

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

_____ Турилова Е.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Методы магнитного резонанса

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

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. Мельникова Д.Л. (Кафедра физики молекулярных систем, Отделение физики), melndaria@mail.ru ; заведующий кафедрой, д.н. Скирда В.Д. (Кафедра физики молекулярных систем, Отделение физики), kazanvs@mail.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
ПК-1	Способен 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

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

устройство спектрометра ЯМР и работу его отдельных блоков

Должен уметь:

применять полученные знания для выполнения физического эксперимента по исследованию структуры и динамики молекулярных систем при помощи метода импульсного ЯМР

Должен владеть:

навыками работы на спектрометре ЯМР и постановки физического эксперимента при помощи спектрометра ЯМР

Должен демонстрировать способность и готовность:

- использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;
- способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;
- применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 54 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 26 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 90 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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- тель- ная 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	
N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	Само- стоя- тель- ная ра- бота
1.	Тема 1. Введение в принципы магнитного резонанса. Классическое представление.	3	2	0	2	0	0	0	8
2.	Тема 2. Релаксация: виды, механизмы и методы измерений.	3	2	0	2	0	0	0	6
3.	Тема 3. ЯМР и самодиффузия.	3	2	0	2	0	0	0	8
4.	Тема 4. Аппаратура магнитного резонанса.	3	2	0	2	0	0	0	10
5.	Тема 5. Ядерная релаксация в сложных системах.	3	2	0	2	0	0	0	6
6.	Тема 6. Ядерная релаксация в системах с широким распределением времен корреляции	3	4	0	4	0	0	0	6
7.	Тема 7. Ядерная релаксация на поверхности	3	4	0	1	0	0	0	12
8.	Тема 8. Градиентные методы в исследованиях самодиффузии в сложных молекулярных системах	3	4	0	1	0	0	0	20
9.	Тема 9. Градиент магнитного поля, как основа ЯМР-томографии.	3	4	0	10	0	0	0	8
4.2	Содержание дисциплины (модуля)						0	0	6
	Тема 1. Введение в принципы магнитного резонанса. Классическое представление.						0	0	6

Магнитный момент. Гиромагнитное отношение и g-фактор. Ядерный магнитный резонанс и электронный парамагнитный резонанс. История открытий. Расщепление уровней энергии в результате взаимодействия в магнитном поле. Равновесное распределение по уровням энергии. Скорость установления равновесия. Стационарный магнитный резонанс. Ширина линии поглощения. Классическое представление. Частота Лармора. Лабораторная и вращающаяся системы координат. Взаимодействие с переменным магнитным полем. Импульсное возбуждение спиновой системы. Понятие радиочастотных импульсов и их свойства: резонансная частота, угол поворота, фаза. Спад свободной индукции. Сигналы после импульсного возбуждения спиновой системы. Связь формы линии с откликом на импульсное возбуждение. Фурье преобразование. Метод моментов.

Тема 2. Релаксация: виды, механизмы и методы измерений.

Понятия спин-спиновой и спин-решеточной релаксации. Основные механизмы релаксации. Продольная и поперечная релаксация, принципиальное различие. Диполь-дипольный механизм релаксации. Взаимодействие с флуктуирующим магнитным полем. Гамильтониан дипольного взаимодействия. Время корреляции. Межмолекулярные и внутримолекулярные взаимодействия. Вращательные и трансляционные времена корреляции. Спектральная плотность. Уравнения Бломбергера-Парселла-Паунда (БПП). Скорость релаксации: зависимость от температуры и частоты резонанса. Высокотемпературное и низкотемпературное приближения. Время релаксации и форма сигнала для твердого тела (время корреляции бесконечно). Второй момент. Зависимость второго момента от параметров пространственного распределения спинов. Однородное и неоднородное уширение. Форма линии в высокотемпературном приближении. Химический сдвиг. ЯМР высокого разрешения. Основные методики измерения времен спин-решеточной релаксации. Основные методики измерения времен спин-спиновой релаксации. Многоимпульсные методики. Последовательность стимулированного эхо. Влияние настройки радиочастотных импульсов. Влияние неоднородности радиочастотного магнитного поля H₁. Понятие формы релаксационных затуханий. Методики вычисления времен релаксации.

