

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. Таюрский Д.А.

20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Лаборатория по радиоспектроскопии БЗ.ДВ.9

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Егоров А.В.

Рецензент(ы):

Скирда В.Д.

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 616318

Казань
2018

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

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Лаборатория по радиоспектроскопии" являются практические навыки регистрации спектров ЯМР и ЭПР, их обработки и интерпретации.

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.

Дисциплина "Лаборатория по радиоспектроскопии" выполняется в рамках вариативной части профессионального цикла (Б.3 ДВ9) подготовки бакалавров по направлению 011800.62 - "Радиофизика", не прослушавших курсы дисциплин "Основы теории спектров ЯМР" и "Основы теории спектров ЭПР". Обучаемые должны обладать знанием курсов общей физики, квантовой механики и линейной алгебры. Освоение данной дисциплины может потребоваться в процессе подготовки выпускных квалификационных работ, а также научно-исследовательской практики.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
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
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы спектроскопии ЯМР и ЭПР.

2. должен уметь:

интерпретировать спектры ЯМР и ЭПР.

3. должен владеть:

Владеть практическими навыками регистрации и обработки спектров ЯМР и ЭПР.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

самостоятельно проводить радиоспектроскопические измерения

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. Движение свободных спинов в лабораторной и вращающейся системах координат (классический и квантовомеханический анализ).	8	1-5	0	0	10	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Общая теория магнитного поглощения. Импульсный и стационарные сигналы ЯМР.	8	5-9	0	0	10	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Теория спектров ЭПР ионов группы железа	8	10-14	0	0	10	Устный опрос
4.	Тема 4. Теория спектров ЭПР редкоземельных ионов	8	14-18	0	0	10	Устный опрос
5.	Тема 5. Стационарный ЯМР ^{19}F в CaF_2	8	11,12	0	0	10	Устный опрос
6.	Тема 6. Импульсный ЯМР ^{19}F в CaF_2	8	13,14	0	0	10	Устный опрос
7.	Тема 7. ЭПР Mn^{2+} в CaF_2	8	15,16	0	0	10	Устный опрос
8.	Тема 8. ЭПР Yb^{3+} в PbF_2	8	17,18	0	0	10	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Итого			0	0	80	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Движение свободных спинов в лабораторной и вращающейся системах координат (классический и квантовомеханический анализ).

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Классическое и квантовомеханическое описание ЯМР. Методы наблюдения стационарного ЯМР. Дипольная ширина линии ЯМР в жесткой решетке. Секулярная часть диполь-дипольного взаимодействия. Метод моментов. Анизотропия второго момента линии поглощения в кристаллах. Расчет вторых моментов для простой кубической решетки. Структура CaF_2 .

Тема 2. Общая теория магнитного поглощения. Импульсный и стационарные сигналы ЯМР.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Классическое описание импульсного ЯМР. Спад спиновой индукции. Спиновое эхо. Методы измерения времен релаксации поперечной и продольной намагниченностей (T_2 и T_1). Квантовомеханическое описание ССИ и спинового эхо с использованием формализма матрицы плотности. Солид-эхо.

Тема 3. Теория спектров ЭПР ионов группы железа

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Спин-гамильтониан Mn^{2+} в SrF_2 . Зеемановское взаимодействие. Штарковская структура. Метод эквивалентных операторов. Сверхтонкое взаимодействие. Обменное взаимодействие с ядрами лигандов. Количество и относительные интенсивности линий сверхтонкой и суперсверхтонкой структур спектра.

Тема 4. Теория спектров ЭПР редкоземельных ионов

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Спин-гамильтониан Yb^{3+} в PbF_2 . Записать спиновый гамильтониан с учетом тонкого и сверхтонкого взаимодействия. Найти собственные значения и волновые функции. Определить g-фактор основного дублета. Рассчитать параметры эффективного спин-гамильтониана основного дублета. Вывести формулы, связывающие константы сверхтонкого взаимодействия изотопов иттербия с расстоянием между линиями сверхтонкой структуры.

