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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Е.А. Турилова
17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Электронный парамагнитный резонанс в медицине

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: 2023

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): директор института физики Гафуров М.Р. (Директорат Института физики, Институт физики), Marat.Gafurov@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
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области медицинской физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Физические принципы магнитного резонанса, области применения электронного парамагнитного резонанса и томографии

Должен уметь:

Регистрировать спектры ЭПР твердых образцов и водных растворов, содержащих парамагнитные примеси, осуществлять первичную математическую обработку спектров ЭПР.

Должен владеть:

Приемами пробоподготовки твердых и жидких образцов для измерения методами ЭПР, приемами настройки и регистрации спектров ЭПР, математическим и вычислительным аппаратом для обработки спектров

Должен демонстрировать способность и готовность:

Применять полученные знания и навыки в области электронного парамагнитного резонанса при решении фундаментальных и практических задач в областях биофизики, биохимии и биомедицины.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Медицинская физика)" 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 29 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 79 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение в магнитный резонанс. Открытие ЭПР и ЯМР. Примеры применения методов магнитного резонанса для биохимических и биомедицинских исследований.	3	2	0	2	0	0	0	6
2.	Тема 2. Введение в магнитный резонанс. Классическая теория. Квантовая теория.	3	1	0	1	0	0	0	7
3.	Тема 3. Стационарные методы в магнитном резонансе. Блок-схема ЭПР спектрометра. Виды спектров ЭПР. Основные параметры сигнала ЭПР и способы их измерения.	3	1	0	1	0	0	0	8
4.	Тема 4. Импульсные методы в магнитном резонансе. Электронная и ядерная спин-спиновая и спин-решеточная релаксации. Способы измерения T1 и T2. Различие и сходство импульсного ЯМР и ЭПР	3	1	0	1	0	0	0	8
5.	Тема 5. ЭПР в кристаллах. Понятие спинового гамильтониана. Основные типы электронных и ядерных взаимодействий и их отражение в спиновом гамильтониане.	3	1	0	1	0	0	0	4
6.	Тема 6. ЭПР в порошках и разупорядоченных системах. Применение спинового гамильтониана для описание спектров Mn2+, Cu2+, Fe3+ в биоматериалах и замороженных растворах.	3	1	0	1	0	0	0	6
7.	Тема 7. ЭПР и спиновый гамильтониан в (слабо)вязких жидкостях. Обменное взаимодействие. Азотные радикалы. Спектры ЭПР азотных радикалов в жидкостях и замороженных растворах. Применение азотных радикалов в качестве парамагнитных зондов в биомедицинских исследованиях. Влияние растворенного кислорода на спектры ЭПР и релаксационные характеристики растворов азотных радикалов. Спиновые метки и спиновые ловушки.	3	1	0	1	0	0	0	6

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
8.	Тема 8. Устройство и основные параметры коммерческих спектрометров ЭПР. Влияние параметров спектрометра ЭПР на спектр ЭПР. Основные ошибки при настройке спектрометра, регистрации спектра и его расшифровке.	3	1	0	1	0	0	0	6
9.	Тема 9. Способы измерения концентрации парамагнитных центров. Типы стандартов. Оксиметрия.	3	1	0	1	0	0	0	8
10.	Тема 10. Магнитно резонансные методы в веществах в различных агрегатных состояниях. Влияние температуры. Способы изменения и поддержания температуры. Проявление кинетики биохимических реакций в ЭПР.	3	2	0	2	0	0	0	6
11.	Тема 11. Радиационно-наведенные парамагнитные центры и дефекты в биоматериалах. Долгоживущие и короткоживущие радикалы. Виды "свободных" радикалов в биологических системах. Спиновые метки и спиновые ловушки.	3	1	0	1	0	0	0	6
12.	Тема 12. Магнитно резонансные методы в медицине. ЯМР томография. ЭПР томография. Контрастные агенты в ЭПР томографии.	3	1	0	1	0	0	0	8
	Итого		14	0	14	0	0	0	79

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в магнитный резонанс. Открытие ЭПР и ЯМР. Примеры применения методов магнитного резонанса для биохимических и биомедицинских исследований.

Определение магнитного резонанса. Определение спектра и спектроскопии. Линии спектра, положение линий в спектре, ширина и интенсивность линии. Определение электронного парамагнитного резонанса. Определение ядерного магнитного резонанса. Магнитный момент ядер и атомов. Парамагнетизм. Открытие ЭПР и ЯМР. Связь магнитной восприимчивости и магнитно-резонансных методов. Особенности метода ЭПР и ЯМР. Величины электронных и ядерных магнитных моментов. Природа парамагнитных центров в биоматериалах, тканях и жидкостях человека и животных. Примеры применения ЭПР в биомедицинских исследованиях.