Тема 3. ЯМР и самодиффузия.

Самодиффузия: понятие и методы измерения. Постоянный линейный градиент магнитного поля. Возбуждение и формирование сигнала в неоднородном магнитном поле. Ограничения на величину градиента магнитного поля. Форма сигнала спада свободной индукции (ССИ) и сигнала эхо в неоднородном магнитном поле и ее зависимость от формы образца. Форма сигналов от двух точечных или цилиндрических образцов. Способы измерения амплитуды постоянного градиента магнитного поля. Градиент магнитного поля в краевом поле магнита. Требования к приемной и передающей частям установки. Достоинства и недостатки методик с постоянным градиентом магнитного поля. Импульсный градиент магнитного поля, достоинства и недостатки. Основное требование к параметрам импульсов градиента. Основные импульсные последовательности (эхо Хана, стимулированное эхо). Понятие времени диффузии. Сравнительный анализ методик постоянного и импульсного градиента магнитного поля. Аппаратурные ограничения. Измеряемые характеристики и методики измерения. Диффузионные затухания от амплитуды, длительности импульсов градиента и от времени диффузии. Форма импульсов градиента. Спектр коэффициентов самодиффузии.

Тема 4. Аппаратура магнитного резонанса.

Типы магнитных систем: достоинства и недостатки. Современные магнитные системы на основе сверхпроводящих соленоидов: устройство, обслуживание, перспективы (магнитные системы с замкнутым циклом). Основные блоки, необходимые для возбуждения и регистрации сигнала ЯМР. Приемно-передающие устройства. Требования к ним. Передатчик, приемник. Системы детектирования сигнала ЯМР. 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. Аналоговое и цифровое квадратурное детектирование. Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей, формирователь радиочастотных импульсов, формирование фазы. Системы обработки экспериментальных данных в магнитном резонансе. Настройка резонансных условий. Системы стабилизации резонансных условий. Аппаратура градиентного ЯМР. Назначение и требования к блокам импульсного градиента магнитного поля. Варианты исполнения. Необходимость и проблемы создания мощных импульсов градиента магнитного поля. Стабилизирующее влияние постоянного градиента. Способы измерения параметров (амплитудное и действующие значения) импульсного градиента. Требования к линейности градиента по объему образца. Типы градиентных катушек. Основные идеи, используемые в аппаратуре мощных градиентов магнитного поля. Системы термостатирования образца. Требования и типичные подходы к реализации. Характеристики и области применения.

Тема 5. Ядерная релаксация в сложных системах.

Спектры времен релаксации и форма релаксационных затуханий. Особенности измерения времен релаксации в многофазных системах. Двумерные методики измерения. Ядерная релаксация в системах с фазовыми превращениями. Измерение степени кристалличности. Простейшие двумерные эксперименты на основе последовательности Гольдмана-Шена. Релаксация в композитных системах и полимерах. Особенности измерения обмена в системах с микрофазовым расслоением. Скорости обмена. Распределение времен жизни. Релаксация в многофазных системах с обменом.

Тема 6. Ядерная релаксация в системах с широким распределением времен корреляции

Однородное и неоднородное распределение времен корреляции. Особенности формы релаксационных затуханий. Методики идентификации типа распределения времен корреляции. Анизотропное вращательное движение. Запись гамма-интерференции диполь-дипольного взаимодействия для анизотропных типов движения. Определение характеристик движения на основе температурных зависимостей времен релаксации. Использование усредняющих многоимпульсных последовательностей. Релаксация в нематических системах. Особенности релаксации в жидких кристаллах. Релаксация в полимерных высокомолекулярных системах и трехмерных полимерных сетках. Возможности двумерных экспериментов. Представление данных в виде двумерных карт T₂-T₁.

Тема 7. Ядерная релаксация на поверхности

Особенности взаимодействия молекул с поверхностью. Механизмы поверхностной релаксации. Релаксация в пористых системах. Скачки Леви. Граничные условия. Релаксация в нанопористых системах. Релаксация в системах с частичным заполнением пористого пространства. Связь релаксационных характеристик с параметрами пористого пространства. Методика криопротекции.

