

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## 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: 2017

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Скирда В.Д. (Кафедра физики молекулярных систем, Отделение физики), Vladimir.Skirda@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Фаткуллин Н.Ф. (Кафедра физики молекулярных систем, Отделение физики), Nail.Fatkullin@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-5	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-6	способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Должен уметь:

Должен владеть:

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.Б.3 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Медицинская физика)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 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 - 48 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Физические принципы магнитного резонанса.	1	2	0	0	6
2.	Тема 2. Импульсный магнитный резонанс. Фурье-спектроскопия.	1	2	0	0	6
3.	Тема 3. Понятия и методы измерения релаксации.	1	2	4	0	10
4.	Тема 4. Градиентный МР в исследованиях самодиффузии.	1	2	4	0	10
5.	Тема 5. Градиентный МР. Томография.	1	2	4	0	10
6.	Тема 6. Приложения магнитного резонанса в медицине. Казанская школа магнитного резонанса.	1	2	0	0	6
Итого			12	12	0	48

##### 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 гамма-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, КПМГ. Влияние неоднородности магнитного поля на измеряемые характеристики времен релаксации. Влияние самодиффузии в последовательности Хана и КМПГ.

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 методов 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. 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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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)**





Познавательная-поисковая: Подготовка, выполнение и оформление контрольных работ (если они проводятся в формате домашнего задания), подготовка к проведению лабораторных работ. Проработка литературных источников.

Творческая: Подготовка и выполнение тематических контрольных работ, анализ, обсуждение и оформление результатов работ в лаборатории, участие в научно-исследовательской работе, в студенческих и научно-практических конференциях.

Задачи.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, для эффективной подготовки к итоговым зачетам/экзаменам.

Планирование и контроль преподавателем самостоятельной работы студентов необходим для успешного ее выполнения. Преподаватель заранее планирует систему самостоятельной работы, учитывает все ее цели, формы, отбирает учебную и научную информацию и методические средства коммуникаций, продумывает свое участие и роль студента в этом процессе.

Вопросы для самостоятельной работы студентов, указанные в рабочей программе дисциплины, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Студенты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Критерии оценки.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при решении задач;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется посредством форм контроля 'дискуссия' и/или 'устный опрос', выполнение контрольных работ, оформление и полнота отчетов по лабораторным работам, оформление, качество и полнота отчетов по другим видам самостоятельных работ, выполненных студентом в инициативном порядке.

Результаты внеаудиторной самостоятельной работы оцениваются, в частности, при следующих формах общения с преподавателем:

- ответы на проблемные вопросы преподавателя;
- формулировка вопросов студентам, преподавателю;
- решение задач или практических письменных заданий;
- участие в дискуссиях и устных опросах;
- обсуждение результатов работ в лаборатории;
- содержательность и качество оформления отчетов о работе;
- инициативность;
- другие.

В рамках дисциплины планируются следующие основные виды самостоятельной работы:

о изучение литературы и подготовка к устным опросам;

о подготовка рефератов и презентаций по темам.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Цель проведения: получение практических навыков работы на установках ЯМР; освоение методик включения, настройки и выключения ЯМР аппаратуры; знакомство с классическими методиками измерений, импульсными последовательностями и методиками их настройки; освоение методик анализа экспериментальных данных и вычислений по ним характеристик исследуемого объекта.

Лабораторным занятиям по каждой из тем предшествует изучение материалов с последующим собеседованием с преподавателем, на котором студенты должны продемонстрировать усвоенные ими на лекциях, а также в процессе самостоятельной работы базовые знания, необходимые для грамотного использования ЯМР аппаратуры и методик измерения для решения задач исследования, а также понимания смысла получаемой информации.

Условия: К практическим занятиям, непосредственно связанным с работой на установках ЯМР, допускаются студенты, продемонстрировавшие необходимый уровень знаний и успешно ответившие на дополнительные контрольные вопросы преподавателя.

