

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Спектры электронно-парамагнитного резонанса Б1.В.ОД.5

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Автор(ы): Орлинский С.Б.

Рецензент(ы): Мамин Г.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No ___ от "___" _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ___ от "___" _____ 20__ г.

Казань

2018

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине/ модулю
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Орлинский С.Б. (Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Отделение радиофизики и информационных систем), Sergej.Orlinskii@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3	Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач
ПК-2	Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-4	Способность внедрять результаты прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы, основанные на колебательно-волновых принципах функционирования

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- современное теоретическое описание обменных лигандных взаимодействий ;
- теоретические основы современных экспериментальных методов исследования в области электронного парамагнитного резонанса;
- основные классические и современные экспериментальные результаты по использованию электронного парамагнитного резонанса.

Должен уметь:

применять современные методы теории для расчетов сверхтонкой структуры спектров ЭПР.

Должен владеть:

навыками анализа сложных спектров электронного парамагнитного резонанса.

Должен демонстрировать способность и готовность:

К пониманию ЭПР как одного из методов квантовой радиофизики

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.5 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Физика магнитных явлений)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

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

Контактная работа - 39 часа(ов), в том числе лекции - 26 часа(ов), практические занятия - 13 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 69 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине/ модулю

N	Раздел дисциплины/ модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Потенциал кристаллического поля в низко-симметричных кристаллах (моноклиная симметрия)	1	2	1	0	5
2.	Тема 2. Расщепление D и F термов с учетом моноклиной симметрии. Волновые функции.	1	2	1	0	5
3.	Тема 3. Вывод спинового гамильтониана в случае синглетного орбитального состояния с учетом моноклиной симметрии.	1	2	1	0	5
4.	Тема 4. Параметры спинового гамильтониана при моноклиной симметрии.	1	2	1	0	5
5.	Тема 5. Возможность изучения сильного обменного взаимодействия методом ЭПР.	1	2	1	0	6
6.	Тема 6. Уровни энергии обменно-связанных пар (изотропный случай). Спектр ЭПР ($S = S = 1/2$).	1	2	1	0	6
7.	Тема 7. Уровни энергии обменно-связанных пар (анизотропный случай). Спектр ЭПР $S = S = 1/2$	1	2	1	0	6
8.	Тема 8. Сверхтонкая структура спектра ЭПР обменно-связанных пар: зеемановская энергия больше, порядка и меньше величины обменного интеграла.	1	3	1	0	6
9.	Тема 9. Тонкая структура спектра ЭПР обменно-связанных троек.	1	3	2	0	6
10.	Тема 10. Влияние антисимметричного обменного взаимодействия на спектр ЭПР.	1	2	1	0	6
11.	Тема 11. Запрещенные линии спектра ЭПР при лигандном взаимодействии.	1	2	2	0	6
12.	Тема 12. Расчет спектра двойного электронно-ядерного резонанса с учетом тонкой структуры спектра ДЭЯР	1	2	1	0	6
	Итого		26	14	0	68

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Потенциал кристаллического поля в низко-симметричных кристаллах (моноклиная симметрия)

Последовательно рассматриваются особенности спектров ЭПР в случае когда потенциал кристаллического поля изменяется в сторону понижения симметрии, до моноклиной

Тема 2. Расщепление D и F термов с учетом моноклиной симметрии. Волновые функции.

Рассматриваются изменения в расщепление D и F термов с учетом моноклиной симметрии. Изменения в представлены волновых функций.

Тема 3. Вывод спинового гамильтониана в случае синглетного орбитального состояния с учетом моноклинной симметрии.

Рассматривается последовательное выведение спинового гамильтониана в случае синглетного орбитального состояния с учетом моноклинной симметрии.

Тема 4. Параметры спинового гамильтониана при моноклинной симметрии.

Последовательный расчет g- тензора, d - тензора и А-тензора для случая моноклинной симметрии.

