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.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Основы квантовых вычислений Б3.ДВ.10

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая радиофизика и квантовая электроника
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):

Малкин Б.З. , Соловьев О.В.

Рецензент(ы):

Кочелаев Б.И.

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 624814

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) профессор, д.н. (профессор) Малкин Б.З. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Boris.Malkin@kpfu.ru ; ассистент, к.н. Соловьев О.В. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Oleg.Solovyev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Основы квантовых вычислений являются:

овладение методами математического аппарата квантовой теории;

знание основ теории электронного строения атомов и ионов с открытыми электронными оболочками и конденсированных сред, необходимых для дальнейшего изучения базовых дисциплин (физика сплошных сред Б8, квантовая радиофизика Б14) и дисциплин по выбору (основ и методов оптической и магнитной спектроскопии и современных средств информатики ДВ 2, ДВ5).

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.10 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина Основы квантовых вычислений входит в число курсов по выбору, составляющих основу современной спектроскопии конденсированных сред. Для освоения дисциплины обучающиеся должны владеть аппаратом дифференциального и интегрального исчисления, методами решения дифференциальных уравнений (в том числе, в частных производных), знать основы теории вероятностей, владеть методами классической аналитической механики, владеть Лагранжевым и Гамильтоновым формализмами.

Освоение Основ квантовых вычислений необходимо для последующего изучения Квантовой радиофизики и методов магнитной и оптической спектроскопии

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-11 (общекультурные компетенции)	способность собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по соответствующим специальным, научным, социальным и этическим проблемам;
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии.
ОК-4 (общекультурные компетенции)	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности;
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность работать самостоятельно и в коллективе, способность к культуре социальных отношений;
ПК-1 (профессиональные компетенции)	научно-исследовательская деятельность: способность использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач;

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность к овладению методикой проведения учебных занятий в учреждениях системы среднего общего и среднего профессионального образования;
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки;
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования;
ПК-4 (профессиональные компетенции)	пособность использовать основные методы радиофизических измерений;
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность к владению компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиофизики (в соответствии с профилизацией);
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники;
ПК-7 (профессиональные компетенции)	научно-инновационная деятельность: способность к овладению методами защиты интеллектуальной собственности;
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность внедрять готовые научные разработки;
ПК-9 (профессиональные компетенции)	педагогическая деятельность: способность к проведению занятий в учебных лабораториях вузов;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

знать

2. должен уметь:

уметь решать уравнения движения квантовой механики для волновых функций и операторов физических величин

3. должен владеть:

владеть навыками решения задач о нахождении энергетического спектра и волновых функций парамагнитных ионов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Демонстрировать способность 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 в 7 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. Преобразования волновых функций при вращениях системы координат	7	1-3	0	6	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Атом водорода	7	4	0	2	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Вариационный метод в квантовой механике.	7	5	0	2	0	домашнее задание
4.	Тема 4. Теория стационарных возмущений.	7	6	0	2	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Нестационарная теория возмущений.	7	7-9	0	6	0	контрольная точка домашнее задание
6.	Тема 6. Волновые функции парамагнитных ионов	7	10-12	0	6	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Теория столкновений	7	13-14	0	4	0	домашнее задание
8.	Тема 8. Электрическое и магнитное дипольное излучение.	7	15-1818	0	8	0	домашнее задание контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Итого			0	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Преобразования волновых функций при вращениях системы координат

практическое занятие (6 часа(ов)):

Матричный формализм квантовой механики. Преобразование волновых функций и операторов, теория представлений. Представления Шредингера, Гейзенберга и взаимодействия. Матричное представление оператора момента импульса. Сложение моментов. Спектр и волновые функции линейного гармонического осциллятора. Преобразования волновых функций при вращениях системы координат.

Тема 2. Атом водорода

практическое занятие (2 часа(ов)):

Общая теория движения в центрально-симметрическом поле. Квантовая задача двух тел. Спектр и волновые функции связанных состояний электрона в атоме водорода. Вероятности значений физических наблюдаемых в основном и возбужденном состояниях атома водорода. Непрерывный спектр состояний электрона в атоме водорода.

Тема 3. Вариационный метод в квантовой механике.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Стационарное уравнение Шредингера как следствие вариационного принципа. Вариационный метод Ритца. Метод линейных комбинаций. Метод канонических преобразований.

Тема 4. Теория стационарных возмущений.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Случай невырожденного спектра. Условия применимости теории возмущений. Теория возмущений при наличии двух близких уровней. Теория возмущений в случае вырожденного спектра. Секулярное уравнение. Эффект Штарка для атома водорода.

Тема 5. Нестационарная теория возмущений.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Возмущения, зависящие от времени. Переходы системы в новые состояния под влиянием возмущения. Переходы в состояния с непрерывным спектром. Соотношение неопределенности для энергии и времени. Периодические и внезапные возмущения. Адиабатические возмущения. Теория естественной ширины линии.

