

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Специальный практикум по стационарному электронно-парамагнитному резонансу Б1.В.ОД.3

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Мамин Г.В.

**Рецензент(ы):**

Орлинский С.Б.

**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

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Мамин Г.В. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем, George.Mamin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Лабораторный практикум предназначен для закрепления у студентов теоретических знаний, полученных при изучении курсов по спектроскопии ЭПР, а также получения ими практических навыков работы со спектрометрами и обработки полученных данных.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.03 Радиофизика и относится к обязательные дисциплины. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Для прохождения данного практикума студента должны прослушать курсы "Техника радиоспектроскопии" и "Основы теории спектров ЭПР". Полученные навыки могут быть использованы студентами в дальнейшем при прохождении научно-исследовательской практики и в научно-исследовательской работе в рамках магистерской программы "Физика магнитных явлений".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции  |
|---|--|
| ОПК-3<br>(профессиональные компетенции) | способностью к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач Теоретическая часть курса дает информацию о фундаментальных разделах физики и радиофизики, а практические занятия учат применять эту информацию для решения научно-исследовательских задач   |
| ПК-2<br>(профессиональные компетенции)  | способностью самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта Практикум основан на работе студентов на самом современном научном оборудовании.   |
| ПК-3<br>(профессиональные компетенции)  | способностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей Результаты самостоятельной работы оформляются слушателями курса в соответствии с правилами оформления научных отчетов ГОСТ 7.32-2001, что формирует у слушателей курса навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей. |

| Шифр компетенции                       | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|--|---|
| ПК-4<br>(профессиональные компетенции) | способностью внедрять результаты прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы, основанные на колебательно-волновых принципах функционирования Магнитный резонанс основан на поглощении электромагнитных волн веществом. В курсе подробно рассматривается устройство спектрометров ЭПР, что позволяет использовать студентам результаты научных исследований для создания современных приборов. |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Основные методы измерений стационарных спектров ЭПР и ДЭЯР

2. должен уметь:

Записывать и расшифровывать спектры ЭПР, расшифровывать тонкую, сверхтонкую и суперсверхтонкую структуру спектров ЭПР.

3. должен владеть:

Навыками работы на спектрометре ЭПР и методами измерения спектров ЭПР х. Навыками вычисления и измерения основных спектроскопических параметров.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Выполнять измерения на современных спектрометрах ЭПР, применяя полученные знания для получения достоверных спектроскопических характеристик.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 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<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Исследование стационарных спектров ЭПР карбонизированных образцов  | 1       | 4-9                | 0   | 0                       | 13                     | тестирование отчет        |
| 2. | Тема 2. Исследование тонкой и суперсверхтонкой структуры спектров ЭПР ионов трехвалентного железа в кристаллах $\text{LiCaAlF}_6$ и $\text{LiSrAlF}_6$ | 1       | 1-4                | 0   | 0                       | 13                     | отчет                     |

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Исследование стационарных спектров ЭПР карбонизированных образцов лабораторная работа (13 часа(ов)):**

В настоящей лабораторной работе предлагается провести детальное изучение методов стационарной и импульсной ЭПР-спектроскопии на основе стандартного карбонизированного образца. Запись стационарных спектров ЭПР. Изучение влияния параметров записи на вид получаемого спектра.

**Тема 2. Исследование тонкой и суперсверхтонкой структуры спектров ЭПР ионов трехвалентного железа в кристаллах  $\text{LiCaAlF}_6$  и  $\text{LiSrAlF}_6$**

**лабораторная работа (13 часа(ов)):**

В настоящей лабораторной работе предлагается провести детальное ЭПР - исследование и анализ параметров СГ ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в монокристаллах  $\text{LiCaAlF}_6$  ( $\text{LiCAF}$ ) и  $\text{LiSrAlF}_6$  ( $\text{LiSAF}$ ). В настоящей лабораторной работе предлагается провести детальное ЭПР - исследование и анализ параметров СГ ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в монокристаллах  $\text{LiCaAlF}_6$  ( $\text{LiCAF}$ ) и  $\text{LiSrAlF}_6$  ( $\text{LiSAF}$ ). Анализ параметров СГ и исследование их связи со структурными особенностями координационных октаэдрических комплексов  $[\text{CaF}_6]$  ( $[\text{SrF}_6]$ ) и  $[\text{AlF}_6]$ , содержащих ионы  $\text{Fe}^{3+}$ , позволяет надежно определить позиции примесных парамагнитных ионов в структуре кристаллов. Этапы лаб. работы: 1. Построение кристаллической структуры в программе BS 2. Вывод уравнений уровней энергии для  $\text{H}||z$  с помощью основополагающих законов квантовой механики. 3. Расчет уровней энергии с помощью программы EasySpin в пакете Matlab 4. Расчет CCTC с помощью программы EasySpin в пакете Matlab. Сопоставление расчета с построенной кристаллической структурой. 5. Практика установки кристалла по отношению к магнитному полю и измерение спектров ЭПР. 6. Расчет основных спектроскопических характеристик кристалла используя результаты измерения.