Тема 2. Введение в магнитный резонанс. Классическая теория. Квантовая теория.

Примеры резонансных явлений в физике и их математическое описание. Классическое описание магнитного резонанса. Прецессия. Уравнение прецессии. Системы координат. Вращающаяся система координат. Квантово-механическое описание магнитного резонанса. Зеемановское расщепление уровней энергии. Расчет зеемановских расщеплений в ЯМР и ЭПР.

Тема 3. Стационарные методы в магнитном резонансе. Блок-схема ЭПР спектрометра. Виды спектров ЭПР. Основные параметры сигнала ЭПР и способы их измерения.

Стационарные методы в магнитном резонансе. Колебательный контур. Собственная частота и полоса пропускания контура. Добротность колебательного контура. СВЧ резонатор. Положение образца в колебательном контуре и резонаторе. Согласование колебательных контуров. Применение колебательных контуров и резонаторов с высокой добротностью в спектроскопии. Простейший стационарный спектрометр. Недостатки усилительного такта постоянной частоты. Модуляция как средство компенсации дрейфа нуля. Модуляция магнитного поля в спектрометрах. Фаза сигнала. Синхронный детектор. Первая производная линии поглощения. Спектрометр с двойной модуляцией. Супергетеродинный спектрометр. Виды спектров ЭПР. Определение положения, ширины, интенсивности одиночной линии ЭПР.

Тема 4. Импульсные методы в магнитном резонансе. Электронная и ядерная спин-спиновая и спин-решеточная релаксации. Способы измерения T1 и T2. Различие и сходство импульсного ЯМР и ЭПР

Импульсные методы в магнитном резонансе. Прецессия. Продольная и перпендикулярная намагниченности. Влияние радиочастотного импульса. Спин-решеточная релаксация. Спин-спиновая релаксация. Измерение релаксации. Спектрометр с импульсным насыщением. Спад свободной индукции (ССИ). Преобразование Фурье для ССИ. Некогерентный импульсный спектрометр. Формирователь импульсов. Диодный переключатель СВЧ. Спиновое эхо. Последовательность Хана. Измерение спин-спиновой релаксации. Измерение спин-решеточной релаксации. Физические и аппаратные различия импульсных методик в ЯМР и ЭПР.

Тема 5. ЭПР в кристаллах. Понятие спинового гамильтониана. Основные типы электронных и ядерных взаимодействий и их отражение в спиновом гамильтониане.

Строение атома. Термы. Правило Хунда. Мультиплеты. Формула Ланде. Электрическое кристаллическое поле. Спиновый гамильтониан. Матрица энергий. Сверхтонкая структура спектров ЭПР. Тонкая структура спектров ЭПР. Суперсверхтонкая (лигандная) структура спектров ЭПР. Уровни энергий ионов Mn2+ в кристаллическом апатите.

Тема 6. ЭПР в порошках и разупорядоченных системах. Применение спинового гамильтониана для описание спектров Mn2+, Cu2+, Fe3+ в биоматериалах и замороженных растворах.

Спиновый гамильтониан и спектр ЭПР ионов марганца(II), меди(II) и железа (III) в поликристаллических и замороженных образцах. Решения для случая сильных и слабых полей. Анизотропия параметров спинового гамиальтониана и ее проявления в спектрах ЭПР. Примеры спектров ЭПР комплексов указанных металлов в биологических тканях и жидкостях.

Тема 7. ЭПР и спиновый гамильтониан в (слабо)вязких жидкостях. Обменное взаимодействие. Азотные радикалы. Спектры ЭПР азотных радикалов в жидкостях и замороженных растворах. Применение азотных радикалов в качестве парамагнитных зондов в биомедицинских исследованиях. Влияние растворенного кислорода на спектры ЭПР и релаксационные характеристики растворов азотных радикалов. Спиновые метки и спиновые ловушки.

Спин-Гамильтониан в жидкостях. Усреднение движением. Изотропный спектр. Азотные радикалы. Стабильные азотные радикалы. Спектр ЭПР растворов азотных радикалов и их зависимость от внешних условий: типа растворителя, концентрации, значения pH, агрегатного состояния, наличия растворенного кислорода и др. Понятие спинового обмена. Учет спиновго обмена в гамильтониане. Азотные радикалы в биосистемах. Их применение в качестве спиновых меток и ловушек в биомедицинских исследованиях.

Тема 8. Устройство и основные параметры коммерческих спектрометров ЭПР. Влияние параметров спектрометра ЭПР на спектр ЭПР. Основные ошибки при настройке спектрометра, регистрации спектра и его расшифровке.