Тема 5. Стационарный ЯМР ^{19}F в CaF_2

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Устройство стационарного спектрометра ЯМР. Двойная модуляция. Синхронное детектирование. Измерение спектров поглощения ^{19}F в CaF_2 в случаях, когда магнитное поле параллельно кристаллографическим осям C_2 , C_3 и C_4 . Обработка экспериментальных данных, сравнение с расчетными.

Тема 6. Импульсный ЯМР ^{19}F в CaF_2

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Устройство и принцип действия импульсного спектрометра ЯМР прямого преобразования с квадратурным детектированием. Датчик однокатушечного импульсного спектрометра. Коммутация датчика с использованием четвертьволновой цепи. Регистрация ССИ ^{19}F в CaF_2 в случаях, когда магнитное поле параллельно кристаллографическим осям C_2 , C_3 и C_4 . Обработка сигналов, сравнение с теоретическими данными. Измерение времени спин-решеточной релаксации.

Тема 7. ЭПР Mn^{2+} в CaF_2

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией. СВЧ-тракт. Принцип действия системы АПЧ клистрона. Измерение магнитного поля. Регистрация спектров ЭПР Mn2+ (магнитное поле параллельно оси C4). Расшифровка спектра. Определение g-фактора. Определение констант тонкой и суперсверхтонкой структуры.

Тема 8. ЭПР Yb3+ в PbF2

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Настройка спектрометра. Вывод ориентации кристалла. Регистрация спектров Yb3+ при температуре жидкого гелия. Идентификация вкладов разных изотопов в спектр. Определение параметров спинового гамильтониана для всех изотопов иттербия. Сравнение с расчетными данными.

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. Движение свободных спинов в лабораторной и вращающейся системах координат (классический и квантовомеханический анализ).	8	1-5	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
2.	Тема 2. Общая теория магнитного поглощения. Импульсный и стационарные сигналы ЯМР.	8	5-9	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
3.	Тема 3. Теория спектров ЭПР ионов группы железа	8	10-14	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
4.	Тема 4. Теория спектров ЭПР редкоземельных ионов	8	14-18	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
5.	Тема 5. Стационарный ЯМР 19F в CaF2	8	11,12	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
6.	Тема 6. Импульсный ЯМР 19F в CaF2	8	13,14	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
7.	Тема 7. ЭПР Mn2+ в CaF2	8	15,16	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
8.	Тема 8. ЭПР Yb3+ в PbF2	8	17,18	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				64	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции, лабораторные работы.

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

Тема 1. Движение свободных спинов в лабораторной и вращающейся системах координат (классический и квантовомеханический анализ).

домашнее задание , примерные вопросы:

Рассчитать величину сигнала ССИ ^{19}F в CaF_2 . Частота 10МГц, температура 300К, объем катушки и образца равен 1 см³, катушка содержит 10 витков диаметром 6мм, добротность контура -50. Оценить величину отношения сигнал/шум.

Тема 2. Общая теория магнитного поглощения. Импульсный и стационарные сигналы ЯМР.

домашнее задание , примерные вопросы:

В кристаллическом веществе на ядерный спин действует локальное статическое поле h , направленное вдоль кристаллографической оси c . Рассчитать форму линии ЯМР в порошке.

Тема 3. Теория спектров ЭПР ионов группы железа

устный опрос , примерные вопросы:

Спиновый гамильтониан. Разрешенные и запрещенные переходы. Спин-орбитальное взаимодействие.

Тема 4. Теория спектров ЭПР редкоземельных ионов

устный опрос , примерные вопросы:

Эквивалентные операторы

Тема 5. Стационарный ЯМР ^{19}F в CaF_2

устный опрос , примерные вопросы:

Классическое и квантовомеханическое описание ЯМР. Методы наблюдения стационарного ЯМР. Устройство и принцип работы автодинного спектрометра. Вычисление вторых и четвертых моментов.

