

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. Тагиров Д.А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Основы теории спектров электронного магнитного резонанса Б1.В.ДВ.10

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Орлинский С.Б.

Рецензент(ы):

-

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 618317

Казань
2017

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) Орлинский С.Б. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем, Sergei.Orlinskii@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Основной целью курса "Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса" является дать студентам знания о применении электронного парамагнитного резонанса для решения актуальных задач науки, промышленности и практической медицины. Для достижения этой цели студентам требуется дать знания о принципах ЭПР, о влиянии структуры вещества на спектры и релаксационные характеристики магнитного резонанса. Приводятся примеры применения полученных студентами знаний для изучения структуры твердых тел, химических соединений, биомедицинских объектов.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина "Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса" относится к профессиональному циклу. Она имеет как фундаментальное, так и прикладное значение в системе радиофизического образования.

Эта дисциплина связана со следующими дисциплинами: материаловедение, кристаллография, квантовая механика, основы теории колебаний, теоретическая механика.

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 - большую роль в курсе "Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса" играет самостоятельная работа по изучению теории ЭПР, а также самотестирование студентов с использованием современных интернет-технологий
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии - в курсе "Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса" объясняется большое количество общенаучных и специальных терминов, относящихся к теории ЭПР
ОК-2 (общекультурные компетенции)	способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования - в курсе "Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса" приводятся варианты применения курса в будущей профессиональной деятельности. Кроме этого курс является обобщением и систематизацией ранее полученных знаний, что позволяет студенту выстроить более цельную физическую картину мира. Выполнение самостоятельной работы стимулирует к профессиональному саморазвитию

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-4 (общекультурные компетенции)	способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности - в курсе "Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса" постоянно сравниваются теория и новые экспериментальные данные - побуждая студентов критически переосмысливать накопленный опыт
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности - курс "Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса" содержит основы математического аппарата, позволяющего анализировать физические, химические и биологические парамагнитные системы

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

потенциал кристаллического поля и взаимодействиях внутри атома, ответственных за спектры ЭПР.

2. должен уметь:

интерпретировать спектры ЭПР, магнитные свойства примесных ионов

3. должен владеть:

Методиками спинового гамильтониана, расчетами тонкой, сверхтонкой и суперсверхтонкой структур ЭПР

4. должен демонстрировать способность и готовность:

К овладению основными методами квантовой радиофизики

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен 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	
	Тема 1. Краткий обзор						

теории атома. Приближение центрального поля термы. Спин-орбитальное взаимодействие.

доклад

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. Расщепление термов внутрикристаллическим электрическим полем разной симметрии.	8	2-6	6	3	0	Научный доклад
3.	Тема 3. Вывод спинового гамильтониана в случае невырожденного орбитального уровня.	8	7	2	4	0	Научный доклад
4.	Тема 4. Вывод спинового гамильтониана в случае вырожденного орбитального состояния.	8	8	1	4	0	Научный доклад
5.	Тема 5. Точные решения спинового гамильтониана: тонкая структура спектра ЭПР.	8	9	1	4	0	Научный доклад
6.	Тема 6. Точные решения спинового гамильтониана: сверхтонкая структура спектра ЭПР	8	10	1	4	0	Научный доклад
7.	Тема 7. Решение спинового гамильтониана в случае сильного магнитного поля: тонкая структура спектра ЭПР.	8	11	1	4	0	Научный доклад
8.	Тема 8. Решение спинового гамильтониана в случае слабого магнитного поля.	8	12	1	4	0	Научный доклад
9.	Тема 9. "Запрещенные" переходы: тонкая структура спектра ЭПР.	8	13	1	4	0	Научный доклад
10.	Тема 10. "Запрещенные" переходы: сверхтонкая структура спектра ЭПР.	8	14	1	4	0	Научный доклад

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Спектроскопия ЭПР квартета Г .	8	15	1	4	0	Научный доклад
12.	Тема 12. Идентификация спектров ЭПР. Условия их наблюдения (3d ,4f - ионы.)	8	16	1	4	0	Научный доклад
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			18	46	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Краткий обзор теории атома. Приближение центрального поля термы. Спин-орбитальное взаимодействие.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Иметь представление об открытиях, предшествующих ЭПР. Пространственное квантование спинов (Штерн и Герлах). Квантовые переходы между магнитными подуровнями под влиянием равновесного излучения (Эйнштейн и Эренфест). Основы квантовой теории парамагнитной релаксации в твердых телах (Валлер). 4. Дисперсия и нерезонансное поглощение радиоволн парамагнетиками, находящихся в постоянном магнитном поле (Гортен). 5. Резонансное поглощение радиоволн в молекулярных пучках (Раби).

