

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

 Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Современные методы магнитного резонанса

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Мамин Г.В. (Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), George.Mamin@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности;
ПК-2	Способностью самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Основные тенденции в развитии новых современных методов магнитного резонанса и их применение

Должен уметь:

Применять полученные знания при выборе методов исследования к новым материалам и объектам

Должен владеть:

Фундаментальными основами спектроскопии и релаксометрии методов магнитного резонанса

Должен демонстрировать способность и готовность:

к анализу современной литературы, в том числе научной, по современному ЯМР и ЭПР.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Квантовые устройства и радиофотоника)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 102 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 18 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Основы магнитного резонанса. Матрица плотности.	2	3	0	3	0	0	0	25
2.	Тема 2. Ядерный магнитный резонанс широких линий. Ядерный квадрупольный резонанс.	2	3	0	4	0	0	0	27
3.	Тема 3. Ядерный магнитный резонанс высокого разрешения.	2	3	0	5	0	0	0	30
4.	Тема 4. Ядерный магнитный резонанс в градиенте магнитного поля. Магнитно-резонансная томография.	2	3	0	0	0	0	0	20
	Итого		12	0	12	0	0	0	102

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Основы магнитного резонанса. Матрица плотности.

Лекции: Явление ядерного магнитного резонанса. Вращающаяся система координат. Импульсные последовательности. Матрица плотности в магнитном резонансе. Вывод значений магнитных моментов системы спинов. Уравнение Лиувилля и метод фон Неймана. Стационарный спиновый гамильтониан во вращающейся системы координат. Спад спиновой индукции.

Практические занятия: Написание программы для вычисления ССИ системы из двух ядер, связанных между собой диполь-дипольным взаимодействием.

Самостоятельная работа: Расчет ССИ для заданной системы.

Тема 2. Ядерный магнитный резонанс широких линий. Ядерный квадрупольный резонанс.

Лекции: Квадрупольный момент ядер. Потенциал Маделунга в ионных кристаллах. Разложение для получения тензора электрического кристаллического поля. Вычисление тензора электрического кристаллического поля. Взаимодействие кристаллического поля и ядерного квадрупольного момента. Спектр ЯКР меди. Спектр ЯМР меди. Способы расчета спектра порошка.

Практические занятия: Написание программы для расчета тензора электрического кристаллического поля.

Самостоятельная работа: Применение программы расчета для заданного кристалла.

Тема 3. Ядерный магнитный резонанс высокого разрешения.

Лекции: Ядерный магнитный резонанс в химии и биологии. Поляризация электронной оболочки в магнитном поле. Химический сдвиг. Ядерное косвенное взаимодействие. Эффект Найта. Расчет спектра ЯМР высокого разрешения с помощью функционала электронной плотности. Двумерные последовательности в ЯМР высокого разрешения. Определение структуры белков.

Практические занятия: Расчет спектра ЯМР в программе Orca.

Самостоятельная работа: Изучение команд для работы с внешними серверами в среде Linux.

Тема 4. Ядерный магнитный резонанс в градиенте магнитного поля. Магнитно-резонансная томография.

Лекции: Градиент магнитного поля, типы катушек, способы формирования импульсов тока. Ядерный магнитный резонанс для измерения скорости потока. Ядерный магнитный резонанс для измерения коэффициента самодиффузии молекул. Основы магнитно-резонансной томографии. Выделение слоя изображения. Получение изображения внутри слоя. Получение 3D изображений скоростей релаксации. Контрастные агенты. МРТ для наблюдения мыслительных процессов в мозге человека.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

NMR - <https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/virttxtjml/spectrpy/nmr/nmr1.htm>

The basics of NMR - <https://www.cis.rit.edu/htbooks/nmr/>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

NMR in chemistry - https://www.ucl.ac.uk/nmr/NMR_lecture_notes

Принципы получения изображений в магнитно-резонансной томографии - https://kpfu.ru/portal/docs/F_1277485057/Principyu.polucheniya.izobrazhenij.v.MRT.Plyasov.pdf

Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в органической и металлоорганической химии - <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/petrosyan/welcome.html>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студенты обязаны посещать все лекционные занятия. На занятиях необходимо вести конспект лекций. Необходимо активное участие в обсуждении. Приветствуется задавать вопросы лектору по теме лекции. Также в конце каждой лекции необходимо записать вопросы к самостоятельной работе. Приветствуется к последующим лекциям провести предварительное освоение темы и подготовить вопросы.
практические занятия	Студенты обязаны посещать все практические занятия. На практических занятиях необходимо иметь с собой конспект лекций. На практических занятиях в зависимости от их специфики проводятся либо решение конкретных задач, либо представляются результаты самостоятельной работы. Результаты самостоятельной работы представляются в виде короткого сообщения.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов при освоении курса является неотъемлемой частью программы. Для успешного усвоения дисциплины требуется систематическая работа с современной литературой и, в особенности, интернет ресурсами. Литература на английском языке, как правило, более современная и информация, содержащаяся в ней актуальна. В качестве интернет-поисковика рекомендуется http://www.google.com . Поисковой запрос рекомендуется формировать на английском языке.
экзамен	При подготовке к экзамену или зачету необходимо использовать также как и при подготовке к контрольным работам весь объем знаний, полученных в ходе выполнения курса. Непосредственно на зачете или экзамене студенту предоставляется время для подготовки, во время которого запрещается пользоваться любыми материалами, кроме справочных. Во время ответа преподавателю необходимо ответить на вопросы, заданные для предварительной подготовки. После ответа, студенту могут быть заданы дополнительные вопросы из любого раздела курса.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе "Квантовые устройства и радиофотоника".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Основы ядерного магнитного резонанса : учебное пособие / М.П. Евстигнеев, А.О. Лантушенко, В.В. Костюков [и др.]. - Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2022. - 247 с. - ISBN 978-5-9558-0414-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858556> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Бельская, Н. П. Ядерный магнитный резонанс. Теория и практика. В 3 ч. Ч. 2: учебное пособие / Бельская Н.П., Ельцов О.С., - 2-е изд., стер. - Москва: Флинта, 2018. - 124 с.: ISBN 978-5-9765-3557-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966424> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - Москва : Логос, 2020. - 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1213078> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Полулях, С. Н. Введение в ядерный магнитный резонанс и магнитную релаксацию : учебное пособие / С.Н. Полулях. - Москва : ИНФРА-М, 2021. - 163 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016715-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1221059> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Клочков В.В. ЯМР спектроскопия в органической и биоорганической химии: конспект лекций / В.В. Клочков, Ф.Х. Каратаева, С.В. Ефимов - Казань: Казанский университет, 2016 - 146 с. - Текст: электронный - URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F863402254/ЛЕКЦИYa_YaMR_v_organicheskoy_i_bioorganicheskoy_himii__Lekcii_2016_.1_.pdf (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: открытый.
3. Введение в магнитно-резонансную томографию: учебное пособие для магистратов и бакалавров / А.В. Аганов, А.Р. Юльметов. - Казань: Казанский университет, 2014. - 64 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/portal/docs/F_993344670/aganov_A4.pdf (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: открытый.
4. Абрагам, А. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов: в 2 томах: перевод с английского / А. Абрагам, Б. Блини; под ред. С. А. Альтшулера, Г. В. Скродского. - Москва: Мир, 1972. - Т. 1. - 1972. - 651 с. (30 экз.).
5. Абрагам, А. Ядерный магнетизм / А. Абрагам ; пер. с англ. под ред. Г. В. Скродского. - Москва: Изд-во иностранной литературы, 1963. - 551 с. (50 экз.).
6. Альтшулер, С. А. Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп / С. А. Альтшулер, Б. М. Козырев. - Издание 2-е, переработанное. - Москва: Наука, 1972. - 672 с. (101 экз.).

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.03 Современные методы магнитного резонанса*

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.