Обязательным условием допуска студентов к работе с установками ЯМР является ознакомление с правилами нахождения и работы в лабораториях ЯМР, а также ознакомление и соблюдение правил Техники Безопасности.

Рекомендации. Для подготовки к проведению практических занятий студентам рекомендуется предварительно изучить описания установок ЯМР и команд, принятых в программах настройки, команд управления и обработки данных. Описания установок могут быть получены в электронном виде у лиц, ответственных за установки.

Примечание. Все занятия, связанные с работой на установках ЯМР, проводятся под непосредственным руководством преподавателя или сотрудника кафедры (УВП). Ими же будут, либо предоставлены тестовые образцы для отработки методик настройки и методик измерения, либо будет предложено образцы приготовить самостоятельно, в том числе и по предложениям самих студентов.

Полезные электронные ресурсы:

URL: <http://uchim.info/pdf/yak-pp.pdf>

URL: <http://vashabnp.info/load/20-1-0-683>

URL: [fizkaf.narod.ru?fes/Sovety\\_po\\_sozdaniju.doc](http://fizkaf.narod.ru?fes/Sovety_po_sozdaniju.doc)

### **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: 2017

#### Основная литература:

1. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса: монография [Электронный ресурс] / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - М. : Логос, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469025>
2. Медицинская и биологическая физика: учебник [Электронный ресурс] / Ремизов А.Н. - 4-е изд., испр. и перераб. 2013. - 648 с.  
<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970424841.html>
3. Физика и биофизика : учебник [Электронный ресурс]/ В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 472 с. : ил.  
<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970424018.html?SSr=2001337af31763e8a16751bngaliull>
4. Каратаева, Ф.Х. Спектроскопия ЯМР в органической химии Часть I. Общая теория ЯМР. Химические сдвиги  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ : Учебное пособие [Электронный ресурс]/ Ф.Х. Каратаева, В.В. Клочков. - Казань: Казанский федеральный университет, 2013. - 129 с. [http://kpfu.ru/docs/F1780836038/NMR\\_spectroscopy\\_1\\_new.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1780836038/NMR_spectroscopy_1_new.pdf)
5. Аганов, А.В. Введение в магнитно-резонансную томографию [Электронный ресурс] / А.В. Аганов, А.Р. Юльметов. - Казанский федеральный университет, институт физики, Казань 2014. - 64 с. URL:  
[http://kpfu.ru/portal/docs/F1671217290/A.V..Aganov.VVEDENIE.V.MEDICINSKUJu.YaDERNUJu.MAGNITNO.\\_.REZONANSNU](http://kpfu.ru/portal/docs/F1671217290/A.V..Aganov.VVEDENIE.V.MEDICINSKUJu.YaDERNUJu.MAGNITNO._.REZONANSNU)

#### Дополнительная литература:

1. Аганов, А. В. Жизнь в науке и наука жизни [Текст: электронный ресурс] : 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 .? 352 с. - URL:[http://libweb.kpfu.ru/publication/book/06\\_802542.pdf](http://libweb.kpfu.ru/publication/book/06_802542.pdf)
2. Лучевая диагностика: учебник / Под ред. Г.Е. Труфанова. 2013. - 496 с.  
<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970425152.html>
3. Атомная физика. Теоретические основы и лабораторный практикум: Уч. пос. / В.Е.Граков, С.А.Маскевич и др.; Под общ. ред. А.П.Клищенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 333с.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=218015#none>
4. А.В.Халиуллина, А.В.Филиппов ИССЛЕДОВАНИЕ САМОДИФФУЗИИ БЕЛКОВ В РАСТВОРЕ МЕТОДОМ ЯМР [ТЕКСТ]// Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. - Казань, 2013.- 47 с. URL:  
[kpfu.ru/docs/F960595923/Method\\_220513\\_b\\_no.notes.pdf](http://kpfu.ru/docs/F960595923/Method_220513_b_no.notes.pdf).

**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: 2017

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.