Тема 8. Градиентные методы в исследованиях самодиффузии в сложных молекулярных системах

Форма диффузионного затухания и ее зависимость от временных интервалов последовательности в случаях, осложненных неэкспоненциальной ядерной магнитной релаксацией; молекулярным, протонным или спиновым обменами. Способы идентификации причин зависимости формы диффузионного затухания от временных интервалов последовательности. Модифицированная последовательности стимулированного эхо. Многомерные эксперименты и представление данных. Особенности трансляционной подвижности молекул в системах с ограничениями. Основная информация, получаемая с помощью градиентных методов в исследованиях неоднородных, пористых систем и мембранных материалов. Форма диффузионного затухания и ее зависимость от времени диффузии в упорядоченных системах. Диффузионная и потоковая дифракция. Зависимость среднего коэффициента самодиффузии от времени диффузии. Методические подходы, применяемые для получения структурных характеристик пористой среды. Самодиффузия во внутренних градиентах магнитного поля.

Тема 9. Градиент магнитного поля, как основа ЯМР томографии.

Основные способы пространственной визуализации. Локальный ЯМР, методы чувствительной точки, линии, плоскости. Методы восстановления по проекциям. Понятие селективного радиочастотного импульса. Выделение плоскости, фазо-частотное кодирование. Эхо-планарный метод. Сравнение различных методик ЯМР томографии по чувствительности. Методики контрастирования изображений по временам спин-решеточной и спин-спиновой релаксации, коэффициентам самодиффузии. Визуализация потоков. Методы измерения скорости потока, основанные на явлении ЯМР. Возможности и перспективы применения. ЯМР в сверх сильных градиентах магнитного поля. Методы пространственной визуализации во внешнем поле магнита.

Тема 10. ЯМР в поле земли. ЯМР-каротаж.

Особенности ЯМР в поле земли. Практические реализации аппаратуры ЯМР в поле земли. Особенности конструкций приборов для ЯМР каротажа. Основные измеряемые параметры и характеристики специализированных приборов ЯМР каротажа производства различных фирм. Особенности обработки и трактовки экспериментальных данных. Спектры времен релаксации.

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

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)

База данных ЯМР - https://sdb.db.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre_index.cgi

Сайт с информацией о современных спектрометрах ЯМР - <https://www.bruker.com/ru/products/mr/nmr.html>

