

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
Основы магнитного резонанса

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Медицинская физика
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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. Юльметов А.Р. (кафедра медицинской физики, Отделение физики), A.jdar.Julmetov@kpfu.ru ; Фаткуллин Наиль Фидаиевич

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-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен демонстрировать способность и готовность:

Объяснить особенности и границы применимости различных методов магнитного резонанса (ЯМР ВР, ЯМР широких линий, градиентный ЯМР, ЭПР, релаксация, самодиффузия, томография).

Объяснить основные принципы работы и характеристики современной аппаратуры магнитного резонанса и понимать тенденции ее развития.

Применять полученные знания для выполнения физического эксперимента с использованием методов магнитного резонанса.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.02.05 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Медицинская физика)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 1 курсе в 1 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 37 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 71 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 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	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение. Физические принципы магнитного резонанса.	1	3	0	0	0	0	0	9

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная рабо- та
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
2.	Тема 2. Импульсный магнитный резонанс. Фурье-спектроскопия.	1	3	0	0	0	0	0	10
3.	Тема 3. Понятия и методы измерения релаксации.	1	3	0	6	0	0	0	14
4.	Тема 4. Градиентный МР в исследованиях самодиффузии.	1	3	0	6	0	0	0	14
5.	Тема 5. Градиентный МР. Томография.	1	3	0	6	0	0	0	14
6.	Тема 6. Приложения магнитного резонанса в медицине. Казанская школа магнитного резонанса.	1	3	0	0	0	0	0	10
	Итого		18	0	18	0	0	0	71

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Физические принципы магнитного резонанса.

Введение в принципы МР. Магнитный момент ядра и электрона. Гиромагнитное отношение, g-фактор.

Временная (частотная) шкала метода.

Принципы регистрации сигнала МР.

Условия наблюдения сигнала МР. Стационарное и импульсное возбуждение спиновой системы. Лабораторная и вращающаяся системы координат. Понятия времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации. Разновидности методов ЯМР. Особенности в регистрации ЯМР и ЭПР. Однородное и неоднородное уширение линии.

Тема 2. Импульсный магнитный резонанс. Фурье-спектроскопия.

Введение в теорию отклика. Фурье-преобразование. Импульсное возбуждение. Понятие радиочастотных импульсов и их свойства: резонансная частота, угол поворота, фаза. Спад свободной индукции. Фурье-преобразование. Основные элементы и блоки аппаратуры магнитного резонанса.

Кинетические и спектральные параметры. Спектры ЯМР высокого разрешения. Одномерная и двумерная спектроскопия. Специальные методики. Ключевые параметры.

Тема 3. Понятия и методы измерения релаксации.

Понятие релаксации. Механизмы релаксации. Уравнения Блоха. Связь времен релаксации с характеристиками спиновой системы. Связь измеряемых параметров ЯМР с характеристиками молекулярного движения. Связь измеряемых параметров ЯМР с характеристиками молекулярного движения. Понятие времени корреляции. Азбука гамильтониана дип-дип взаимодействия. Типичные зависимости времен релаксации от времени корреляции и от температуры. Виды распределения времен корреляции (однородное и неоднородное). Связь вида распределения времен корреляции с типами молекулярного движения.

Основные методики измерения времен спин-спиновой релаксации: ССИ, эхо Хана, КППМГ. Влияние неоднородности магнитного поля на измеряемые характеристики времен релаксации. Влияние самодиффузии в последовательности Хана и КМППГ.

Основные методики измерения времен спин-решеточной релаксации: Методики 180-тау-90, 90-тау-90, насыщения. Методики измерения за одно прохождение. Влияние настройки радиочастотных импульсов. Причины неидеальности настройки 180-го импульса в реальной аппаратуре.

Представление данных в виде двумерных карт T2 -T1.

Тема 4. Градиентный МР в исследованиях самодиффузии.

Самодиффузия (Ds) и ее измерение методом ЯМР. 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. Конструкция блока импульсного градиента магнитного поля. Особенности измерения самодиффузии и времен релаксации в сложных системах. Особенности измерения коэффициентов самодиффузии в системах с ограничениями. Особенности измерения коэффициентов самодиффузии в системах с обменом. Влияние ядерной релаксации на форму диффузионного затухания в многокомпонентных системах. Двумерный ЯМР. Представление данных в виде двумерных карт T2 -T1, Ds -T2, Ds - T1.

Тема 5. Градиентный МР. Томография.

Классификация методов формирования изображений. Рентген. Ультразвук. Компьютерная томография. Принципы магнитно - резонансной томографии. Локальное возбуждение спиновой системы. Последовательная выборка по точкам. Метод чувствительной точки. ЯМР с фокусирующим полем и локальный ЯМР. Метод восстановления по проекциям. Понятие селективных радиочастотных импульсов. Фурье-интроскопия. Метод "подтягивания" спинов. Эхо-планарная интроскопия. Основные принципы и методики контрастирования изображений по временам спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. Импульсные последовательности контрастирования изображения по временам релаксации. Области применения, возможности и ограничения. ЭПР томография.

Тема 6. Приложения магнитного резонанса в медицине. Казанская школа магнитного резонанса.

Казанская школа магнитного резонанса. История открытия электронного парамагнитного резонанса Завойским Евгением Константиновичем. Открытие ядерного магнитного резонанса. Музей имени Е.К. Завойского. Основные вехи и достижения. Международный центр магнитного резонанса ИФ КФУ. Основные направления деятельности и результаты. Приложения магнитного резонанса в медицине.

