

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
Техника радиоспектроскопии Б1.В.ДВ.6

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Дуглав А.В.

Рецензент(ы):

Егоров А.В.

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 64319

Казань
2019

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) Дуглав А.В. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем, Alexander.Dooglav@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Техника радиоспектроскопии" являются

- ознакомление с качественной картиной явления ЯМР и ЭПР;
- изучение блок-схем и принципов действия мостовых и автодинных датчиков ЯМР, а также датчиков, построенных по принципу Q-метра;
- изучение принципов импульсного ЯМР и ЭПР;
- изучение устройства и принципов работы основных функциональных узлов стационарных и импульсных спектрометров ЯМР и ЭПР.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Профессиональный цикл БЗ. Необходимые "входные" знания: курс по радиоэлектронике, знание базовых схем радиоэлектронных устройств. Освоение данной дисциплины необходимо для всех последующих курсов, в которых рассматриваются вопросы, связанные с измерением спектров ЭПР и ЯМР, а также интерпретации результатов их измерений.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии
ОК-14 (общекультурные компетенции)	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-8 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- знать качественную картину явления ЯМР и ЭПР;
- знать блок-схемы и принципы действия мостовых и автодинных датчиков ЯМР, а также датчиков, построенных по принципу Q-метра;
- знать принципы импульсного ЯМР и ЭПР;
- знать устройство и принципы работы основных функциональных узлов стационарных и импульсных спектрометров ЯМР и ЭПР.

2. должен уметь:

самостоятельно разбираться в блок-схемах спектрометров ЯМР и ЭПР

3. должен владеть:

терминологией, принятой в технике радиоспектроскопии

4. должен демонстрировать способность и готовность:

углубленного самостоятельного изучения появляющихся новых технических подходов в создании спектрометров ЯМР и ЭПР

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. Введение. Явление магнитного резонанса.	7	1	1	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Спиновый детектор ЯМР, работающий по принципу Q-метра.	7	2-3	2	0	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Спиновый детектор ЯМР автодинного типа.	7	4	1	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Спектрометр стационарного ЯМР с двойной модуляцией магнитного поля.	7	5-6	2	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Явление спинового эха. Импульсный ЯМР-спектрометр.	7	7-9	2	0	0	Тестирование
6.	Тема 6. Основные узлы СВЧ-тракта спектрометра ЭПР.	7	10	2	1	0	Устный опрос
7.	Тема 7. СВЧ-генераторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.	7	11	2	2	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.	7	12	1	2	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп: блок-схема, принцип действия.	7	13	1	2	0	Устный опрос
11.	Тема 11. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля.	7	14-15	2	4	0	Устный опрос
12.	Тема 12. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.	7	16	1	2	0	Устный опрос
13.	Тема 13. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР и ЯМР при низких и сверхнизких температурах.	7	17	1	2	0	Устный опрос
14.	Тема 14. Вспомогательные приборы.	7	18	1	2	0	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			19	17	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Явление магнитного резонанса.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Введение. Явление ЭПР и ЯМР. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение. Сходство и различия. Величина резонансного поглощения.

Тема 2. Спиновый детектор ЯМР, работающий по принципу Q-метра.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Простейшая и мостовая схема спинового детектора. Настройка мостового спинового детектора на измерение ЯМР-поглощения и дисперсии.

Тема 3. Спиновый детектор ЯМР автодинного типа.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Понятие автодинного генератора. Требование к схемам генератора, работающего в качестве автодинного спинового детектора.

Тема 4. Спектрометр стационарного ЯМР с двойной модуляцией магнитного поля.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Увеличение чувствительности спектрометра. Двойная модуляция магнитного поля. Требования к частоте и глубине модуляции. Синхронное детектирование.

Тема 5. Явление спинового эха. Импульсный ЯМР-спектрометр.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Классическое описание явления спинового эха. Создание мощных ВЧ-импульсов. Согласование контура с передатчиком. Защита приемника. Требования к колебательному контуру. Когерентный спектрометр. Квадратурное детектирование.

Тема 6. Основные узлы СВЧ-тракта спектрометра ЭПР.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Волноводы, соединение волноводов, дроссельный фланец. Атенюаторы, ответвители. Ферритовые элементы: вентили, циркуляторы. Трансформаторы полных сопротивлений.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Измерение основных характеристик поляризационного аттенюатора и ферритового вентиля на основе спешения поля.

Тема 7. СВЧ-генераторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Отражательный клистрон. Современные источники СВЧ. Генераторы на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Знакомство с практическими схемами генераторов на диоде Ганна.

Тема 8. Резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Прямоугольные и круглые цилиндрические резонаторы. Собственная, внешняя, нагруженная добротность резонатора. Факторы, влияющие на добротность. Размещение образца в резонаторе. Коэффициент заполнения. Диэлектрический резонатор.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Знакомство с практическими конструкциями резонаторов.