Основные узлы и устройство настольного спектрометра ЭПР LABRADOR. Включение спектрометра. Пробоподготовка. Настройка спектрометра. Переход в рабочий режим. Основные параметры настройки и регистрации спектра. Их влияние на соотношение сигнал/шум и вид спектра ЭПР. Основные ошибки при настройке спектрометра, регистрации спектра и его расшифровке. Способы их устранения. Выключение спектрометра.

Тема 9. Способы измерения концентрации парамагнитных центров. Типы стандартов. Оксиметрия.

Спектрофотометрические методы. Аппаратные методы. Построение калибровочной кривой. Вычисление количества парамагнитных центров методом сравнения с откалиброванным образцом. Основы оксиметрии. Понятие окислительного стресса и его природы. Активные формы кислорода (АФА). Супероксидный радикал, механизмы образования, функциональная роль, способы количественного детектирования.

Тема 10. Магнитно резонансные методы в веществах в различных агрегатных состояниях. Влияние температуры. Способы изменения и поддержания температуры. Проявление кинетики биохимических реакций в ЭПР.

Магнитно резонансные методы в веществах в различных агрегатных состояниях. ЭПР в газах, жидкостях, замороженных жидкостях, твердых телах. Фазовые переходы. Закон Кюри. Способы изменения и поддержания необходимой температуры при проведении ЭПР измерений. Временные параметры кинетики (био)химических реакций, определяемые методом ЭПР.

Тема 11. Радиационно-наведенные парамагнитные центры и дефекты в биоматериалах. Долгоживущие и короткоживущие радикалы. Виды "свободных" радикалов в биологических системах. Спиновые метки и спиновые ловушки.

Проведение радиационного облучения веществ до или непосредственно при наблюдении ЭПР. Ультрафиолетовое облучение. Рентгеновское излучение. Гамма излучение. Источники излучения. Виды радиационных центров. Определение дозы облучения. Основные типы и классификация "свободных" радикалов. Активные и радикальные формы азота и кислорода. азотные радикалы. Исторические аспекты и современные воззрения на свободнорадикальные теории химических реакций, старения, развития онкологических заболеваний.

Тема 12. Магнитно резонансные методы в медицине. ЯМР томография. ЭПР томография. Контрастные агенты в ЭПР томографии.

Магнитно резонансные методы в медицине. Томография. Соленоид. Шиммирующие катушки. Градиентные катушки. РЧ катушки. Принципы выделения нужных областей в томографии. Формирование слоя в томографии. Использование слоев для построения трехмерной картины. Физические и апппратные отличия ЭПР и ЯМР томографов. Контрастирующие агенты в ЭПР томографии.

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 №14-55-996ин/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

Методические пособия и лекции по магнитному резонансу - http://gmamin.kpfu.ru/

Методические пособия и лекции по математическим средствам обработки информации - http://gmamin.kpfu.ru/

Основы импульсного ЭПР (на английском) - http://www.epr.ethz.ch/education/basic-concepts-of-epr.html

Основы ЭПР оксиметрии и томографии (на английском) - https://epri.uchicago.edu/page/training

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)

Лекции в электронном формате - http://www.gmamin.kpfu.ru

Поисковая система Scopus - http://www.scopus.com/home.url

Сайт издателя Elsevier - http://elsevierscience.ru/

Центр коллективного пользования КФУ - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=11446

Электронный журнал Physical Review B - http://prb.aps.org/

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие ? лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета, как в истории, так и в настоящее время. Конспектирование лекций ? сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое ?конспектирование? приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями ?важно?, ?хорошо запомнить? и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения. Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий и при необходимости проконсультироваться с преподавателями или согруппниками. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения самостоятельных, практических и контрольных заданий. При подготовке к лекциям, желательно заранее ознакомиться с ее названием, подготовить вопросы к преподавателю по теме планируемой лекции. Не стесняйтесь задавать 'глупых' вопросов - их потом вам задаст преподаватель. После лекции желательно еще раз посмотреть ее конспект или презентацию, с целью лучшего усвоения материла. После повторного прочтения выделите оставшиеся непонятыми места и разберите их на следующей лекции или практическом занятии с преподавателем. При возможности, повторите примеры, разобранные на лекции, с другими числовыми параметрами. При недостаточном уровне начальной теоретической подготовки (для начального знакомства с техникой, возможностями методов магнитного резонанса в биомедицинских приложениях, классификацией 'свободных' радикалов и др.) рекомендуется самостоятельно ознакомится со статьями в Соросовском образовательном журнале Блюменфельд Л.А. Электронный парамагнитный резонанс http://www.pereplet.ru/cgi/soros/readdb.cgi?f=ST363 Владимиров Ю.А. Свободные радикалы в биологических системах http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1126.html Ванин А.Ф. Оксид азота - регулятор клеточного метаболизма // Соросовский образовательный журнал, 2001, №11, с. 7-12 http://window.edu.ru/resource/612/20612/files/0111_007.pdf Тихонов А.Н. Электронный парамагнитный резонанс в биологии http://www.pereplet.ru/cgi/soros/readdb.cgi?f=ST380 Тихонов А.Н. Спиновые метки http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9801_008.pdf Кулинский В.И. Активные формы кислорода и оксидативная модификация макромолекул: польза, вред и защита http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9901_002.pdf

