

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**

Техника ядерно-магнитного резонанса М2.ДВ.3

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Егоров А.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 658414

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 "Техника ЯМР" является изучение технических аспектов спектроскопии ЯМР, в особенности аналоговой части спектрометров, получение навыков подготовки эксперимента, знакомство с методами обработки спектроскопических данных.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина "Техника ЯМР" относится к профессиональному циклу (М1 ДВ1). Является частью дисциплин, посвященных технике физического эксперимента, логическим продолжением курса "Основы теории спектров ЯМР". От обучаемых требуются знания в области анализа линейных цепей, аналоговой и цифровой электроники, магнитной радиоспектроскопии. Освоение данной дисциплины может быть использовано при работе над магистерской диссертацией.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своим профилем подготовки)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью к свободному владению профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, использованию современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью 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-6 (профессиональные компетенции)	способностью внедрять результаты прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы, основанные на колебательно-волновых принципах функционирования

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью составлять обзоры перспективных направлений научно-инновационных исследований, готовностью к написанию и оформлению патентов в соответствии с правилами
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью к подготовке и проведению лабораторных и семинарских занятий (включая участие в разработке учебно-методических пособий), к руководству научной работой студентов младших курсов и школьников в области физики и радиопизики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:  
принципы работы спектрометров ЯМР.
2. должен уметь:  
рассчитывать чувствительность спектрометров.
3. должен владеть:  
практическими навыками обработки спектров.
4. должен демонстрировать способность и готовность:  
к подготовке спектроскопического эксперимента

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 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. Введение. Предмет курса. Понятие о магнитном резонансе. Классическое описание магнитного резонанса. Вращающаяся система координат (ВСК).	3	1,2	2	2	0	устный опрос

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. Датчики спектрометров ЯМР. Колебательный контур как трансформатор импеданса. Параметры реального контура.	3	3,4	2	2	0	устный опрос
3.	Тема 3. Шумы. Спектральные характеристики шумов. Шум-фактор. Измерение шум-фактора.	3	5,6	2	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Детектирование в радиоспектроскопии.	3	7,8	2	2	0	устный опрос
5.	Тема 5. Аналого-цифровое преобразование.	3	9,10	2	2	0	устный опрос
6.	Тема 6. Фурье-спектроскопия. Соотношение между импульсным и стационарным сигналами.	3	11,12	2	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Широкополосные устройства ВЧ-диапазона. 50-омная техника. Согласование передатчика, датчика и приемника. Измерение коэффициента отражения	3	13,14	2	2	0	устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			14	14	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Предмет курса. Понятие о магнитном резонансе. Классическое описание магнитного резонанса. Вращающаяся система координат (ВСК).**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Классическое описание магнитного резонанса. Вращающаяся система координат (ВСК). Сигнал спиновой индукции. Спиновое эхо.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Расчет величины сигнала ЯМР для реальных условий.

**Тема 2. Датчики спектрометров ЯМР. Колебательный контур как трансформатор импеданса. Параметры реального контура.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Телеграфные уравнения. Согласование по напряжению, току, мощности. Способы трансформации импеданса.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Вывод формулы для емкостной схемы трансформации сопротивления колебательного контура

**Тема 3. Шумы. Спектральные характеристики шумов. Шум-фактор. Измерение шум-фактора.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Тепловые (джонсоновские) шумы. Дробовой шум. Импульсный шум. Методы описания шумов устройств.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Вычисление коэффициента шума многокаскадного усилителя.

**Тема 4. Детектирование в радиоспектроскопии.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Амплитудный, пиковый, синхронно-фазовые детекторы. Квадратурное детектирование. Комбинационные частоты. Гетеродинирование.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Рассчитать величину сигнала ССИ 19F в CaF<sub>2</sub>. Частота ? 10МГц, температура ? 300К, объем катушки и образца равен 1 см<sup>3</sup>, катушка содержит 10 витков диаметром 6мм, добротность контура ? 50. Оценить величину отношения сигнал/шум.

**Тема 5. Аналого-цифровое преобразование.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы аналого-цифрового преобразования. Шумы преобразования. Учет дискретизации времени и напряжения.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Моделирование свойств АЦ-преобразования.

**Тема 6. Фурье-спектроскопия. Соотношение между импульсным и стационарным сигналами.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Цифровое фурье-преобразование (ФП). Алгоритмы быстрого ФП. Влияние параметров аналоговых фильтров на качество полученных спектров. Практические аспекты свойств фурье-преобразования.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Реализация рекурсивного алгоритма БПФ.

**Тема 7. Широкополосные устройства ВЧ-диапазона. 50-омная техника. Согласование передатчика, датчика и приемника. Измерение коэффициента отражения**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Широкополосные трансформаторы. Методы проектирования. Magic-T. Настройка датчика ЯМР. Трансформаторы сопротивлений на основе отрезков линий.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Расчет частотной зависимости отраженного сигнала гибридного моста от импеданса нагрузки.

