

Федеральное государственное автономное образовательное  
Учреждение высшего профессионального образования  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Проректор по образовательной деятельности  
Минзарипов  
20 г.



**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ МЕТОДОВ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА»**


**СД.ДС.Ф.8**

Специальность: 010701.65 - Физика

Принята на заседании кафедры физики молекулярных систем

(протокол № 1 от "9" сентября 2014 г.)

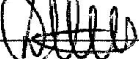
Заведующий кафедрой физики молекулярных систем

 (В.Д. Скирда)

Утверждена Учебно-методической комиссией института физики КФУ

(протокол № 7 от "11" сентября 2014 г.)

Председатель комиссии

 (Д.А. Таурский)

## Методические указания (пояснительная записка)

### Рабочая программа дисциплины «Физические принципы методов ядерного магнитного резонанса»

Предназначена для студентов дневного отделения 3 -го курса, 6 семестр

по специальности: Физика - 010701.65

по специализации: Физика полимеров

**АВТОР:** доктор физико-математических наук, профессор В.Д. Скирда

#### КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ:

В рамках дисциплины излагаются основные радиоэлектронные и схемотехнические решения на примере аппаратуры ЯМР, основы ядерного магнитного резонанса, способы регистрации сигнала ЯМР.

#### 1. Требования к уровню подготовки студента, завершившего изучение дисциплины «Физические принципы методов ядерного магнитного резонанса»

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- понимать основы явления ЯМР (на уровне классического подхода);
- усвоить основное содержание радиоэлектронной аппаратуры, назначение и основные требуемые характеристики основных блоков ЯМР;
- усвоить основные принципы разработки радиоэлектронных устройств.

#### 2. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах).

Форма обучения - дневная

Количество семестров 1

Форма контроля: зачет

6 семестр

№	Виды учебных занятий	Количество часов
1.	Всего часов по дисциплине	170
2.	Самостоятельная работа	51
3.	КСР	34
4.	Аудиторных занятий	85
	в том числе: -лекций	51
	-лабораторных занятий	34

#### 3. Содержание разделов дисциплины.

##### 3.1 ТРЕБОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА К ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ ПРОГРАММЫ

Индекс	Наименование дисциплины и ее основные разделы	Всего часов
-	-	-

Примечание: Если дисциплина, устанавливается вузом самостоятельно, то в данной таблице ставится прочерк.

### 3.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование темы и ее содержание	Количество часов	
		Аудиторные занятия, в том числе	
		Лекции	Лабораторные занятия
1	<b>Тема 1.</b> Введение в принципы ЯМР. Классическое представление. Импульсное возбуждение спиновой системы. Лабораторная и вращающаяся системы координат. Понятия времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации.	4	-
2	<b>Тема 2.</b> Сигналы после импульсного возбуждения спиновой системы. Введение в теорию отклика. Основные блоки, необходимые для возбуждения и регистрации сигнала ЯМР. Требования к ним. Передатчик, приемник, формирователь радиочастотных сигналов.	6	3
3	<b>Тема 3.</b> Детектирование сигнала. Основные типы детекторов. Преимущества и недостатки. Амплитудный детектор и детектор средних значений. Пиковый детектор. Идеальный амплитудный детектор. Влияние и учет шумового сигнала на детектирование. Синхронный детектор. Преимущества и требования. Квадратурный детектор.	4	3
4	<b>Тема 4.</b> Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей. Системы обработки экспериментальных данных.	4	-
5	<b>Тема 5.</b> Основные методики измерения времен спин-спиновой ре-локации. Влияние неоднородного уширения. Основные методики измерения времен спин-решеточной релаксации. Связь измеряемых параметров с характеристиками молекулярного движения.	6	4
6	<b>Тема 6.</b> Самодиффузия (Ds). Ядерный магнитный резонанс с импульсным градиентом магнитного поля как метод регистрации трансляционной подвижности молекул. Сравнительный анализ методик постоянного и импульсного градиента магнитного поля. Аппаратурные ограничения. Спектр коэффициентов самодиффузии. Измеряемые характеристики.	6	4
7	<b>Тема 7.</b> Назначение и требования к блокам импульсного градиента магнитного поля. Варианты исполнения.	3	3
8	<b>Тема 8.</b> Особенности измерения коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах, характеризующихся спектрами времен релаксации и коэффициентов самодиффузии. Двумерный ЯМР. Представление данных в виде двумерных карт T2 -T1, Ds -T2, Ds -T1.	6	4
9	<b>Тема 9.</b> Системы термостатирования образца. Требования и типичные подходы к реализации. Основные радиотехнические элементы. Характеристики и области применения.	4	3
10	<b>Тема 10.</b> Построение блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР на базе использования логических	4	4

