

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
Проф. Д.А. Гаюровский
01 » июня 2021 г.



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Экспериментальные методы в квантовой радиофизике

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

Содержание

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

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

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

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3	Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности.
ПК-1	Способностью использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

теоретические основы явления магнитного резонанса, включая его классическую и квантовую интерпретацию, эффекты, обуславливающие форму линии магнитного резонанса, механизмы релаксации

Должен уметь:

понимать, излагать и критически анализировать общефизическую информацию, необходимую для постановки и решения задач; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и закономерностями в области спектроскопии магнитного резонанса; осознавать достоинства и недостатки конкретных реализаций спектрометров магнитного резонанса;

Должен владеть:

навыками построения установок и постановки экспериментов в области магнитного резонанса и двойных резонансов, направленных на решение конкретных научных и технологических задач

Должен демонстрировать способность и готовность:

Применять полученные знания и навыки в области магнитного резонанса при решении фундаментальных и практических задач в областях физики, химии и биологии.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Квантовые устройства и радиофотоника)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 56 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 28 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 106 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

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

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

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение в магнитный резонанс. Классическая теория.	2	3	0	0	0	0	0	9
2.	Тема 2. Введение в магнитный резонанс. Квантовая теория.	2	3	0	0	0	0	0	9
3.	Тема 3. Стационарные методы в магнитном резонансе	2	3	0	0	0	7	0	9
4.	Тема 4. Импульсные методы в магнитном резонансе	2	3	0	0	0	7	0	9
5.	Тема 5. Введение в теорию кристаллического поля	2	2	0	0	0	7	0	9
6.	Тема 6. Применение спинового гамильтониана для вывода уровней энергий иона Mn ²⁺	2	2	0	0	0	0	0	9
7.	Тема 7. Электронная и ядерная спин-решеточная релаксации	2	2	0	0	0	0	0	12
8.	Тема 8. Взаимодействие ядер и электронов в атоме.	2	2	0	0	0	0	0	12
9.	Тема 9. Магнитно резонансные методы в веществах в различных агрегатных состояниях.	2	2	0	0	0	0	0	12
10.	Тема 10. Магнитно резонансные методы в медицине. ЯМР томография.	2	2	0	0	0	0	0	12
11.	Тема 11. Наблюдение ЭПР при проведение радиационного облучения веществ. Классификация центров окраски.	2	2	0	0	0	0	0	2
12.	Тема 12. Определение количества парамагнитных центров. Типы стандартов.	2	2	0	0	0	7	0	2
	Итого		28	0	0	0	28	0	106

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в магнитный резонанс. Классическая теория.

Определение магнитного резонанса. Определение спектра. Линии спектра, положение линий в спектре, ширина и интенсивность линии. Определение электронного парамагнитного резонанса. Определение ядерного магнитного резонанса. Связь магнитной восприимчивости и магнитно-резонансных методов. Уравнение прецессии. Вращающаяся система координат. Резонанс во ВСК.

Тема 2. Введение в магнитный резонанс. Квантовая теория.

Квантово-механическое описание магнитного резонанса. Зеемановское расщепление уровней энергии. История открытия ЭПР и ЯМР. Особенности метода ЭПР и ЯМР. Величины электронных и ядерных магнитных моментов. Ширины линий и интенсивности линий ЭПР и ЯМР. Природа парамагнитных центров в веществе. Магнитный момент ядер в качестве объекта магнитно-резонансных методов.

Тема 3. Стационарные методы в магнитном резонансе

Стационарные методы в магнитном резонансе. Колебательный контур. Собственная частота и полоса пропускания контура. Добротность колебательного контура. Колебательный контур с распределенными параметрами - 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. Мостовой детектор. Метод скрещенных катушек Блоха. Автодинный детектор. Супергетеродинный спектрометр.

Тема 4. Импульсные методы в магнитном резонансе

Импульсные методы в магнитном резонансе. Прецессия. Продольная и перпендикулярная намагниченности. Влияние радиочастотного импульса. Спин-решеточная релаксация. Спин-спиновая релаксация. Неоднородные магнитные поля. Уравнения Блоха. Измерение релаксации. Спектрометр с импульсным насыщением. Спад свободной индукции (ССИ). Преобразование Фурье для ССИ. Некогерентный импульсный спектрометр. Формирователь импульсов. Диодный переключатель. Диодный переключатель СВЧ. Схема развязки генератора и предусилителя спектрометра. Когерентный спектрометр. Спектрометр с преобразованием Фурье. Спиновое эхо. Последовательность Хана. Измерение спин-спиновой релаксации. Измерение спин-решеточной релаксации.