Тема 6. Волновые функции парамагнитных ионов

практическое занятие (6 часа(ов)):

Уравнение Дирака. Момент импульса релятивистской частицы. Спин. Свойства операторов спина. Спиноры. Спин-орбитальное взаимодействие. Матричные элементы гамильтониана спин-орбитального взаимодействия. Магнитный момент электрона. Эффект Зеемана. Волновые функции системы тождественных частиц. Бозоны. Фермионы. Метод центрального поля в теории атомов. Связь Рассела-Саундерса. Расчет термов конфигураций эквивалентных электронов. Тонкая структура спектров. Метод Хартри-Фока в теории атомов. Химическая связь. Молекулярные орбитали.

Тема 7. Теория столкновений

практическое занятие (4 часа(ов)):

Сечение рассеяния в Борновском приближении. Кулоновский и короткодействующий потенциалы. Формула Резерфорда.

Тема 8. Электрическое и магнитное дипольное излучение.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Квантование электромагнитного поля. Решение уравнений Максвелла, нормальные координаты, гамильтониан. Квантование. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Калибровочная инвариантность. Поглощение и излучение фотонов атомами, соотношения Эйнштейна. Электрическое дипольное излучение. Спонтанные электрические дипольные переходы. Вынужденные электрические дипольные переходы.Магнитное дипольное излучение.

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. Преобразования волновых функций при вращениях системы координат	7	1-3	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
2.	Тема 2. Атом водорода	7	4	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
3.	Тема 3. Вариационный метод в квантовой механике.	7	5	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
4.	Тема 4. Теория стационарных возмущений.	7	6	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
5.	Тема 5. Нестационарная теория возмущений.	7	7-9	подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	3	контрольная работа
6.	Тема 6. Волновые функции парамагнитных ионов	7	10-12	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
7.	Тема 7. Теория столкновений	7	13-14	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Электрическое и магнитное дипольное излучение.	7	15-1818	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Практические занятия, решение типовых задач, самостоятельная работа, контрольные работы

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

Тема 1. Преобразования волновых функций при вращениях системы координат

домашнее задание , примерные вопросы:

Вычислить энергию линейного гармонического осциллятора в состоянии с волновой функцией, являющейся собственной функцией оператора понижения.

Тема 2. Атом водорода

домашнее задание , примерные вопросы:

1.Вычислить компоненты тензора градиента электрического поля электрона на протоне в атоме водорода, если электрон находится в состоянии n=2, l=1, lz=0. 2. Найти энергию электрона в атоме водорода с главным квантовым числом n=2, если энергия взаимодействия с внешним полем равна V=a*(x^2-y^2) (a - константа, x,y - координаты электрона относительно ядра), в первом порядке по константе a.

Тема 3. Вариационный метод в квантовой механике.

домашнее задание , примерные вопросы:

Вычислить энергию основного состояния линейного гармонического осциллятора, рассмотрев в качестве пробной функцию A*exp(-x^2/a).

Тема 4. Теория стационарных возмущений.

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Нейтральная частица со спином 1/2 находится в однородном магнитном поле, вращающемся вокруг оси z: B=(B1*cos(wt), B1*sin(wt), B0). В момент времени t=0 проекция спина на ось z была равна +1/2. Найти вероятность перехода частицы к моменту времени t в состояние с проекцией спина на ось z, равной -1/2.

Тема 5. Нестационарная теория возмущений.

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Вычислить естественную ширину линии излучения атома водорода на переходе 3d -2p. 2. Частица со спином S = 1/2 находится во внешнем магнитном поле B || z в состоянии Sz =-1/2. В момент времени t = 0 включается переменное магнитное поле Bx = bsin(wt). Найти вероятность обнаружить частицу в состоянии Sz =1/2 при t>0.

контрольная работа , примерные вопросы:

Примеры задач см. ниже в пункте Прочее

Тема 6. Волновые функции парамагнитных ионов

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Найти потенциал электрического поля на расстоянии R от ядра атома гелия в состоянии |2p2, S=0, L=2, J=2, Jz=1>. 2. Две частицы со спином 1/2 находятся в следующем состоянии: спин первой направлен вдоль оси z, а спин второй направлен вдоль оси, составляющей с осью z угол a. Найти вероятности обнаружить систему в синглетном и триплетном состояниях по полному спину.

Тема 7. Теория столкновений

домашнее задание , примерные вопросы:

Найти дифференциальное сечение упругого рассеяния частицы с массой M и с зарядом Z, с начальной скоростью V, на атоме водорода в состоянии 2s без изменения состояния атома.

Тема 8. Электрическое и магнитное дипольное излучение.

домашнее задание , примерные вопросы:

В спектре поглощения 4f135d-4f14 иона Lu3+ видны 35 линий электрических дипольных переходов. Какова поляризация падающего излучения?

контрольная работа , примерные вопросы:

Примеры задач см. ниже в пункте Прочее

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Регламент БРС

1 Домашние задания 20 баллов

2 Контрольные работы 30 баллов

3 Зачет 50 баллов

Примерные задачи для контрольных работ.

1. Вычислить коммутатор [pz,lz^2], где lz - оператор проекци момента импульса, и pz - компоненты импульса частицы в декартовой системе координат.