	<p>микросхем малой и средней степени интеграции.</p> <p>Формирование блока радиочастотного сигнала. Принципы формирования и контроля фазы.</p> <p>Требования к импульсному передатчику. Типичные схемы радиочастотных усилителей. Демпфирование сигнала. Типичные конструктивные схемы приемно-передающей катушки и датчика ЯМР.</p>		
11	<p><b>Тема 11.</b> Требования и примеры выполнения приемных устройств сигнала ЯМР. Преобразования частоты. Методы преобразования частоты. Фильтрация сигнала на радиочастоте. Линейность приемного тракта.</p>	2	4
12	<p><b>Тема 12.</b> Наиболее типичные источники систематических ошибок и некорректностей в работе простейших ЯМР приборов. Методы их устранения и учета.</p> <p>Принципы управления работой ЯМР прибора. Применения управляющих ЭВМ. Передача ЭВМ функций тестирования и настройки прибора. Автоматизация эксперимента.</p>	2	2
	<b>Итого часов</b>	<b>51</b>	<b>34</b>

## 4. Литература

### Основная литература

1. 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/catalog.php?bookinfo=469025>
2. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости / Федотов М.А. – 2010. – ISBN: 978-5-9221-1202-4. – 384 стр. – Издательство «Физматлит». Электронно-библиотечная система.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2151](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2151)
3. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома: Учебник / Шпольский Э.В. – 2010. – 448 стр. – Издание 6-ое. – ISBN: 978-5-8114-1006-4. – Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=443](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=443)

### Дополнительная литература

1. Основы квантовой механики: Учебник / Блохинцев Д.И. – 2014. – 672 стр. – Издание 7-ое. – ISBN: 978-5-8114-0554-1. – Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=619](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=619)
2. Специальные функции. Производные, интегралы, ряды и другие формулы. Справочник. / Брычков Ю.А. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 512 с. – Издательство "Лань" Электронно-библиотечная система. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48182](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48182)

### Интернет ресурсы:

- 1 ДАТЧИКИ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА КАК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ЧАСТОТУ\_НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, 2007  
URL: <http://213.170.69.26/mag/2007/full2/Art4.pdf>
- 2 Название: Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса Автор: Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин Год выпуска: 2013 Страниц: 272  
URL: <http://stud-asper.net/4164-osnovy-kvantovoj-teorii-jadernogo-magnitnogo.html>
- 3 Видео: Чижик ВИ Лекция-беседа о явлении магнитного резонанса и спиновом эхо  
URL: [www.youtube.com/watch?v=5oQW2qhETPU](http://www.youtube.com/watch?v=5oQW2qhETPU)
- 4 Видео: Куприянов П. А. Ядерный магнитный резонанс в магнитном поле Земли  
URL: <http://www.youtube.com/watch?v=UKEqu29VWzg>
- 5 Видео: Ядерный магнитный резонанс  
URL: <http://www.youtube.com/watch?v=3Y0ztReYWDc>
- 6 Видео: Чижик В И Простота и сложность явления магнитного резонанса  
URL: <http://www.youtube.com/watch?v=E3xEcouRCZQ>

