

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет
Кафедра химической и биологической физики

академик РАН



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

А. Е. Бондарь

« 04 » 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

направление подготовки: **03.04.02 Физика, Курс 1, семестр 2**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения

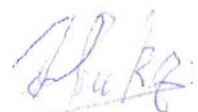
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	36	32			2			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:
д.ф.-м.н., доцент

Заведующий кафедрой ХБФ ФФ НГУ
д.ф.-м.н.

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

 Н. Н. Лукзен

 С.А. Дзюба

 И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2020

Содержание

Аннотация.....	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	5
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	6
5. Перечень учебной литературы.	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	9

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Магнитно-резонансная томография»
Направление: **03.04.02 Физика**
Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Программа дисциплины «**Магнитно-резонансная томография**» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню подготовки магистра по направлению **03.04.02 Физика, «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой химической и биологической физики в качестве факультативной дисциплины. Дисциплина изучается студентами магистратуры физического факультета в весеннем семестре.

Цель курса- познакомить студентов-физиков, с основами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и магнитно-резонансной томографии

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (**ПК-1**);

способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (**ПК-2**).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные понятия ядерного магнитного резонанса, описание спиновой динамики квантовым и классическим образом, импульсные последовательности ЯМР и МРТ парамагнитная релаксация, основные импульсные последовательности МРТ визуализации;
- основные современные методы ЯМР и МРТ, включая различные методы получения МРТ изображений и проведения МРТ эксперимента, методы гиперполяризации.

Уметь:

- аналитически описывать и решать уравнения спиновой динамики с учетом спиновой релаксации, резонансного радиочастотного поля и градиентов магнитного поля;
- рассчитывать эффект многоимпульсных последовательностей.

Владеть:

- теоретическими методами ЯМР и МРТ.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контрольные вопросы.

Промежуточная аттестация: зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **1** зачётную единицу/**36** академических часов.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «**Магнитно-резонансная томография**» представляет собой начальный магнитного резонанса и МР томографии. Курс реализуется на физическом факультете федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой химической и биологической физики в качестве факультативной дисциплины. Дисциплина изучается студентами магистратуры физического факультета в весеннем семестре.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с 1) основными понятиями ядерного магнитного резонанса; 2) методами описания спиновой динамики; 3) импульсными последовательностями в ЯМР и МРТ; 4) способами получения МРТ изображений по плотности протонов и с использованием различных методов контрастирования.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (**ПК-1**);

способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (**ПК-2**).

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными методами и приложениями ЯМР и МРТ в области строения молекул, ядерной гиперполяризации и медико-биологических исследований. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе и планах дальнейших работ в институтах, в котором студенты планируют проходить научную практику.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

• **Знать:**

- основные понятия ядерного магнитного резонанса, описание спиновой динамики квантовым и классическим образом, импульсные последовательности ЯМР и МРТ парамагнитная релаксация, основные импульсные последовательности МРТ визуализации (ПК 1.1);

- основные современные методы ЯМР и МРТ, включая различные методы получения МРТ изображений и проведения МРТ эксперимента, методы гиперполяризации (ПК 2.1).

• **Уметь:**

- аналитически описывать и решать уравнения спиновой динамики с учетом спиновой релаксации, резонансного радиочастотного поля и градиентов магнитного поля (ПК 1.2);

- рассчитывать эффект многоимпульсных последовательностей (ПК 2.2).

• **Владеть:**

- теоретическими методами ЯМР и МРТ (ПК 2.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «**Магнитно-резонансная томография**» читается для обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является факультативной дисциплиной, реализуемой кафедрой химической и биологической физики. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по квантовой механике, а также по некоторым разделам математики (дифференциальное и интегральное исчисления, ряды Фурье и др.).

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	36	32			2			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: контрольные вопросы.

Промежуточная аттестация: зачёт.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачётную единицу.