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)

Введение в курс спектроскопии ЯМР - <http://files.rushim.ru/books/spectroscopia/Guenther.pdf>

Видео: Панов В.О. Физические основы МРТ. - <http://www.youtube.com/watch?v=MNnsolSbwcY>

Видео: Чижик. В И Простота и сложность явления магнитного резонанса - <http://www.youtube.com/watch?v=E3xEcouRCZQ>

Википедия. ЯМР -

http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BA

Википедия. ЯМР-спектроскопия. -

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%9C%D0%A0-%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%80%D0%BA>

К. А. Ильясов, Количественное измерение диффузии in vivo методом магнитно-резонансной томографии [ТЕКСТ]

//Учен. зап. Казан. гос. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки, 2011, том 153, книга 1, 17?37. -

www.mathnet.ru/links/7f62fa172e1fc4eb32ebc4ad0c3bc923/uzku901.pdf

Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса Автор: Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин Год выпуска: 2013

Страниц: 272 - <http://stud-asper.net/4164-osnovy-kvantovoj-teorii-jadernogo-magnitnogo.html>

Польшаков В.И.: Спектроскопия ЯМР биомолекул. Возможности и перспективы метода -

<http://www.youtube.com/watch?v=8fesQgVtYrg>

Чижик В.И.: Лекция-беседа о явлении магнитного резонанса и спиновом эхо -

www.youtube.com/watch?v=5oQW2qhETPU

Элементы большой науки. Что такое ЯМР-томография ? - <http://elementy.ru/lib/431024>

Энциклопедии, словари, справочники: ЯМР - <http://www.cnsheb.ru/AKDiL/0048/base/RQ/010004.shtm>

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.

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	<p>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.</p> <p>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.</p>
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). <p>Различают следующие характеры знаний:</p> <ul style="list-style-type: none"> - локальный (не объединяются с другими, быстро забываются ? возрастает удельный вес знаний, улучшается их качество); - целостный (знания глубокие, прочные, разносторонние, универсальные). <p>Умения работать с источниками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - не систематизированы; студенты много читают, обращаются к дополнительной литературе эпизодично; - систематизированы: чтение вдумчивое; отмечается главное; делаются выписки; - рациональное применение различных источников информации: анализирует, соотносит с поставленными целями и задачами.

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	<p>Обычно зачет проводится по итогам семестра перед сессией в письменной или устной форме, причем преподаватель может включать в него вопросы как практических занятий, так и лекционных (что особенно уместно, когда по данному предмету не сдается экзамен). Главное отличие зачета от экзамена ? почти всегда не пяти-, а двухбалльная система оценки (сдал ? не сдал), что делает его получение несколько более простым делом. С другой стороны, порой процедура его сдачи достаточно сложна, а иногда применяется и пятибалльная оценка (так называемый дифференцированный зачет). Таким образом, для сдачи зачета необходимо, прежде всего, выполнить все требования преподавателя, что предполагает знание этих требований. Нужно как можно раньше выяснить, какие вопросы предстоит готовить и каковы правила самой процедуры (учитывается ли посещаемость, надо ли пропущенные занятия отрабатывать, а если надо, то каким образом и т.д.). Практика показывает, что хорошее посещение занятий является почти полной гарантией получения зачета, так как тогда можно быть в курсе всех требований преподавателя. И, напротив, большое количество пропусков может осложнить жизнь даже сильному студенту. Кроме того, необходимо учитывать, что проблемы могут появиться при распространенном подходе студента к практическим занятиям, когда многие работают первые месяцы вполсилы, накапливая задолженности по выполнению рефератов, практических заданий, конспектов и пр., а перед сессией пытаются все это сделать за одну неделю. Старайтесь распределять силы равномерно по всей дистанции семестра, и тогда зачетная неделя перед сессией будет не самой напряженной, а самой разгрузочной.</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 "Медицинская физика".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Медицинская физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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: 11.05.2023). - 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: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Каратаева, Ф.Х. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. Общая теория ЯМР. Химические сдвиги ^1H и ^{13}C : учебное пособие / Ф.Х. Каратаева, В.В. Клочков. - Казань: Казанский федеральный университет, 2013. - 129 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/docs/F1780836038/NMR_spectroscopy_1_new.pdf (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: открытый.
4. 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: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Аганов А.В. Введение в магнитно-резонансную томографию: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.02 - Физика и 03.04.02 - Физика / А. В. Аганов; Казан. федер. ун-т. - Казань: КФУ, 2014. - 64 с.: ил. - Текст: электронный. - URL: https://kpfu.ru/staff_files/F1029605490/Vvedenie_v_magnitno_rezonansnuju_tomografiyu_Aganov_AV.pdf (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: открытый.
2. Граков, В. Е. Атомная физика. Теоретические основы и лабораторный практикум: учебное пособие / В.Е. Граков, С.А. Маскевич и др.; Под общ. ред. А.П. Клищенко. - Москва: ИНФРА-М; Минск: Нов. знание, 2011. - 333с. (Высшее обр.). - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/218015> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Аганов, А. В. Жизнь в науке и наука жизни : магнитный резонанс и его люди / А. В. Аганов. - Электронные данные (1 файл: 10,28 Мб). - (Казань: Казанский федеральный университет, 2014). - Загл. с экрана. - Вых. дан. ориг. печ. изд.: Казань, 2013. - Оригинал копии: Жизнь в науке и наука жизни: магнитный резонанс и его люди / А. В. Аганов. - Казань: Казанский университет, 2013. - 354 с. -Текст: электронный. - URL: https://libweb.kpfu.ru/publication/book/06_802542.pdf (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: открытый.
4. Халиуллина А.В., Филиппов А. В. Исследование самодиффузии белков в растворе метолом ЯМР: учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. - Казань: КФУ, 2013. - 47 с. - Текст: электронный. - URL: https://kpfu.ru/docs/F960595923/Method_220513_b_no.notes.pdf (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: открытый.

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Медицинская физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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.