Тема 6. Импульсный ЯМР ^{19}F в CaF_2

устный опрос , примерные вопросы:

Классическое описание импульсного ЯМР. Спиновое эхо. Устройство и принцип действия импульсного спектрометра. Методы измерения времен релаксации.

Тема 7. ЭПР Mn^{2+} в CaF_2

устный опрос , примерные вопросы:

Устройство и принцип работы спектрометра ЯМР с двойной модуляцией. Теория спектров ЭПР ионов группы железа. Спиновый гамильтониан.

Тема 8. ЭПР Yb^{3+} в PbF_2

устный опрос , примерные вопросы:

Использование эквивалентных операторов для описания взаимодействия с кристаллическим полем.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Контрольные вопросы и задания указаны в учебно-методических пособиях - описаниях лабораторных работ.

7.1. Основная литература:

1. М.М.Зарипов Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса в кристаллах: курс лекций. - Казань: Казан.гос.ун-т, 2009

2. Электронные приборы и устройства: Учебник / Ф.А. Ткаченко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 682 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004658-7 <http://znanium.com/bookread.php?book=209952>

3. Аганов, А. В. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в Казанском университете / А. В. Аганов, Р. М. Аминова, А. А. Нафикова. ? Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2006 (Казань : Изд-во Казан. ун-та) .? 65, [2] с., [8] л. ил., портр., цв. ил., портр. ; 20 см .? На обл.: К 200-летию Казанского университета .? Библиогр.: с. 59-65 .? ISBN 5-7464-1402-6.

7.2. Дополнительная литература:

1. Учебно-методическое пособие для специалистов в области ЭПР "ЭПР спектрометр Elexsys500. Часть 3: Двойной электронно-ядерный резонанс (ДЭЯР)" [электронный ресурс] /А.В. Дуглав, Ю.С. Кутын, Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, М.Р. Гафуров, Н.И. Силкин // Казань 2012 -- <http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/elexsys580-DEER.pdf>

2. Методическое пособие "Настройка спектрометра X-диапазона фирмы Брукер серии Elexsys и измерение спектров ЭПР в стационарном режиме" / Ю.С. Кутын, Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, Н.И. Силкин // 2014. http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/X_band_CW.pdf

3. Егоров А.В., Тагиров М.С., Исследование формы линии ЯМР 19F В CaF2 (метод моментов., Учебно-методическое пособие, ИФ КФУ, 2013, 55с.

http://kpfu.ru/publication?p_id=72489

4. Егоров А.В., Тагиров М.С., Исследование формы линии ЯМР 19F В CaF2 (метод моментов., Учебно-методическое пособие, ИФ КФУ, 2013, 55с.

http://kpfu.ru/publication?p_id=72516

5. А.Абрагам, Б.Блини. Электронный парамагнитный резонанс М., Мир, Т.1,2, 1973

6. С.А.Альтшулер, Б.М.Козырев Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп. М.Наука, 1972

7. Ядерный магнетизм / А. Абрагам; пер. с англ. под ред. Г. В. Скроцкого.?Москва: Изд-во иностранной литературы, 1963.?551 с

8. Основы теории магнитного резонанса: перевод с английского / Ч. Сликтер; Пер. Н. Н. Корста и др.; Под ред. Г. В. Скроцкого.?Издание 2-е, пересмотренное, дополненное и исправленное.?Москва: Мир, 1981.?448 с

7.3. Интернет-ресурсы:

американское физическое общество - www.aps.org

казанский университет - www.kpfu.ru

научная поисковая система - www.scopus.com

свободная энциклопедия - ru.wikipedia.org

электронная библиотека - www.ekniga.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Лаборатория по 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.

Лабораторные спектрометры ЯМР и ЭПР.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Физика магнитных явлений .

Автор(ы):

Егоров А.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Скирда В.Д. _____

"__" _____ 201__ г.