Тема 5. Введение в теорию кристаллического поля

Строение атома. Термы. Правило Хунда. Мультиплеты. Формула Ланде. Электрическое кристаллическое поле. Сферические функции и сферические операторы. Классификация Ватанабе для парамагнитных центров. Эквивалентные операторы Стивенса. Спиновый гамильтониан. Тонкая структура спектров ЭПР. Вывод зависимости уровней энергий Mn^{2+} от внешнего магнитного поля. Матрица энергий.

Тема 6. Применение спинового гамильтониана для вывода уровней энергий иона Mn^{2+}

Вывод зависимости уровней энергий Mn^{2+} от внешнего магнитного поля. Матрица энергий. Решения для случая сильных и слабых полей. Сверхтонкая структура спектров электронного парамагнитного резонанса. Суперсверхтонкая (лигандная) структура спектров ЭПР. Необходимость изменения температуры для наблюдения спектров ЭПР.

Тема 7. Электронная и ядерная спин-решеточная релаксация

Спин-решеточная релаксация. Восстановление продольной намагниченности. Электромагнитное излучение (теория Эйнштейна). Механизм Валлера. Прямой процесс релаксации. Рамановский (двухфонный) процесс релаксации. Температурные зависимости времен спин-решеточной релаксации в областях низких и высоких температур для раммановского процесса. Релаксация через модуляцию электрического кристаллического поля. Прямой и раммановский процесс релаксации через модуляцию электрического кристаллического поля. Температурные зависимости времен спин-решеточной релаксации для крамеровских некрамеровских ионов и мультиплетов. Ядерная спин-решеточная релаксация. Релаксация через парамагнитные примеси. Спиновая диффузия. Ядерная квадрупольная спин-решеточная релаксация.

Тема 8. Взаимодействие ядер и электронов в атоме.

Взаимодействие ядер и электронов в атоме. Химический сдвиг. ЯМР высокого разрешения. Косвенное ядерное спин-спиновое взаимодействие. Сдвиг Найта. Ядерный квадрупольный резонанс. Уровни энергий при квадрупольном расщеплении, случаи слабого и сильного магнитных полей. Спектр порошка. ЯМР в антиферромагнетиках.

Тема 9. Магнитно резонансные методы в веществах в различных агрегатных состояниях.

Магнитно резонансные методы в веществах в различных агрегатных состояниях. ЭПР в газах. ЯМР в газах. ЭПР и ЯМР в жидкостях. Усреднение спектров движением молекул. Использование усреднения спектров движением в ЯМР высокого разрешения. Измерение скорости потока жидкости. Диффузия в жидкости. Магнитно-резонансные методы в кристаллах. Угловые зависимости. Зависимость спектров ЭПР от локальной симметрии. Изменение спектров ЭПР при фазовых переходах. Фазовые переходы первого и второго рода и их влияние на спектры ЭПР. Эффект Яна-Теллера.

Тема 10. Магнитно резонансные методы в медицине. ЯМР томография.

Магнитно резонансные методы в медицине. ЭПР в медицине. ЯМР в медицине. Типы используемых ядер. Релаксация биологических объектов. Томография. Соленоид. Шиммирующие катушки. Градиентные катушки. РЧ катушки. Принципы выделения нужных областей в томографии. Формирование слоя в томографии. Использование слоев для сокращения времени измерений. Спиновое эхо. Частотное детектирование. Фазовое детектирование. Преобразование Фурье в построении двухмерной картины. Использование слоев для построения трехмерной картины. Исследование распределения времен релаксации в томографии. Контрастные вещества. Исследование потока жидкости. Исследование диффузии жидкости.

Тема 11. Наблюдение ЭПР при проведении радиационного облучения веществ. Классификация центров окраски.

Проведение радиационного облучения веществ при наблюдении ЭПР. Ультрафиолетовое облучение. Рентгеновское излучение. Мягкий и жесткий рентген. Гамма излучение. Образование центров с локальной компенсацией заряда. Образование центров с нелокальной компенсацией заряда. Центры окраски в кристаллах. Классификация центров окраски. F, U, V ?центры окраски. VF, Vt, и H центры окраски.