Тема 5. Возможность изучения сильного обменного взаимодействия методом ЭПР.

Рассматриваются приближения при которых возможно изучение сильного обменного взаимодействия методом ЭПР.

Тема 6. Уровни энергии обменно-связанных пар (изотропный случай). Спектр ЭПР ($S = S = 1/2$).

Рассчитываются в простейшем случае уровни энергии обменно-связанных пар (изотропный случай). Спектр ЭПР ($S = S = 1/2$).

Тема 7. Уровни энергии обменно-связанных пар (анизотропный случай). Спектр ЭПР $S = S = 1/2$

Рассчитываются уровни энергии обменно-связанных пар (анизотропный случай). Спектр ЭПР $S = S = 1/2$

Тема 8. Сверхтонкая структура спектра ЭПР обменно-связанных пар: зеемановская энергия больше, порядка и меньше величины обменного интеграла.

Последовательно рассматриваются особенности спектров ЭПР в случае сверхтонкого взаимодействия в обменно-связанных парах: зеемановская энергия больше, порядка и меньше величины обменного интеграла.

Тема 9. Тонкая структура спектра ЭПР обменно-связанных троек.

Обсуждаются особенности проявляющиеся при наличии тонкой структуры в спектрах ЭПР обменно-связанных троек.

Тема 10. Влияние антисимметричного обменного взаимодействия на спектр ЭПР.

Обсуждается влияние антисимметричного обменного взаимодействия на спектр ЭПР.

Тема 11. Запрещенные линии спектра ЭПР при лигандном взаимодействии.

Обсуждается возможность получения дополнительной информации, которая может быть получена из анализа запрещенные линии в спектре ЭПР при лигандном взаимодействии.

Тема 12. Расчет спектра двойного электронно-ядерного резонанса с учетом тонкой структуры спектра ДЭЯР

Приведены примеры расчета спектров двойного электронно-ядерного резонанса с учетом тонкой структуры спектра ДЭЯР

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года N301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации N14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение N 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Положение N 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент N 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент N 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент N 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

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

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

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

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 1			
	<i>Текущий контроль</i>		
1	Письменная работа	ПК-4 , ОПК-3 , ПК-2	1. Потенциал кристаллического поля в низко-симметричных кристаллах (моноклинная симметрия) 2. Расщепление D и F термов с учетом моноклинной симметрии. Волновые функции. 3. Вывод спинового гамильтониана в случае синглетного орбитального состояния с учетом моноклинной симметрии.
	<i>Экзамен</i>	ОПК-3, ПК-2, ПК-4	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 1					
Текущий контроль					
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 1

Текущий контроль

1. Письменная работа

Темы 1, 2, 3

Студенты должны написать компьютерную программу для выполнения одного из следующих заданий:

Построить угловую зависимость резонансного поля ЭПР спектра центра со спином $S = 1$ и аксиальным g -фактором ($g_{\parallel} = 2, g_{\perp} = 1.8$) в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц) в кристалле

Построить угловую зависимость резонансного поля ЭПР спектра центра со спином $S = 1$ и аксиальным g -фактором ($g_{\parallel} = 2, g_{\perp} = 1.7$), $D = 12000$ МГц в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц) в кристалле для перехода между основным и первым возбужденным уровнем. □

Рассчитать и построить спектр ЭПР меди Cu^{2+} ($g = 2.4$) в кристалле в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц). Изотропная константа сверхтонкой структуры $A = 10$ мТ.

Рассчитать и построить спектр ЭПР меди Cu^{2+} ($g = 2.4$) в кристалле в Q -диапазоне ($f = 36$ ГГц). Изотропная константа сверхтонкой структуры $A = 90 \cdot 10^{-4}$ см $^{-1}$.