2. Найти значение функции F(x)=exp(ia*px)*(x-2)^2 при x=1 (px - оператор проекции импульса на ось x).

3. Найти среднее значение кинетической энергии электрона в атоме водорода в основном состоянии.

4. Оператор Гамильтона частицы со спином S=1/2 равен H=a*Sx+b*Sy, волновая функция частицы равна (A; B). С какой вероятностью частица находится в основном состоянии?

5. Найти распределение вероятностей для компонент импульса частицы, если её волновая функция равна A*exp(-a*(x^2+y^2)-ib*z).

6. Найти распределение вероятностей для компонент импульса линейного гармонического осциллятора с массой m и частотой w в основном состоянии.

7. Найти распределение вероятностей для компонент импульса линейного гармонического осциллятора с массой m и частотой w в первом возбужденном состоянии.

8. Найти энергию состояний с нулевым моментом импульса для частицы с массой m, если потенциальная энергия частицы равна нулю внутри сферы с радиусом a и бесконечно большая вне этой сферы.

9. Найти вероятность пребывания электрона в классически запрещенной области (т.е. в области, в которой его полная энергия меньше потенциальной энергии) в основном состоянии атома водорода.

10. Найти уровни энергии и волновые функции частицы с моментом импульса l=1, если гамильтониан частицы равен H=b*lz^2+b*(lx^2-ly^2),

где a и b - постоянные.

11. Найти среднее значение потенциальной энергии электрона в атоме водорода в основном состоянии.

12. Найти коэффициент отражения частицы с массой m от потенциальной ямы (потенциальная энергия частицы при движении вдоль оси x равна нулю везде, кроме области 0<x<a, где она равна -U, U>0).

13. Волновая функция частицы с массой M равна Cexp(-r/p). Найти среднее значение кинетической энергии частицы.

14. Потенциальная энергия частицы с массой m равна V(x)=a|x|. Оценить энергию основного состояния, используя соотношение неопределенности.

15. Гамильтониан частицы в электромагнитном поле с потенциалами A(r,t), phi(r,t) равен H=(p-eA/c)^2/2m+e*phi. Найти оператор ускорения частицы.

Вопросы к зачету:

1. Матричное представление оператора момента импульса. Сложение моментов.

2. Преобразования волновых функций при вращениях системы координат.

3. Квантовая задача двух тел. Спектр и волновые функции связанных состояний электрона в атоме водорода.

4. Непрерывный спектр состояний электрона в атоме водорода.

5. Стационарное уравнение Шредингера как следствие вариационного принципа.

6. Вариационный метод Ритца. Метод линейных комбинаций.

7. Теория стационарных возмущений. Случай невырожденного спектра. Условия применимости теории возмущений.

8. Теория возмущений при наличии двух близких уровней.

9. Теория возмущений в случае вырожденного спектра.

10. Эффект Штарка для атома водорода.

11. Возмущения, зависящие от времени. Переходы системы в новые состояния под влиянием возмущения.

12. Периодические и внезапные возмущения. Адиабатические возмущения.

13. Теория естественной ширины линии.

14. Уравнение Дирака. Момент импульса релятивистской частицы. Спин.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

15. Спин-орбитальное взаимодействие. Матричные элементы гамильтониана спин-орбитального взаимодействия.
16. Магнитный момент электрона. Эффект Зеемана.
17. Метод центрального поля в теории атомов. Связь Рассела-Саундерса.
18. Метод Хартри-Фока в теории атомов.
19. Сечение рассеяния в Борновском приближении.
20. Квантование электромагнитного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов.
21. Спонтанные электрические дипольные переходы. Вынужденные электрические дипольные переходы.
22. Магнитное дипольное излучение.

7.1. Основная литература:

1. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: Учеб. пос. / С.И.Кузнецов, А.М.Лидер - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузов. учеб.: НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 212 с.: 60x90 1/16.(п) ISBN 978-5-9558-0350-0, 500 экз. http://www.znanium.com/bookread.php?book=438135

2. Давыдов А. С. Квантовая механика: учеб. пособие. - 3 изд., стереотипное. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 704 с.: ил. - (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0548-2. http://znanium.com/bookread.php?book=351130

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

7.2. Дополнительная литература:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика, т. 3 Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М. Наука, 2009

2. Кочелаев Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев; Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф теорет. физики.-[2-е изд., перераб., доп. и испр.].-Казань: [Казанский университет], 2013.-222 с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Lecture notes in Quantum Mechanics. D Cohen - D Cohen arXiv:quant-ph/0605180 (2006)

Новая электронная библиотека - http://www.newlibrary.ru

Образовательный проект А.Н. Варгина - http://www.ph4s.ru/index.html

сайт кафедры теоретической физики - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5721

ЭБС КнигаФонд - http://www.knigafund.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы квантовых вычислений" 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 оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе " БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС " БиблиоРоссика " представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и 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 "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.

Учебные аудитории для проведения занятий.

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):
Малкин Б.З. _____
Соловьев О.В. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Кочелаев Б.И. _____
"__" _____ 201 __ г.