практическое занятие (3 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 2. Расщепление термов внутрикристаллическим электрическим полем разной симметрии.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Найти выражения параметров спинового гамильтониана для иона Cr³⁺, находящегося в центре октаэдра Z параллельно C. Найти выражения параметров спинового гамильтониана для иона Cr³⁺, находящегося в центре октаэдра Z параллельно C. Найти величину g - фактора иона Co²⁺, находящегося в центре октаэдра Z параллельно C. Найти выражения параметров спинового гамильтониана иона Co²⁺, находящегося в центре куба Z параллельно C. Найти расщепление и собственные функции F- термина в электрическом поле кубической симметрии Z параллельно C.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 3. Вывод спинового гамильтониана в случае невырожденного орбитального уровня.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Найти выражение спинового гамильтониана для иона Ni²⁺, находящегося в центре куба Z параллельно C.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 4. Вывод спинового гамильтониана в случае вырожденного орбитального состояния.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Найти выражение параметров спинового гамильтониана для иона Ti , находящегося в центре тетраэдра Z параллельно C .

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 5. Точные решения спинового гамильтониана: тонкая структура спектра ЭПР.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Найти выражение параметров спинового гамильтониана для иона Cu , находящегося в центре октаэдра искаженного вдоль оси C .

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 6. Точные решения спинового гамильтониана: сверхтонкая структура спектра ЭПР

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Объяснить причины появления в тонкой структуре спектра ЭПР "запрещенных" линий.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 7. Решение спинового гамильтониана в случае сильного магнитного поля: тонкая структура спектра ЭПР.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Объяснить причины появления в сверхтонкой структуре спектра ЭПР "запрещенных" линий.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 8. Решение спинового гамильтониана в случае слабого магнитного поля.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Решить задачу Брейта - Раби.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 9. "Запрещенные" переходы: тонкая структура спектра ЭПР.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Решить обобщенную задачу Брейта ?Раби

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 10. "Запрещенные" переходы: сверхтонкая структура спектра ЭПР.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

При каких условиях и почему у иона Fe наблюдается изотропный g -фактор равный 4,27.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 11. Спектроскопия ЭПР квартета G .

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Найти выражение параметров спинового гамильтониана для иона Ti , находящегося в центре куба Z параллельно C .

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

Тема 12. Идентификация спектров ЭПР. Условия их наблюдения ($3d$, $4f$ - ионы.)

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Найти уровни энергии, волновые функции иона с $S = 5/2$, находящегося в электрическом поле кубической симметрии при H параллельно Z , X, Y .

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численный расчет спектров ЭПР по материалам лекций в среде EasySpin

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. Краткий обзор теории атома. Приближение центрального поля термы. Спин-орбитальное взаимодействие.	8	1	Пространственное квантование спинов (Штерн и Герлах).	4	научный доклад
2.	Тема 2. Расщепление термов внутрикристаллическим электрическим полем разной симметрии.	8	2-6	Квантовые переходы между магнитными подуровнями под влиянием равновесного излучения (Эйнштейн и Э)	4	научный доклад
3.	Тема 3. Вывод спинового гамильтониана в случае невырожденного орбитального уровня.	8	7	Основы квантовой теории парамагнитной релаксации в твердых телах (Валлер).	4	научный доклад
4.	Тема 4. Вывод спинового гамильтониана в случае вырожденного орбитального состояния.	8	8	Дисперсия и нерезонансное поглощение радиоволн парамагнетиками, находящихся в постоянном магнитном	4	научный доклад
5.	Тема 5. Точные решения спинового гамильтониана: тонкая структура спектра ЭПР.	8	9	Резонансное поглощение радиоволн в молекулярных пучках (Раби).	4	научный доклад
6.	Тема 6. Точные решения спинового гамильтониана: сверхтонкая структура спектра ЭПР	8	10	Многочлены Лагерра	4	научный доклад

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Решение спинового гамильтониана в случае сильного магнитного поля: тонкая структура спектра ЭПР.	8	11	Операторы Лапласа	4	научный доклад
8.	Тема 8. Решение спинового гамильтониана в случае слабого магнитного поля.	8	12	Определите, на каком расстоянии от ядра с наибольшей вероятностью можно обнаружить электрон в ат	4	научный доклад
9.	Тема 9. "Запрещенные" переходы: тонкая структура спектра ЭПР.	8	13	Определите потенциал электрического поля для основного состояния атома водорода на различных расстоя	4	научный доклад
10.	Тема 10. "Запрещенные" переходы: сверхтонкая структура спектра ЭПР.	8	14	подготовка к научному докладу	4	научный доклад
11.	Тема 11. Спектроскопия ЭПР квартета Г .	8	15	подготовка к научному докладу	2	научный доклад
12.	Тема 12. Идентификация спектров ЭПР. Условия их наблюдения (3d ,4f - ионы.)	8	16	подготовка к научному докладу	2	научный доклад
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные и практические занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. Занятия проводятся в интерактивной форме, позволяющей студентам лучше усваивать материал. В лекциях уделено большое внимание разбору конкретных ситуаций реальных спектров ЭПР в различных веществах. Качество обучения достигается за счет использования следующих форм учебной работы: лекции (использование проблемных ситуаций, разбор конкретных ситуаций), самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

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

Тема 1. Краткий обзор теории атома. Приближение центрального поля термы. Спин-орбитальное взаимодействие.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка поиска студентами информации в сети "интернет" об пространственном квантовании спинов (Штерн и Герлах).