Рассчитать и построить спектры ЭПР центра в кристалле со спином $S = 1$ и аксиальным g -фактором ($g_{\parallel} = 2, g_{\perp} = 1.8$) в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц) для значений параметра $D = 0,34$ см $^{-1}$ и $D = -0,34$ см $^{-1}$.

Рассчитать и построить спектр ЭПР центра со спином $S = 1/2, g = 2$, рядом с которым на равном расстоянии находятся два иона фтора F^- (все три центра на одной прямой) в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц). Константа сверхтонкой структуры $A = 96 \cdot 10^{-4}$ см $^{-1}$.

Рассчитать и построить спектр ЭПР в кристалле центра со спином $S = 1$ и аксиальным g -фактором ($g_{\parallel} = 2, g_{\perp} = 1.7$), $D = 40$ ГГц в W -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц). $T = 4$ К. □

Рассчитать и построить порошковый спектр ЭПР для системы со спином $S = 1/2$ и аксиальным g -фактором ($g_{\parallel} = 2, g_{\perp} = 1.8$) в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц) в виде спектра поглощения. Температура комнатная. □ $D = 1.7$, $D = 40$ ГГц в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц). $T = 4$ К.

Рассчитать и построить спектр ЭПР иридия Ir^{2+} (эффективный спин $S = 1/2, g = 2.5$) в кристалле в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц). Изотропная константа сверхтонкой структуры $A = 39 \cdot 10^{-4}$ см $^{-1}$.

Рассчитать и построить спектр ЭПР центра в кристалле со спином $S = 1$ и аксиальным g -фактором ($g_{\parallel} = 2, g_{\perp} = 1.8$) в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц) в кристалле CaF_2 ($g_{\parallel} = 1.7$) в W -диапазоне ($f = 95$ ГГц) $D = 8000$ МГц. Угол между постоянным магнитным полем и осью z центра равен 30° . Построить угловую зависимость резонансного поля ЭПР спектра центра со спином $S = 1/2$ и аксиальным g -фактором ($g_{\parallel} = 2, g_{\perp} = 1.8$) в X -диапазоне ($f = 9.5$ ГГц) $D = 8000$ МГц. Угол между постоянным магнитным полем и осью z центра равен 45° .
 Результаты работы излагаются в виде письменного отчета в соответствии с требованиями ГОСТ.

Экзамен

Вопросы к экзамену:

Каковы особенности ориентации кристалла в постоянном магнитном поле при моноклинной симметрии.

Билет 2

Каков должен быть общий подход к расшифровке и определению параметров спинового гамильтониана при локальной симметрии C_2 .

Билет 3

Сверхтонкая структура спектра ЭПР обменно-связанных пар: зеемановская энергия больше, порядка и меньше величины обменного интеграла.

Билет 4

Влияние антисимметричного обменного взаимодействия на спектр ЭПР.

Билет 5

Запрещенные линии спектра ЭПР при лигандном взаимодействии.

Билет 6

ИЗУЧЕНИЕ ОБМЕННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕТОДОМ ЭПР

Билет 7

Анизотропный симметричный обмен.

Билет 8

Антисимметричный обмен

Билет 9

САТЕЛЛИТНАЯ СТРУКТУРА СПЕКТРОВ ЭПР (ЛИГАНДНАЯ)

Билет 10

МАГНИТО-НЕЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ИОНЫ

Билет 11

СВОЙСТВА СПЕКТРА ЭПР ИОНОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В НИЗКОСИММЕТРИЧНЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 1			
Текущий контроль			
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	50
		Всего:	50

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. 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/bookread2.php?book=469025>
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/bookread2.php?book=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/bookread2.php?book=442965>
4. Квантовая физика. Вводный курс / Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. - Долгопрудный: Интеллект, 2016. - 480 с.: ISBN 978-5-91559-199-7 <http://znanium.com/bookread2.php?book=552465>

7.2. Дополнительная литература:

1. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов : [в 2 т.] / А. Абрагам, Б. Блини ; под ред. С.А. Альтшулера и Г.В. Скороцкого . Москва : Мир, 1972-1973 .? ; 22.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- Поисковая система Scopus . - <http://www.scopus.com/home.url>
Программа Balls & Sticks - <http://www.toycrate.org/bs/index.html>
Программа Easyspin - <http://www.easyspin.org/>
Программа Матлаб - www.mathworks.com/
Сайт издателя Elsevier - <http://elsevierscience.ru/>
Сайт фирмы Брукер - <http://www.bruker-biospin.de>
Центр коллективного пользования КПФУ - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=11446

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельная работа курса 'Спектры электронно-парамагнитного резонанса' состоит двух частей:

Часть 1. Освоения ПО 'Matlab' и пакета 'EasySpin' и построения спектров ЭПР, ДЭЯР и релаксационных характеристик по заданным преподавателям параметрам.

Ознакомится с ПО 'Matlab' можно прочитав , к примеру, следующую литературу.

1. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие : [для студентов вузов, обучающихся по специальностям Математика, Информатика, Физика] / С. В. Поршнев .? Издание 2-е, исправленное .? Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011 .? 736 с. : ил. ; 26 см. + 1 электр. опт. диск. (CD-ROM) .? (Учебники для вузов, Специальная литература) .? Библиогр. в конце гл. ? ISBN 978-5-8114-1063-7 ((в пер.)) , 1000.
2. Голубева, Лариса Леонидовна. Компьютерная математика. Числовой пакет MatLab : курс лекций / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова .? Минск : БГУ, 2007 .? 164 с. : ил. ; 20 .? Библиогр.: с. 161 (5 назв.) .? ISBN 978-985-485-565-3, 250.
3. Рагулина, Марина Ивановна. Информационные технологии в математике : учебное пособие для студ. вузов / М. И. Рагулина ; ред. М. П. Лапчик .? Москва : Академия, 2008 .? 304 с. ? (Высшее профессиональное образование) .? ISBN 978-5-7695-2710-4 : p.269.50.

Принципы использования пакета 'EasySpin' отражены в следующем методическом пособии:

Методическое пособие 'Использование программного модуля EasySpin в анализе спектров магнитного резонанса'

/ Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, Н.И. Силкин, И.Н. Субачева, Р.В. Юсупов // 2014. электронный образовательный ресурс <http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/easyspin.pdf>

В качестве отчета студенты предоставляют результаты вычислений в графическом виде. Формат файла *.fig, *.jpg, *.bmp. График должен соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2001.

Для этого в файле 'MatLab' должны быть правильно заполнены следующие строки (пример рисунок 1):

```
set(gca,'FontSize',10) %размер шрифта осей в соответствии с ГОСТ 7.32-2001.
```

```
xlabel('Magnetic field (G)','FontSize',16) %название и размер шрифта подписи оси абсцисс в соответствии с ГОСТ 7.32-2001.
```

```
ylabel('','FontSize',16) %название и размер шрифта подписи оси ординат в соответствии с ГОСТ 7.32-2001.
```

Рисунок 1 - Пример оформления результата самостоятельной работы в среде Matlab.

Часть 2.

Поиск современных научных статей по заданной теме.

Для поиска современной научной литературы рекомендуется использовать специализированные научные поисковые системы, такие как Scopus (<http://www.scopus.com>).

Подробно поиск в системе Scopus рассмотрен в методическом пособии:

ОВ Дудникова Методика поиска в базе данных Scopus. Учебно-методическое пособие. / ОВ Дудникова // ЭОР Южного федерального университета library.sfedu.ru/DPO/Учебно-методическое%20пособие_Scopus2.pdf

По найденной и прочитанной литературе студенты составляют небольшой доклад. Время доклада 5 мин., количество информативных слайдов ограничено шестью.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Спектры электронно-парамагнитного резонанса" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Спектры электронно-парамагнитного 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.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе Физика магнитных явлений .