

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



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

#### Практикум по радиоспектроскопии Б3.ДВ.3

Направление подготовки: 011800.62 - Радиоп физика

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 6110114

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. (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 "Практикум 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.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина "Практикум по радиоспектроскопии" выполняется в рамках вариативной части профессионального цикла (Б.3 ДВ3) подготовки бакалавров по направлению 011800.62 - "Радиофизика". Полученные практические знания способствуют закреплению теоретических знаний, полученных при изучении курсов "Основы теории спектров ЯМР" и "Основы теории спектров ЭПР". Обучаемые должны также 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	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:

практическими навыками регистрации спектров.

4. должен демонстрировать способность и готовность:  
принимать участие в спектроскопическом эксперименте

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 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. Стационарный ЯМР $^{19}\text{F}$ в $\text{CaF}_2$	8	1-4	0	0	10	устный опрос
2.	Тема 2. Импульсный ЯМР $^{19}\text{F}$ в $\text{CaF}_2$	8	5-8	0	0	10	устный опрос
3.	Тема 3. ЭПР $\text{Mn}^{2+}$ в $\text{CaF}_2$	8	9-12	0	0	10	устный опрос
4.	Тема 4. ЭПР $\text{Yb}^{3+}$ в $\text{PbF}_2$	8	13-18	0	0	12	устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	42	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Стационарный ЯМР $^{19}\text{F}$ в $\text{CaF}_2$

###### лабораторная работа (10 часа(ов)):

Классическое и квантовомеханическое описание ЯМР. Методы наблюдения стационарного ЯМР. Устройство и принцип работы автодинного спектрометра. Регистрация спектров  $^{19}\text{F}$  в  $\text{CaF}_2$  в трех ориентациях. Вычисление вторых и четвертых моментов. Сравнение с расчетными.

##### Тема 2. Импульсный ЯМР $^{19}\text{F}$ в $\text{CaF}_2$

###### лабораторная работа (10 часа(ов)):

Классическое описание импульсного ЯМР. Спиновое эхо. Устройство и принцип действия импульсного спектрометра. Методы измерения времен релаксации. Регистрация сигналов ЯМР. Измерение  $T_1$ . Фурье-преобразование и сравнение со стационарными спектрами.

##### Тема 3. ЭПР $\text{Mn}^{2+}$ в $\text{CaF}_2$

###### лабораторная работа (10 часа(ов)):

Устройство и принцип работы спектрометра ЯМР с двойной модуляцией. Теория спектров ЭПР ионов группы железа. Регистрация спектров ЭПР  $Mn^{2+}$ . Измерение параметров спинового гамильтониана.

#### Тема 4. ЭПР $Yb^{3+}$ в $PbF_2$

##### лабораторная работа (12 часа(ов)):

Основы теории спектров ЭПР редкоземельных ионов. Расчет параметров спинового гамильтониана  $Yb^{3+}$  - констант тонкого и сверхтонкого взаимодействия. Регистрация спектров при температуре жидкого гелия. Определение констант взаимодействия. Сравнение с экспериментом.

### 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. Стационарный ЯМР $^{19}F$ в $CaF_2$	8	1-4	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
2.	Тема 2. Импульсный ЯМР $^{19}F$ в $CaF_2$	8	5-8	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
3.	Тема 3. ЭПР $Mn^{2+}$ в $CaF_2$	8	9-12	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
4.	Тема 4. ЭПР $Yb^{3+}$ в $PbF_2$	8	13-18	подготовка к устному опросу	9	устный опрос
	Итого				30	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лабораторные работы.

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

#### Тема 1. 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 2. 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 3. 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 4. ЭПР $Yb^{3+}$ в $PbF_2$

устный опрос , примерные вопросы:

Основы теории спектров ЭПР редкоземельных ионов. Расчет параметров спинового гамильтониана  $Yb^{3+}$  - констант тонкого и сверхтонкого взаимодействия.

#### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету.

1. Классическое описание ЯМР.
2. Квантовомеханическое описание ЯМР.
3. Методы наблюдения стационарного ЯМР.
4. Устройство и принцип работы автодинного спектрометра.
5. Стационарный спектрометр с двойной модуляцией.
6. Вычисление вторых и четвертых моментов резонансной линии.
7. Классическое описание импульсного ЯМР.
8. Спиновое эхо.
9. Устройство и принцип действия импульсного спектрометра.
10. Методы измерения времен релаксации.
11. Устройство и принцип работы спектрометра ЭПР с двойной модуляцией.
12. Теория спектров ЭПР ионов группы железа.
13. Спиновый гамильтониан.
14. Основы теории спектров ЭПР редкоземельных ионов.
15. Расчет параметров спинового гамильтониана  $Yb^{3+}$  - констант сверхтонкого взаимодействия.

### 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. Учебно-методическое пособие для специалистов в области ЭПР "ЭПР спектрометр Elexsys500. Часть 3: Двойной электронно-ядерный резонанс (ДЭЯР)"  
/А.В. Дуглав, Ю.С. Кутын, Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, М.Р. Гафуров, Н.И. Силкин // Казань 2012 - (электронный ресурс) -  
<http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/elexsys580-DEER.pdf>
3. Сергеев, А. Г. Нанометрология : монография / А. Г. Сергеев. - М. : Логос, 2011. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-494-0.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=469008>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. А.Абрагам, Б.Блини. Электронный парамагнитный резонанс М., Мир, Т.1,2, 1973
2. С.А.Альтшулер, Б.М.Козырев Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп. М.Наука, 1972
3. Ядерный магнетизм / А. Абрагам; пер. с англ. под ред. Г. В. Скродского. Москва: Изд-во иностранной литературы, 1963. 551 с
4. Основы теории магнитного резонанса: перевод с английского / Ч. Сликтер; Пер. Н. Н. Корста и др.; Под ред. Г. В. Скродского. Издание 2-е, пересмотренное, дополненное и исправленное. Москва: Мир, 1981. 448 с

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- американское физическое общество - [www.aps.org](http://www.aps.org)  
казанский университет - [www.kpfu.ru](http://www.kpfu.ru)



научная поисковая система - [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

свободная энциклопедия - [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

электронная библиотека - [www.ekniga.ru](http://www.ekniga.ru)

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

Освоение дисциплины "Практикум по радиоспектроскопии" 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 "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и 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 "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.