Тема 2. Расщепление термов внутрикристаллическим электрическим полем разной симметрии.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка поиска студентами информации в сети "интернет" об квантовых переходах между магнитными подуровнями под влиянием равновесного излучения (Эйнштейн и Эренфест).

Тема 3. Вывод спинового гамильтониана в случае невырожденного орбитального уровня.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка поиска студентами информации в сети "интернет" квантовой теории парамагнитной релаксации в твердых телах (Валлер).

Тема 4. Вывод спинового гамильтониана в случае вырожденного орбитального состояния.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка поиска студентами информации в сети "интернет" о дисперсии и нерезонансном поглощении радиоволн парамагнетиками, находящихся в постоянном магнитном поле (Гортен).

Тема 5. Точные решения спинового гамильтониана: тонкая структура спектра ЭПР.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка поиска студентами информации в сети "интернет" о Резонансном поглощении радиоволн в молекулярных пучках (Раби).

Тема 6. Точные решения спинового гамильтониана: сверхтонкая структура спектра ЭПР

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка поиска студентами информации в сети "интернет" о многочленах Лагерра

Тема 7. Решение спинового гамильтониана в случае сильного магнитного поля: тонкая структура спектра ЭПР.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка поиска студентами информации в сети "интернет" об операторах Лапласа

Тема 8. Решение спинового гамильтониана в случае слабого магнитного поля.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка расчетов студентами расстояния от ядра с наибольшей вероятностью можно обнаружить электрон в атоме водорода в 1s и 2p-состояниях

Тема 9. "Запрещенные" переходы: тонкая структура спектра ЭПР.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка расчетов студентами потенциала электрического поля для основного состояния атома водорода на различных расстояниях от ядра.

Тема 10. "Запрещенные" переходы: сверхтонкая структура спектра ЭПР.

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка расчетов студентами потенциала магнитного поля для основного состояния атома водорода на различных расстояниях от ядра.

Тема 11. Спектроскопия ЭПР квартета Г .

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка расчетов студентами спектров ЭПР квартета Г.

Тема 12. Идентификация спектров ЭПР. Условия их наблюдения (3d ,4f - ионы.)

научный доклад , примерные вопросы:

Проводится проверка расчетов студентами спектров ЭПР заданного 3d ,4f - иона

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

За семестр студентам дается 10 задач. За каждую решенную задачу на занятии студенту начисляется оценка до 4 баллов включительно. Таким образом за выполнение практических заданий в семестре студент может получить максимально 40 баллов. Еще 10 баллов студент может получить за активную работу по усвоению теоретического материала на лекциях.

Итого за семестр студент может получить до 50 баллов включительно.

К экзамену допускаются студенты, набравшие более 25 баллов за семестр.

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, за ответ на каждый из вопросов студент получает максимальную оценку до 25 баллов. Итого максимальная оценка на экзамене составляет 50 баллов.

Итоговой рейтинг складывается из суммы рейтинга за семестр и оценки, полученной на экзамене.

7.1. Основная литература:

Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса в кристаллах, Зарипов, Максут Мухаметзянович, 2009г.

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/catalog.php?bookinfo=209952>

3. Безбородов, Ю. Н. Методы контроля и диагностики эксплуатационных свойств смазочных материалов по параметрам термоокислительной стабильности и температурной стойкости [Электронный ресурс] : монография / Ю. Н. Безбородов, Б. И. Ковальский, Н. Н. Малышева, А. Н. Сокольников, Е. Г. Мальцева. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. - 366 с. - ISBN 978-5-7638-2225-0. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=442965>

7.2. Дополнительная литература:

1. Сверхтонкие взаимодействия в твердых телах. Избранные лекции и обзоры. М., Мир, 1967.
2. Сборники Парамагнитный резонанс. Казань, КГУ.
3. А. Керригтон, Э. Мак-Лечман. Магнитный спиновый резонанс и его применения в химии. М., Мир, 1970.
4. П. Эткинс, М. Саймонс. Спектры ЭПР и строение неорганических радикалов. М., Мир, 1970.
5. Х. Куска, М. Роджерс. ЭПР комплексов переходных металлов. М., Мир, 1970.
6. Дж. Людвиг, Г. Вудберн. Электронный парамагнитный резонанс в полупроводниках. М., Мир, 1964.
7. Дж. Вертц, Дж. Болтон. Теория и практические приложения метода ЭПР. М., М

7.3. Интернет-ресурсы:

Поисковая система Scopus. - <http://www.scopus.com/home.url>

Программа Easyspin. - <http://www.easyspin.org/>

Программа Матлаб. - www.mathworks.com/

Сайт издателя Elsevier. - <http://elsevierscience.ru/>

Сайт фирмы Брукер. - www.bruker-biospin.de

Центр коллективного пользования КПФУ . - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=11446

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы теории спектров электронного магнитного резонанса" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "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.

Компьютеры с установленный ПО MatLab и пакетом EasySpin.

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):

Орлинский С.Б. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

"__" _____ 201__ г.