Тема 9. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп: блок-схема, принцип действия.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Спектрометры проходного и отражательного типа, их блок-схемы. Назначение элементов спектрометра.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Сравнение чувствительности спектрометров проходного и отражательного типа.

Тема 11. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Типы шумов. Шум детектора, СВЧ-генератора. Микрофонный шум. Минимизация шумов. Увеличение чувствительности спектрометра. Двойная модуляция магнитного поля. Требования к частоте и глубине модуляции. Синхронное детектирование. Система АПЧ спектрометра: назначение, блок-схема.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое сравнение чувствительности спектрометров ЭПР X- и W-диапазонов.

Тема 12. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР. Создание РЧ-поля на образце, помещенном в СВЧ-резонатор.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Определение диапазона радиочастот, необходимых для наблюдения ДЭЯР на различных ядрах (собственных и лигандных) на спектрометра X- и W-диапазона.

Тема 13. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР и ЯМР при низких и сверхнизких температурах.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Проточные и погружные гелиевые криостаты. Антикриостат. Измерение температуры.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое изучение конструкции проточных и погружных гелиевых криостатов.

Тема 14. Вспомогательные приборы.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Вспомогательные приборы. Измерения магнитного поля, сверхвысокой частоты, температуры.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое изучение конструкции измерителей магнитного поля Ш1-1, Ш1-9, гетеродинных частотомеров Ч3-68, Ч3-69

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. Введение. Явление магнитного резонанса.	7	1	Чтение рекомендованной литературы	2	устный опрос
2.	Тема 2. Спиновый детектор ЯМР, работающий по принципу Q-метра.	7	2-3	Чтение рекомендованной литературы	4	устный опрос
3.	Тема 3. Спиновый детектор ЯМР автодинного типа.	7	4	Чтение рекомендованной литературы	2	устный опрос
4.	Тема 4. Спектрометр стационарного ЯМР с двойной модуляцией магнитного поля.	7	5-6	Чтение рекомендованной литературы	4	устный опрос
5.	Тема 5. Явление спинового эха. Импульсный ЯМР-спектрометр.	7	7-9	подготовка к тестированию	4	тестирование

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Основные узлы СВЧ-тракта спектрометра ЭПР.	7	10	Чтение рекомендованной литературы	4	устный опрос
7.	Тема 7. СВЧ-генераторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.	7	11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.	7	12	Чтение рекомендованной литературы	2	устный опрос
9.	Тема 9. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп: блок-схема, принцип действия.	7	13	подготовка к тестированию	4	устный опрос
11.	Тема 11. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля.	7	14-15	подготовка к устному опросу	2	Устный опрос
12.	Тема 12. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.	7	16	подготовка к устному опросу	2	Устный опрос
13.	Тема 13. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР и ЯМР при низких и сверхнизких температурах.	7	17	подготовка к устному опросу	2	Устный опрос
14.	Тема 14. Вспомогательные приборы.	7	18	подготовка к устному опросу	2	Устный опрос
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курсы лекций и практических занятий, 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. Введение. Явление магнитного резонанса.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекции и главы 2 книги А.Леше "Ядерная индукция" (ОК-10, ОК-12, ОК-8)

Тема 2. Спиновый детектор ЯМР, работающий по принципу Q-метра.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций, главы 3 книги Ч.Пул "Техника ЭПР", главы 8 книги И.В.Лебедев "Техника и приборы СВЧ". (ОК-10, ОК-12, ОК-8)

Тема 3. Спиновый детектор ЯМР автодинного типа.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций, главы 2, §3 книги А.Леше "Ядерная индукция". (ОК-10, ОК-12, ОК-8)

Тема 4. Спектрометр стационарного ЯМР с двойной модуляцией магнитного поля.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций

Тема 5. Явление спинового эха. Импульсный ЯМР-спектрометр.

тестирование , примерные вопросы:

Тест на понимание явления ЯМР и блок-схем различных спиновых детекторов. Примерные вопросы тестов прилагаются. (ОК-10, ОК-12, ОК-14, ОК-8, ПК-2, ПК-3)

Тема 6. Основные узлы СВЧ-тракта спектрометра ЭПР.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекции и главы 11 книги Ч.Пул "Техника ЭПР" (ОК-10, ОК-12, ОК-8)

Тема 7. СВЧ-генераторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка понимания принципа работы генераторов СВЧ. (ОК-10, ОК-12, ОК-14, ОК-8, ПК-2, ПК-3). Проверка усвоения материала лекций и главы 2 книги Ч.Пул "Техника ЭПР". Проработка разделов книги Л.Г.Гассанов, А.А.Липатов, В.В.Марков, Н.А.Могильченко, "Твердотельные устройства СВЧ в технике связи", касающиеся генераторов на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна (ОК-10, ОК-12, ОК-14, ОК-8)

Тема 8. Резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций. (ОК-10, ОК-12, ОК-8)

Тема 9. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп: блок-схема, принцип действия.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций, главы 4 книги Ч.Пул "Техника ЭПР", главы 3, 4 книги И.В.Лебедев "Техника и приборы СВЧ". (ОК-10, ОК-12, ОК-8)

Тема 11. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля.

Устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций

Тема 12. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.

Устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций

Тема 13. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР и ЯМР при низких и сверхнизких температурах.

Устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций

Тема 14. Вспомогательные приборы.

Устный опрос , примерные вопросы:

Проверка усвоения материала лекций

Итоговая форма контроля

зачет (в 7 семестре)

Примерные вопросы к зачету:

Зачет в соответствии с приведенной выше программой; контрольные тесты, формируемые на основе следующей литературы:

1. Ч.Пул. Техника ЭПР-спектроскопии. М., "Мир", 1970.
3. И.В.Лебедев. Техника и приборы СВЧ. М., 1970.
7. E.Fukushima, S.B.W.Roeder. Experimental Pulse NMR: A Nuts and Bolts Approach. Addison Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1981.

Образцы вопросов теста:

1. На какие параметры колебательного контура влияет действительная часть восприимчивости спиновой системы?
2. Каково главное достоинство спинового детектора, построенного по принципу Q-метра?
3. На какие параметры колебательного контура влияет мнимая часть восприимчивости спиновой системы?
4. Каков главный недостаток автодинного спинового детектора?
5. Для чего в стационарных спектрометрах ЯМР применяется мелкая модуляция магнитного поля на частоте в несколько сот герц?

Вопросы на зачет:

1. Явление ЭПР и ЯМР. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение.
2. Влияние ЯМР-поглощения на свойства колебательного контура. Величина резонансного поглощения.
3. Спиновый детектор, работающий по принципу Q-метра.
4. Мостовая схема спинового детектора. Настройка на регистрацию поглощения или дисперсии.
5. Спектрометр ЯМР автодинного типа.
6. Спектрометр ЯМР с двойной модуляцией магнитного поля. Синхронное детектирование.
7. Явление спинового эха.
8. Импульсный спектрометр ЯМР, блок-схема. Согласование контура с выходом передатчика и входом приемника.
9. Переключение контура с выхода передатчика на вход приемника. Защита приемника от перегрузок.
10. Основные узлы СВЧ-тракта спектрометра ЭПР. Волноводы, основной тип волны, структура поля, токи в стенках.
11. Атенюаторы, ответвители.
12. Ферритовые элементы: вентили, циркуляторы.
13. Трансформаторы полных сопротивлений.
14. Отражательный клистрон.
15. Генераторы на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна.
16. Резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР. Прямоугольный резонатор с колебаниями типа H102. Структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе.
17. Резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР. Круглый цилиндрический резонатор с колебаниями типа H011. Структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе.
18. Собственная, внешняя, нагруженная добротность резонатора. Факторы, влияющие на добротность. Размещение образца в резонаторе.
19. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп проходного типа: блок-схема, принцип действия.
20. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля. Синхронное детектирование. Способы создания ВЧ модуляции.
21. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.
22. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР при низких и сверхнизких температурах.

23. Измерения магнитного поля, сверхвысокой частоты, температуры.

7.1. Основная литература:

1. М.М.Зарипов Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса в кристаллах: курс лекций. / М.М.Зарипов // - Казань: Казан.гос.ун-т, 2009. 212 с. : ил. ; 21 см. Библиогр.: с. 205-206 (24 назв.) . ISBN 978-5-98180-707-7, 225.
2. Электронные приборы и устройства: Учебник / Ф.А. Ткаченко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 682 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004658-7. <http://znanium.com/bookread.php?book=209952>
3. Физико-химические основы технологии строительных материалов: Учебно-методическое пособие / Я.Н. Ковалев. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 285 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005580-0. <http://znanium.com/bookread.php?book=278683>

7.2. Дополнительная литература:

1. Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Электрон. дан. Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. 261 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94103>
2. Робертс Д. Ядерный магнитный резонанс - М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961 - 137с.

7.3. Интернет-ресурсы:

- Википедия - <http://ru.wikipedia.org>
Все для студента - <http://www.twirpx.com/>
Научная библиотека им. Н.И.Лобачевского - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5056
Техника ЭПР-спектроскопии - <http://knigi.tr200.net/v.php?id=1125210>
Электронно-библиотечная система - <http://ibooks.ru>
Электронные книги - <http://eknigi.org/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Техника радиоспектроскопии" 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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, методички, Интернет

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Физика магнитных явлений .

Автор(ы):

Дуглав А.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Егоров А.В. _____

"__" _____ 201__ г.