


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

"УТВЕРЖДАЮ"  
Проректор по образовательной деятельности  
\_\_\_\_\_ Ф.А. Минзарипов  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Ядерный магнитный резонанс»

**СД.ДС.Ф.9**

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 (В.Д. Скирда)

Утверждена Учебно-методической комиссией института физики КФУ

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

Председатель комиссии

Д.А. Тагорский (Д.А. Тагорский)

## Методические указания (пояснительная записка)

Рабочая программа дисциплины "Ядерный магнитный резонанс"  
Предназначена для студентов 4 курса, 7 семестр  
по специальности: Физика 01.07.01.65

АВТОР: Фаткуллин Н.Ф.

**КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ:** в рамках дисциплины «Ядерный магнитный резонанс» систематически излагаются основы квантовой теории магнитного резонанса.

### 1. Требования к уровню подготовки студента, завершившего изучение дисциплины «Ядерный магнитный резонанс»

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны: иметь представление об основах квантовой теории магнитного резонанса.

## СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

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

Форма обучения: очная

Количество семестров: 1

Форма контроля: экзамен

№ п/п	Виды учебных занятий	Количество часов
1.	Всего часов по дисциплине	180
2.	Самостоятельная работа	54
3.	КСР	36
4.	Аудиторных занятий	90
	в том числе лекций	54
	семинарских (или лабораторно-практических)	36

### 3. Содержание дисциплины

3.1. ТРЕБОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА К ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ ПРОГРАММЫ

Индекс	Наименование дисциплины и ее основные разделы	Всего часов
СД,ДС.Ф.9	<b>Ядерный магнитный резонанс</b>	180

### 3.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название темы и ее содержание	Количество часов		
		лекции	семинарские (лаб.-практ.) занятия	самостоятельная работа
1	Основные свойства спиновых операторов.	4	5	5
2	Операторы проектирования. Матрица плотности. Уравнение Лиувилля-фон Неймана.	4		5
3	Магнитный момент g -фактор, гиромагнитное отношение.	3		2
4	Поведение одиночного спина в постоянном магнитном поле.	3		2
5	Задача Рабби: поведение спина под действием РЧ поля и постоянного магнитного поля	3		2
6	Феноменологические уравнения Блоха.	3		4
7	Пространство Лиувилля для спиновых степеней свободы. Супероператор Лиувилля. Супероператор эволюции.	3		2
8	Представление Шредингера. Представление Нейзенберга. Представление Дирака. Хронологическая экспонента Дайсона.	5		5
9	Обобщенные кинетические уравнения Блоха-Редфлда-Вангенесса. Приближение коротких времен корреляций. Частотная матрица. Матрица кинетических коэффициентов.	6	5	5
10	Установление термодинамического равновесия в спиновой подсистеме.	4		
11	Релаксация спина 1/2 в случайном магнитном поле. T <sub>1</sub> -релаксация. T <sub>2</sub> -релаксация.	8	10	10
12	Метод Кубо и Томиты. Линейный отклик. Тензор релаксации. Приближение Ван-Флека.	4		2
13	Форма сигнала и релаксационная функция. Метод моментов. Вычисление второго момента жесткой решетки.	4	16	10
	Итого часов:	54	36	54

## 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. Лекции по магнетизму / Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. – Издание 3-е переработанное и дополненное. – 2005. ISBN: 5-9221-0577-9. – 512 стр. – Издательство «Физматлит». Электронно-библиотечная система.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2118](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2118)

4. Основы квантовой механики : Учебник / Блохинцев Д.И. – 2004. – 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)

## Дополнительная литература

1. Лекции по физике / Браже Р.А. – Издание 1-ое. – 2013. – ISBN: 978-5-8114-1436-9. – 320 стр. – Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10248](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10248)

2. Ядерный магнетизм: монография / А. Абрагам - Рипол Классик, 2013 - 556 с.  
[http://books.google.ru/books?id=lvj9AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.ru/books?id=lvj9AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

## Интернет-ресурсы

1. Кафедра химической физики, [http://portal.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=5731](http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=5731).
2. Образовательный проект Варгина А.Н., <http://www.ph4s.ru/index.html>.
3. Релаксация магнитная, [http://femto.com.ua/articles/part\\_2/3383.html](http://femto.com.ua/articles/part_2/3383.html).
4. Физическая энциклопедия: Спиновый гамильтониан, [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/4774/СПИНОВЫЙ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/4774/СПИНОВЫЙ).
5. Хроника открытия магнитного резонанса, <http://kpfu.ru/museums/muzej-laboratoriya-ekzavojskogo/nauchnaya-deyatelnost/hronika-otkrytiya-magnitnogo-rezonansa>

БИЛЕТЫ

к курсу "Ядерный магнитный резонанс (квантовая теория)"

Билет 1

1. Магнитный момент.
2. Вычисление второго момента жесткой решетки.

Билет 2

1. Поведение одиночного спина в постоянном магнитном поле.
2. Тензор релаксации.

Билет 3

1. Гиромагнитное отношение.
2.  $T_1$ -релаксация спина  $1/2$  в случайном магнитном поле.

Билет 4

1. Задача Рабби.
2. Форма сигнала и релаксационная функция.

Билет 5

1. Частотная матрица.
2.  $T_2$ -релаксация спина  $1/2$  в случайном магнитном поле.

Билет 6

1. Уравнение Лиувилля-фон Неймана.
2. Матрица кинетических коэффициентов.

Билет 7

1. Хронологическая экспонента Дайсона.
2. Приближение коротких времен корреляций.

**Контроль остаточных знаний - качественное знание любого вопроса программы.**