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N     | Раздел<br>Дисциплины   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов   | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|-------|--|---------|--------------------|--|---------------------------|---|
| 1.    | Тема 1. Исследование стационарных спектров ЭПР карбонизированных образцов  | 1       | 4-9                | подготовка к тестированию  | 7                         | тестирование                                |
|       |  |         |                    | Студенты составляют отчет содержащий принципы работы СВЧ трактов ЭПР спектрометров, основные диапазоны | 16                        | отчет                                       |
| 2.    | Тема 2. Исследование тонкой и суперсверхтонкой структуры спектров ЭПР ионов трехвалентного железа в кристаллах $\text{LiCaAlF}_6$ и $\text{LiSrAlF}_6$ | 1       | 1-4                | Студенты составляют отчет в электронном виде по следующим пунктам заданий: 1. Построение кристаллич    | 23                        | отчет                                       |
| Итого |  |         |                    |  | 46                        |   |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лабораторные работы, самостоятельная работа студентов, консультации. Работа студентов с современными научными программными пакетами. Вывод результатов работы в интерактивном виде.

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

### Тема 1. Исследование стационарных спектров ЭПР карбонизированных образцов

отчет , примерные вопросы:

Студенты составляют отчет содержащий основные конструкции СВЧ блоков спектрометров.

тестирование , примерные вопросы:

Студенты проходят тестирование, направленное на контроль усвоения ими основных методик стационарной ЭПР-спектроскопии.

### Тема 2. Исследование тонкой и суперсверхтонкой структуры спектров ЭПР ионов трехвалентного железа в кристаллах $\text{LiCaAlF}_6$ и $\text{LiSrAlF}_6$

отчет , примерные вопросы:

Студенты составляют отчет в электронном виде по следующим пунктам заданий: 1. Построение кристаллической структуры в программе BS 2. Вывод уравнений уровней энергии для  $\text{H}||z$  с помощью основополагающих законов квантовой механики. 3. Расчет уровней энергии с помощью программы EasySpin в пакете Matlab 4. Расчет CCTC с помощью программы EasySpin в пакете Matlab. Сопоставление расчета с построенной кристаллической структурой. 5. Расчет основных спектроскопических характеристик кристалла используя результаты измерения.

### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Текущий контроль работы студентов и итоговый зачет

### 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. Ткаченко Ф. А. 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. Першин В. Т. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи: Учебное пособие / В.Т. Першин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 614 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006703-2, 600 экз. <http://www.znanium.com/bookread.php?book=405030>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Методическое пособие "Настройка спектрометра X-диапазона фирмы Брукер серии Elexsys и измерение спектров ЭПР в стационарном режиме" / Ю.С. Кутьин, Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, Н.И. Силкин // 2014. электронный образовательный ресурс [http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/X\\_band\\_CW.pdf](http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/X_band_CW.pdf)
2. 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>
3. Электронный парамагнитный резонанс ионов переходных групп, Том. II / А. Абрагам, Б. Блини, Том. II, Мир, Москва, 1973, 349с
4. Альтшулер С. А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс, М.: Наука, 1972.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Методические пособия - <http://www.gmamin.kpfu.ru>  
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/](http://www.mathworks.com/)  
Сайт издателя Elsevier - <http://elsevierscience.ru/>  
Сайт фирмы Брукер - [www.bruker-biospin.de](http://www.bruker-biospin.de)  
Центр коллективного пользования КПФУ - [http://www.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=11446](http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=11446)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Специальный практикум по стационарному электронно-парамагнитному резонансу" 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.

Спектрометр ЭПР ESP -300 фирмы Брукер, спектрометр ЭПР E-680 фирмы Брукер.

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

Автор(ы):

Мамин Г.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Орлинский С.Б. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.