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ. В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Практические занятия служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков решения задач, работы с ЭПР спектрометром, обработке и расшифровке получаемых данных и др. Обязательно ведите собственный журнал измерений. Используйте весь свой накопленный опыт (в том числе жизненный), полученный не только в рамках изучения данной дисциплины, но и других. Соблюдайте правила техники безопасности. При подготовке к практическим занятиям вы имеете возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем вы вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие вас темы.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоя-тельная работа	Самостоятельная работа студента - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов). Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, не менее 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу студентов (далее СРС). В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части - процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, самостоятельное освоение программных средств расчета и обработки данных, экспериментальной аппаратуры. Для поиска современной научной литературы рекомендуется использовать специализированные научные поисковые системы, такие как scholar.google.com и БД Scopus (http://www.scopus.com). Подробно поиск в системе Scopus рассмотрен в методическом пособии: ОВ Дудникова Методика поиска в базе данных Scopus. Учебно-методическое пособие. / ОВ Дудникова // ЭОР Южного федерального университета library.sfedu.ru/DPO/Учебно-методическое%20пособие_Scopus2.pdf Для самостоятельного построения спектров ЭПР по заданным преподавателям параметрам, работы на симуляторе работы ЭПР спектрометра, освоения программных средств ПО 'Matlab' и пакета 'EasySpin' используйте Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие : [для студентов вузов, обучающихся по специальностям Математика, Информатика, Физика] / С. В. Поршнев Издание 2-е, исправленное Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011 .- 736 с. : ил. ; 26 см. + 1 электр. опт. диск. (CD-ROM) (Учебники для вузов, Специальная литература) Библиогр. в конце гл. ISBN 978-5-8114-1063-7 ((в пер.)) , 1000. и Методическое пособие 'Использование программного модуля EasySpin в анализе спектров магнитного резонанса' / Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, Н.И. Силкин, И.Н. Субачева, Р.В. Юсупов // 2014. электронный образовательный ресурс http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/easyspin.pdf. Тема самостоятельных работ определяется преподавателем индивидуально для студента (группы студентов) по результатам предварительного собеседования после части проведенных лекционных занятий.
экзамен	Для ответа на экзаменационные задания требуются глубокое изучения основной и дополнительной литературы, активная работа во время семестра, умение искать и находить актуальную информацию, используя доступные электронные и печатные издания. На подготовку к ответу учащемуся дается 60 мин. Время на ответ на основные вопросы - не более 10 мин. Если экзаменующийся имеет веские причины не явиться на экзамен или не в состоянии пройти экзаменационные испытания (например, по состоянию здоровья) - преподаватель и директорат Института физики должны быть предупреждены об этом заранее (до начала экзамена, либо в самом его начале).

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.

Компьютерный класс.

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".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.02 Электронный парамагнитный резонанс в медицине

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: 2023

Основная литература:

1. Гвоздева, В. А. Базовые и прикладные информационные технологии : учебник / В.А. Гвоздева. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. - 383 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-8199-0885-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1893910 (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

2. Мейлихов, Е. З. Магнетизм. Основы теории: учебное пособие / Е.З. Мейлихов. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 184 с. ISBN 978-5-91559-155-3 - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/486429 (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

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: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

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. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика : учебник / А. Н. Ремизов. - 4-е изд. , испр. и перераб. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 656 с. - ISBN 978-5-9704-7498-3. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970474983.html (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

2. Антонов В.Ф., Физика и биофизика: учебник / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 472 с. - ISBN 978-5-9704-2788-0. Текст: электронный // ЭБС 'Консультант студента': [сайт]. - URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970427880.html (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. - Казань: Казанский университет, 2013. - 352 с. - Текст: электронный. - URL: https://libweb.kpfu.ru/publication/book/06_802542.pdf (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: открытый.

4. Стационарный режим спектрометра ЭПР: настройка спектрометра и измерение спектров ЭПР на примере спектрометра X-диапазона фирмы Брукер серии Elexsys [Текст]: методическое пособие для подготовки специалистов в области магнитного резонанса / Ю.С. Кутьин, Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, А.В. Дуглав, М.Р. Гафуров ; Казанский федер. ун-т, Институт физики. - Казань: КФУ, 2016. - 55 с. - Текст: электронный. - URL: http://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F1841250310/X_band_CW.pdf (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: открытый.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.02 Электронный парамагнитный резонанс в медицине

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: 2023

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.