- лекционные занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 2 часа;
- промежуточная аттестация (зачёт) – 2 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лекционные занятия, зачёт) составляет 34 часа.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Основные понятия ядерного магнитного резонанса. Магнитные моменты ядер.	1	2	2					
2.	Классическое описание динамики спиновой системы. Уравнения Блоха.	2	2	2					
3.	Квантовое описание динамики спиновой системы	3-4	4	4					
4.	Импульсные методы в ЯМР, спиновое эхо, измерение T1, T2 и T2*	5-8	8	8					
5.	Основные методы МРТ: выбор среза, фазовое кодирование, читающий градиент, k-пространство	9-12	8	8					
6.	Основные эхо и градиентные последовательности МРТ, эффекты потоков и диффузии в МРТ	13-16	10	8		2			
7.	Зачёт		2						2
Всего			36	32		2			2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Основные понятия ядерного магнитного резонанса. Магнитные моменты ядер. (2 часа)

Введение: понятие о спине и магнитном моменте ядер, распространенность и гиромагнитные отношения ядер. Предмет и задачи магнитного резонанса и МР томографии. Ядра со спином больше $\frac{1}{2}$. Понятие о ядерном магнитном резонансе. Основные идеи МР томографии.

Раздел 2. Классическое описание динамики спиновой системы. Уравнения Блоха. (2 часа)

Уравнения движения магнитного момента ядер. Уравнения движения магнитного момента во вращающейся системе отсчета. Времена T_1 и T_2 релаксации.

Раздел 3. Квантовое описание динамики спиновой системы (4 часов)

Волновая функция и матрица плотности. Гамильтониан спина в магнитном поле, постоянном и переменном. Переход во вращающуюся систему отсчета при квантовом описании. Совместимость классического и квантового описания динамики квантовой системы.

Раздел 4. Импульсные методы в ЯМР, спиновое эхо, измерение T_1 , T_2 и T_2^* (8 часов)

Спад свободной индукции. Спектр ЯМР как Фурье-преобразование спада свободной индукции. Спиновое эхо, 90 и 180 градусное эхо. Мульти-эхо. Времена релаксации T_1 , T_2 и T_2^* и их измерение.

Раздел 5. Основные методы МРТ: выбор среза, фазовое кодирование, читающий градиент, к-пространство (8 часов)

Выбор одного или нескольких срезов. Принципы фазового кодирования. Читающий градиент. Связь разрешения в к-пространстве с пространственным разрешением. Теорема Найквиста-Котельникова. Неселективные и срез-селективные импульсы. Контраст в спин-эхо последовательностях. Томография с трехмерным кодированием.

Раздел 6. Основные эхо и градиентные последовательности МРТ, эффекты потоков и диффузии в МРТ (8 часов)

Многочеховые последовательности МРТ. Стандартная эхо-последовательность МРТ. Турбо спин эхо, артефакты из-за T_2^* . Градиентное эхо последовательности. Контраст и отношение сигнал – шум в изображениях. Эффекты движения и потоков. Получение изображения потоков. Фазо-контрастные методы МРТ. Теория конфигураций. Эхо последовательность с произвольным фокусирующим импульсом. Измерение коэффициента и тензора диффузии в МРТ. МРТ перфузионные изображения.

Самостоятельная работа студентов (2 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	2

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Дзюба С. А. Основы магнитного резонанса, Новосибирск, НГУ, 2010.

5.2. Дополнительная литература

2. Дероум Э. "Современные методы ЯМР для химических исследований" М.: Мир, 1992.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

3. Дзюба С. А. Основы магнитного резонанса, Новосибирск, НГУ, 2010.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем контрольных вопросов в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачёте. Он проводится в конце семестра в устной форме. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Оценка «зачтено» означает успешное прохождение промежуточной аттестации.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Магнитно-резонансная томография».

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно

				несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.2. Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры контрольных вопросов

1. Основные понятия ядерного магнитного резонанса.
2. Магнитные моменты ядер.
3. Импульсные методы в ЯМР.
4. Спиновое эхо и многократная рефокусировка эха.
5. Основные методы МРТ: выбор среза.

Примеры вопросов на зачёт

1. Классическое описание динамики спиновой системы.
2. Уравнения Блоха
3. Квантовое описание динамики спиновой системы
4. Измерение T_1 , T_2 и T_2^*
5. Фазовое кодирование, читающий градиент, k -пространство
6. Основные эхо и градиентные последовательности МРТ,
7. Эффекты потоков и диффузии в МРТ

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Магнитно-резонансная томография»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного