состоящим из двух-трех студент	36	Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов
	Итого				72	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Самостоятельная работа студентов в современных физических лабораториях (включая работу в группах). Разбор результатов реальных экспериментов. Использование в профессиональной деятельности современных IT-технологий, включая компьютерные симуляции, интернет ресурсы. 100% аудиторных занятий проводятся в активно-интерактивной форме.

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

Тема 1. Тема 1. 1) Оптический квантовый генератор на кристалле рубина 2) ОКГ на газовой смеси гелия и неона 3) Полупроводниковый инжекционный лазер (2 типа работ) 4) Энергетические характеристики лазера на иттрий алюминиевом гранате, активированном ионами трехвалентного неодима

Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов , примерные вопросы:

Для получения допуска студент должен продемонстрировать знания техники безопасности при проведении экспериментов, принципов функционирования и конкретных приемов работы на предполагаемом к использованию экспериментальном оборудовании, применяемых экспериментальных методик. Защита результатов НИР по лабораторной работе заключается в демонстрации студентом знаний теории по предмету лабораторной работы, а также правильной и обоснованной интерпретации полученных экспериментальных результатов.

Тема 2. Тема 2. 5) Метрология лазерного излучения 6) Голография 7) Лазерное телевидение 8) Оптический усилитель

Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов , примерные вопросы:

Для получения допуска студент должен продемонстрировать знания техники безопасности при проведении экспериментов, принципов функционирования и конкретных приемов работы на предполагаемом к использованию экспериментальном оборудовании, применяемых экспериментальных методик. Защита результатов НИР по лабораторной работе заключается в демонстрации студентом знаний теории по предмету лабораторной работы, а также правильной и обоснованной интерпретации полученных экспериментальных результатов.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Самостоятельная работа студентов позволяет развить следующие компетенции:

при подготовке к получению допуска на выполнение лабораторных работ - ПК-1, ПК-2, ПК-3

при выполнении упражнений лабораторных работ - ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6

при подготовке к защите результатов лабораторной работы - ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ОК-8

при устных ответах на вопросы - ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ОК-8

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем получения студентами допуска к выполнению экспериментальной части каждой из работ практикума. Для получения допуска студент должен продемонстрировать знания техники безопасности при проведении экспериментов, принципов функционирования и конкретных приемов работы на предполагаемом к использованию экспериментальном оборудовании, применяемых экспериментальных методик. Максимальное число набираемых баллов для каждой из работ на этом этапе составляет до 20 баллов. Остальные 80 баллов за каждую из работ набираются по результатам проведения запланированных экспериментов (до 40 баллов) и по результатам усвоения теоретического материала (до 40 баллов). Окончательные результаты студента по данному специальному практикуму определяются путем суммирования заработанных баллов по каждой из работ и деления их на 8 для студентов кафедры квантовой электроники и радиоспектроскопии и на 4 для студентов других кафедр.

Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов, примерные вопросы:

Для получения допуска студент должен продемонстрировать знания техники безопасности при проведении экспериментов, принципов функционирования и конкретных приемов работы на предполагаемом к использованию экспериментальном оборудовании, применяемых экспериментальных методик. Защита результатов НИР по лабораторной работе заключается в демонстрации студентом знаний теории по предмету лабораторной работы, а также правильной и обоснованной интерпретации полученных экспериментальных результатов.

Список вопросов к лабораторным работам (к зачету):

а) Лабораторные работа "ОКГ на кристалле рубина"

1. Уравнение переноса излучения в усиливающей среде. Коэффициент усиления.
2. Инверсия населенностей.
3. Основные методы создания инверсии в средах. Трехуровневые системы.
4. Спектр мод резонатора.
5. Динамика процессов в лазере. Режим стационарной генерации.
6. Порог генерации, к.п.д. генерации.
7. Режим модуляции добротности.
8. Лазер на кристалле рубина.

б) Лабораторные работа "Гелий-неоновый ОКГ"

1. Спонтанное и вынужденное излучение.
2. Инверсия населенностей.
3. Принцип действия лазера.
4. Отличительные особенности газовых лазеров.
5. He-Ne лазер. Схема энергетических уровней атомов He и Ne. Механизмы накачки лазерных уровней атомов неона. Линии генерации.
6. Мощность излучения и КПД He-Ne лазера. Зависимость мощности излучения от тока разряда.

в) Лабораторная работа "Полупроводниковый инжекционный лазер"

1. Условие возникновения инверсии населенностей в полупроводниковых материалах.
2. Прямой и непрямой переходы. Почему в полупроводниковых лазерах используется в основном прямой переход?
3. Влияние температуры на работу полупроводниковых лазеров.
4. Устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера.
5. Отличие полупроводникового лазера на гомо- и гетеропереходе.
6. Порог генерации инжекционного лазера.
7. Области применения полупроводниковых лазеров.

г) Лабораторная работа "Голография"

1. Интерференция света.
2. Видность
3. Виды и влияние когерентности излучения на качество голограммы.
4. Методы записи голограмм.

д) Лабораторные работа "Метрология лазерного излучения" и "Лазерное телевидение"

1. Основные свойства лазерного излучения
2. Пространственная и временная когерентность. Длина когерентности.
3. Измерение когерентности световой волны.
4. Направленность лазерного излучения. Свойства пучка с гауссовым профилем.
5. Яркость лазерного излучения.
6. Поляризация лазерного излучения и методы ее измерения
7. Временные характеристики лазерного излучения и методы их измерения
8. Что такое цвет? Кривая цветности.

9. Принципы формирования цветного ТВ изображения.

е) Лабораторная работа "Лазер на иттрий-алюминиевом гранате"

1. Уравнение переноса излучения в усиливающей среде. Коэффициент усиления.
2. Инверсия населенностей.
3. Основные методы создания инверсии в средах. Трехуровневая система. Четырехуровневая система.
4. Спектр мод резонатора.
5. Динамика процессов в лазере. Режим стационарной генерации.
6. Порог генерации, КПД генерации, дифференциальный КПД генерации.
7. Режим модуляции добротности.
8. Лазер на кристалле иттрий алюминиевого граната с неодимом.

ж) Лабораторная работа "Оптический усилитель"

1. Квантовый генератор и квантовый усилитель, их назначения и различия.
2. Полоса пропускания усилителя бегущей волны.
3. Максимальная выходная мощность при усилении непрерывных сигналов.
4. Максимум выходной плотности энергии при импульсном режиме усиления.
5. Форма и длительность импульсов при усилении.

7.1. Основная литература:

1. Шука, А. А. Электроника / А.А. Шука. ? 2-е изд., перераб. и доп. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2008. ? 751 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0160-6.
<http://znanium.com/bookread.php?book=350420>
2. Ландсберг Г.С. Оптика / "Физматлит", 2010, 848 стр.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2238
3. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. / "Физматлит", 2004, 320 стр.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2674
4. Демтрёдер В., Современная лазерная спектроскопия (уч.пособие)/В.Демтрёдер,(пер. с англ.) - Долгопрудный: Интеллект,2014. - 1071с.
5. Физические основы электроники: Учебное пособие / В.В. Умрихин; Уником Сервис. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 304 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Технологический сервис). (переплет) ISBN 978-5-98281-306-0, 1000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=316836>
6. Игнатов, А. Н. Классическая электроника и наноэлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных, В. Я. Вайспапир, С. В. Воробьева. ? 2-е изд., стер. . М. : ФЛИНТА, 2012. ? 728 с. - ISBN 978-5-9765-0263-5.
<http://znanium.com/bookread.php?book=455216>

7.2. Дополнительная литература:

1. Н.В.Карлов, Лекции по квантовой электронике. М.: "Наука",1988.
2. Принципы лазеров = Principles of lasers : перевод с английского / О. Звелто ; Пер. Д. Н. Козлова, С. Б. Созинова, К. Г. Адамович; Под ред. Т. А. Шмаонова ., Издание 4-е ., Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008 , 720 с. : ил. ; 24 см
3. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - М. : Логос, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5.
<http://znanium.com/bookread.php?book=469025>

7.3. Интернет-ресурсы:

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -

<http://www.umup.narod.ru/cat20.html>

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -

http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=8224

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://www.knigafund.ru/>

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -

<http://lib.myilibrary.com/Home.aspxh>

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -

http://www.ph4s.ru/book_ph_spektroskop.html

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://www.natahaus.ru/>

электронная библиотечная система - <http://znanium.com>

электронная библиотечная система Издательства "Лань" - <http://e.lanbook.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Специальный лабораторный практикум по квантовой электронике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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.

Комплект лабораторного оборудования, созданный на кафедре квантовой электроники и радиоспектроскопии Института физики Казанского (Приволжского) Федерального университета

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):

Семашко В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Низамутдинов А.С. _____

"__" _____ 201__ г.