### 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. Введение. Предмет курса. Понятие о магнитном резонансе. Классическое описание магнитного резонанса. Вращающаяся система координат (ВСК).	3	1,2	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
2.	Тема 2. Датчики спектрометров ЯМР. Колебательный контур как трансформатор импеданса. Параметры реального контура.	3	3,4	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
3.	Тема 3. Шумы. Спектральные характеристики шумов. Шум-фактор. Измерение шум-фактора.	3	5,6	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Детектирование в радиоспектроскопии.	3	7,8	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
5.	Тема 5. Аналого-цифровое преобразование.	3	9,10	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
6.	Тема 6. Фурье-спектроскопия. Соотношение между импульсным и стационарным сигналами.	3	11,12	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
7.	Тема 7. Широкополосные устройства ВЧ-диапазона. 50-омная техника. Согласование передатчика, датчика и приемника. Измерение коэффициента отражения	3	13,14	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
	Итого				44	



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

Лекции, практические занятия.

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

### **Тема 1. Введение. Предмет курса. Понятие о магнитном резонансе. Классическое описание магнитного резонанса. Вращающаяся система координат (ВСК).**

устный опрос , примерные вопросы:

Спад спиновой индукции, спиновое эхо, адиабатическая инверсия.

### **Тема 2. Датчики спектрометров ЯМР. Колебательный контур как трансформатор импеданса. Параметры реального контура.**

устный опрос , примерные вопросы:

Телеграфные уравнения. Способы трансформации импеданса.

### **Тема 3. Шумы. Спектральные характеристики шумов. Шум-фактор. Измерение шум-фактора.**

устный опрос , примерные вопросы:

Типы и характеристики шумов.

### **Тема 4. Детектирование в радиоспектроскопии.**

устный опрос , примерные вопросы:

Квадратурное и синхронное детектирование.

### **Тема 5. Аналого-цифровое преобразование.**

устный опрос , примерные вопросы:

Функция распределения шумов АЦП.

### **Тема 6. Фурье-спектроскопия. Соотношение между импульсным и стационарным сигналами.**

устный опрос , примерные вопросы:

Проблема вложения. Oversampling.

### **Тема 7. Широкополосные устройства ВЧ-диапазона. 50-омная техника. Согласование передатчика, датчика и приемника. Измерение коэффициента отражения**

устный опрос , примерные вопросы:

Настройка датчика ЯМР.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету.

- 1.Емкостная схема согласования датчика ЯМР.
- 2.Автотрансформаторная схема согласования датчика ЯМР.
- 3.Расчет шум-фактора многокаскадного усилителя.
- 4.Шумы АЦП.
- 5.Коммутация датчика импульсного спектрометра с помощью импульсных диодов и четвертьволнового трансформатора.
- 6.Квадратурное детектирование.
- 7.Преобразование частот в спектрометре ЯМР.
- 8.Настройка датчика импульсного спектрометра.
- 9.Стационарные спектрометры - Q-метр и автодин.



## 10. Широкополосная трансформация. Magic-T.

### 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. <http://znanium.com/bookread.php?book=469025>
2. Основы теории цепей: Учебное пособие / Г.Н. Арсеньев, В.Н. Бондаренко, И.А. Чепурнов; Под ред. Г.Н. Арсеньева.  
- М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 448 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=224548>
3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. ? 3-е изд. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 768 с.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=354905>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Молчанов, А. П. Курс электротехники и радиотехники: учеб. пособие / А. П. Молчанов, П. Н. Занадворов. ?4-е изд., стереотипн. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 608 с.<http://znanium.com/bookread.php?book=350909>
2. Ядерный магнетизм / А. Абрагам; пер. с англ. под ред. Г. В. Скродского.?Москва: Изд-во иностранной литературы, 1963.?551 с
3. Электронная техника: Учебник / М.В. Гальперин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 352с  
<http://znanium.com/bookread.php?book=420238>
4. Раннев Е.В. Цифровой квадратурный приемник ядерного магнитного резонанс - сигнала низкого разрешения / Интернет-журнал "Науковедение", Вып. 1, 2014<http://znanium.com/bookread.php?book=477399>
5. Проектирование аналоговых и цифровых устройств: Учебное пособие / В.С. Титов, В.И. Иванов, М.В. Бобырь. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 143 с.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=4227206>
6. М. Гук. Аппаратные средства локальных сетей: Энцикл. / Михаил Гук.СПб. и др.: Питер, 2002.572с.: ил.Алф. указ.: с.544-572.
7. Новиков Ю.В. Локальные сети: архитектура, алгоритмы, проектирование / Ю.В.Новиков, С.В.Кондратенко.М.: ЭКОМ, 2002.311с.
8. Кенин, Александр Михайлович. Самоучитель системного администратора / Александр Кенин.Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006.451 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 "Техника ядерно-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 "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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Физика магнитных явлений

Автор(ы):

Егоров А.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Орлинский С.Б. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.