Тема 12. Определение количества парамагнитных центров. Типы стандартов.

Определение количества парамагнитных центров. Вычисление количества парамагнитных центров по известным характеристикам спектрометра. Вычисление количества парамагнитных центров методом сравнения с откалиброванным образцом. Типы веществ применяемых в качестве калиброванных образцов. Определение дозы облучения. Измерение возраста песка в нефтяной промышленности.

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

Методические пособия - <http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/pract.php>

Научные пакеты в среде Питон - <https://habr.com/post/352678/>

Самоучитель языка Питон - <https://pythonworld.ru/samouchitel-python>

Система поиска научных статей Scopus - <https://www.scopus.com/home.uri>

Система поиска научных статей WebOfScience -

https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=S2JdhlnbVlgObJU

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 КПФУ - 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	Основное направление лекций - 'изучить экспериментальные методы в квантовой радиофизике и научиться применять их при изучении конденсированных сред'. Для большего усвоения материала студентам рекомендуется внимательно слушать лектора и сопоставлять сказанное с приведенными на слайдах формулами, рисунками блок-схемами. Так же важной составляющей по усвоению лекционного материала, является выполнение практических заданий и последующее сопоставление полученных результатов с материалами лекций.
лабораторные работы	Лабораторная работа состоит в получении и оформлении полученных результатов в один научный отчет. Письменная работа по первой лаб. работе должна включать в себя: Аналитический расчет спектра импульса, компьютерный расчет спектра импульса и сопоставление его с другими параметрами, результаты расчет спинового эха с помощью матрицы плотности, экспериментальный спектр ЭПР, полученный методикой детектирования спинового эха, зависимость распада поперечной намагниченности от времени, зависимость восстановления продольной намагниченности от времени, времена T1 и T2. Письменная работа по второй лаб. работе должна включать в себя: компьютерный расчет ориентационной зависимости положения линий спектра ЭПР, результаты расчет спинового эха с помощью матрицы плотности, экспериментальный спектр ЭПР, полученный методикой детектирования спинового эха, зависимость интенсивности линий ЭПР от частоты лазерной подсветки. Работы оформляются в соответствии с соответствии ГОСТ 7.32-2001 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - Взамен ГОСТ 7.32-91 ; введ. 2001-07-01 ; с изм. 2005-12-01. - М. : Изд-во стандартов ; Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, [2001]. - 15 с. - (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу). http://legalacts.ru/doc/gost-732-2001-mezhgosudarstvennyi-standart-sistema-standartov-po/
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В качестве самостоятельной работы студентам предлагается использовать поисковые научные системы WoS и Scopus для поиска самых актуальных научных статей по темам связанных одновременно как и с радиоспектроскопией конденсированных сред так и с темами их научных работ

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется изучение материала лекций и основной и дополнительной литературы. На экзамене студент получает билет с двумя вопросами. Рекомендуется начинать с вопроса N1, как с относящегося к наиболее простому материалу курса. При подготовке к сдаче разрешается пользоваться литературой и конспектами лекций.

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 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе "Квантовые устройства и радиофотоника".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.01 Экспериментальные методы в квантовой
радиофизике

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2021

Основная литература:

1. 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: 21.05.2021). - Режим доступа: по подписке.
2. Осадько, И. С. Квантовая динамика молекул, взаимодействующих с фотонами, фононами и туннельными системами / И. С. Осадько. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018. - 368 с. - ISBN 978-5-9221-1763-0. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/105025> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - Москва : Логос, 2020. - 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1213078> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Основы ядерного магнитного резонанса: учебное пособие / Евстигнеев М.П., Лантушенко А.О., Костюков В.В. и др. - Москва: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 247 с. ISBN 978-5-9558-0414-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/496299> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: по подписке.
2. Сизиков, В. С. Прямые и обратные задачи восстановления изображений, спектроскопии и томографии с MatLab : учебное пособие / В. С. Сизиков. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 412 с. - ISBN 978-5-8114-2754-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167494> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Стационарный режим спектрометра ЭПР. Настройка спектрометра и измерение спектров ЭПР на примере спектрометра X-диапазона фирмы Брукер серии 'Elexsys' : учебно-методическое пособие / Ю.С. Кутьин, Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, А.В. Дуглав. Казань: Центр инновационных технологий, 2017. - 56 с. - Текст: электронный - URL: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/116463> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.01 Экспериментальные методы в квантовой
радиофизике*

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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

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.