ЯМР предиктор (1H спектры) - <https://www.nmrdb.org>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Лекция - это логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в учебном процессе не в том, чтобы предоставить всю информацию по теме, а чтобы помочь освоить фундаментальные проблемы курса, овладеть методами научного познания, предложить новейшие достижения научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. В ряде случаев лекция является основным источником информации, например, при отсутствии учебников, учебных пособий по новым курсам. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, ее проблемы, дает цельное представление о предмете, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами. Все другие формы учебных занятий - семинары, лабораторные занятия, курсовое и дипломное проектирование, учебная практика, консультации, зачеты и экзамены - связаны с лекцией, опираются на фундаментальные положения и выводы.
практические занятия	Термин практическое занятие используется в педагогике как родовое понятие, включающее такие виды, как лабораторную работу, упражнение, семинар в его разновидностях. Аудиторные практические занятия играют исключительно важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями. Практические занятия служат своеобразной формой осуществления связи теории с практикой. Структура практических занятий в основном одинакова - вступление преподавателя, вопросы студентов по материалу, который требует дополнительных разъяснений, собственно практическая часть, заключительное слово преподавателя. Разнообразие возникает в основной, собственно практической части, включающей рефераты, доклады, дискуссии, тренировочные упражнения, решение задач, наблюдения, эксперименты и т. д. Опыт показывает, что нельзя на практических занятиях ограничиваться выработкой только практических навыков, техникой решения задач, построения графиков и т. п. Студенты должны всегда видеть ведущую идею курса и связь ее с практикой. Цель занятий должна быть понятна не только преподавателю, но и студентам. Это придает учебной работе жизненный характер, утверждает необходимость овладения опытом профессиональной деятельности, связывает их с практикой жизни.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.</p> <p>Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, историй болезни, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ. Положительное значение научной работы проявляется в ряде обстоятельств:</p> <ul style="list-style-type: none"> - будущие специалисты участвуют в процессе добывания новых знаний; - приобретаемые знания становятся прочными и целенаправленными; - студенты видят практические плоды своего труда, что эффективно стимулирует их дальнейшую деятельность; - приобретаются начальные навыки в научном исследовании. <p>Различают следующие уровни самостоятельной работы студента: низкий, средний, высокий. Для каждой специальности и дисциплины разрабатываются свои критерии оценки данных уровней. Ведущими путями самостоятельной работы студентов являются репродуктивный, самостоятельный и поисковый. Мотивы самообразования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - стихийные, неустойчивые (любопытность, интерес к предмету, ко всему окружающему); - познавательные (рост самообразования); - социально - значимые (связанные с реализацией идеалов и жизненных планов, призвания).
экзамен	<p>один из самых ответственных видов самостоятельной работы, и в то же время возможность сэкономить большое количество времени в период сессии, если эту подготовку начинать заблаговременно. Одно из главных правил - представлять себе общую логику предмета, что достигается проработкой планов лекций, составлением опорных конспектов, схем, таблиц. Фактически основной вид подготовки к экзамену - ?свертывание? большого объема информации в компактный вид, а также тренировка в ее ?развертывании? (примеры к теории, выведение одних закономерностей из других и т.д.). Владение этими технологиями обеспечивает, пожалуй, более половины успеха. Тем более что преподаватель обычно замечает в течение семестра целенаправленную подготовку такого студента и может поощрить его тем или иным способом. Надо также правильно распределить силы, не только готовясь к самому экзамену, но и позаботившись о допуске к нему (часто это хорошее посещение занятий, выполнение в назначенный срок практических заданий, активность на семинарах). Наконец, необходимо выяснить условия проведения, самого экзаменационного испытания, используя для этой цели прежде всего консультацию (хотя преподаватель обычно касается этой темы заранее): количество и характер вопросов, форма проведения (устно или письменно), возможность использовать при подготовке различные материалы и пособия (таблицы, схемы, тетради для практических занятий и т.д.).</p>

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.

Специализированная лаборатория.

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 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.01 Методы магнитного резонанса

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Полулях, С. Н. Введение в ядерный магнитный резонанс и магнитную релаксацию : учебное пособие / С.Н. Полулях. - Москва : ИНФРА-М, 2026. - 163 с. - (Высшее образование). - DOI 10.12737/textbook_5c9263a272ad45.98037474. - ISBN 978-5-16-021526-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2145444> (дата обращения: 12.02.2026). - Режим доступа: по подписке.
2. Демидов, Е. С. Магнитные резонансы в твёрдых телах : учебное пособие / Е. С. Демидов, А. А. Ежевский, В. В. Карзанов. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 158 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/144710> (дата обращения: 12.02.2026). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. 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: 12.02.2026). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Брыляков, К. П. Основы и применение спектроскопии ЭПР и ЯМР в химических исследованиях : учебное пособие / К. П. Брыляков, И. Е. Сошников, Е. П. Талзи. - Долгопрудный : Издательский Дом 'Интеллект', 2026. - 192 с. - ISBN 978-5-91559-315-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2241342> (дата обращения: 12.02.2026). - Режим доступа: по подписке.
2. Мейлихов, Е. З. Магнетизм. Основы теории : учебное пособие / Е. З. Мейлихов. - Долгопрудный : Издательский Дом 'Интеллект', 2026. - 183 с. - ISBN 978-5-91559-155-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2241316> (дата обращения: 12.02.2026). - Режим доступа: по подписке.
3. Бельская, Н. П. Ядерный магнитный резонанс. Теория и практика : учебное пособие : в 3 частях. Часть 2 / Н. П. Бельская, О. С. Ельцов, - 2-е изд., стер. - Москва : Флинта, 2018. - 124 с. - ISBN 978-5-9765-3557-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/966424> (дата обращения: 12.02.2026). - Режим доступа: по подписке.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.01 Методы магнитного резонанса*

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

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.