

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

Изучение квантовых свойств конденсированных сред

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: 2024

## Содержание

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

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) 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:

- современное теоретическое описание обменных лигандных взаимодействий ;
- теоретические основы современных экспериментальных методов исследования в области электронного парамагнитного резонанса;
- основные классические и современные экспериментальные результаты по использованию электронного парамагнитного резонанса.

Должен уметь:

применять современные методы теории для расчетов сверхтонкой структуры спектров ЭПР.

Должен владеть:

навыками анализа сложных спектров электронного парамагнитного резонанса.

Должен демонстрировать способность и готовность:

К пониманию ЭПР как одного из методов квантовой радиофизики

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Квантовые устройства и радиофотоника)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 52 часа(ов), в том числе лекции - 26 часа(ов), практические занятия - 26 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 74 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 семестре.

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

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

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Использование языка Python и Matlab в физических расчетах. Использование оболочек rpycharm и googlecolab.	1	2	0	2	0	0	0	6
2.	Тема 2. Электронная структура атома.	1	2	0	2	0	0	0	6
3.	Тема 3. Теория групп и основы кристаллографии	1	2	0	2	0	0	0	6
4.	Тема 4. Кристаллическое поле и спектры ЭПР.	1	2	0	2	0	0	0	6
5.	Тема 5. Сверхтонкое и суперсверхтонкое взаимодействие	1	2	0	2	0	0	0	6
6.	Тема 6. Матрица плотности в магнитном резонансе. Квантовые компьютеры.	1	2	0	2	0	0	0	6
7.	Тема 7. Метод функционала плотности в магнитном резонансе.	1	2	0	2	0	0	0	6
8.	Тема 8. Методы измерения локальной структуры твердых тел.	1	3	0	2	0	0	0	6
9.	Тема 9. Обменное взаимодействие двух центров.	1	3	0	2	0	0	0	7
10.	Тема 10. Усреднение спектров ЭПР движением. Изменение ширины линии ЭПР при движении, колебаниях или изменении симметрии парамагнитных центров.	1	2	0	3	0	0	0	6
11.	Тема 11. Методики расчета спектров ЭПР.	1	2	0	2	0	0	0	7
12.	Тема 12. Расчеты спектров ЭПР с применением EasySpin.	1	2	0	3	0	0	0	6
	Итого		26	0	26	0	0	0	74

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Использование языка Python и Matlab в физических расчетах. Использование оболочек rpycharm и googlecolab.

Лекционный материал: Рассматриваются методики расчета в научных системах. Даются основы языка Python. Рассматриваются основы матричной алгебры для Python+Numpy и Matlab. Разбирается код для наиболее распространенных задач в пакетах Python+Numpy и Matlab.

Практические занятия: Студенты выполняют ряд заданий, служащих для закрепления знаний и умений в использовании языка Python.

Самостоятельная работа студентов состоит в поиске и изучении бесплатных курсов по языкам Python и Matlab

##### Тема 2. Электронная структура атома.

Лекционный материал: Рассматривается взаимодействие электронов оболочки и ядра. Вводится гамильтониан одночастичного взаимодействия. Заполненные и незаполненные оболочки. Преобразование одноэлектронных функций в слетровские детерминанты. Типы представления волновых функций электронов. Базис функций Слэтера, Гаусса, PAW. Молекулярные орбитали. Взаимодействие атомов и ионов в органических веществах.

Практические занятия: Студенты выполняют ряд заданий по расчету радиальной части волновых функций, визуализации функции электронной плотности.

Самостоятельная работа студентов состоит в построении молекулярных орбиталей молекулы CO<sub>2</sub>

##### Тема 3. Теория групп и основы кристаллографии

Лекционный материал: Даются основные положения теории групп: порядок группы, представление группы, характер представления. Рассматриваются приводимые и неприводимые представления. Типы точечных групп симметрии в кристаллах. Симметрия и гамильтониан, базис волновых функций неприводимых представлений.

Практические занятия: Студенты выполняют ряд заданий по составлению представлений групп симметрии, расчету матрицы умножения и характеров представлений, использовании D-матрицы Вигнера.

Самостоятельная работа студентов состоит в расчете полиномов для электронных конфигураций.

#### **Тема 4. Кристаллическое поле и спектры ЭПР.**

Лекционный материал: Рассматривается разложение потенциала кулоновского взаимодействия в базе сферических функций. Перерасчет потенциала к полиномиальному представлению. Введение эквивалентных операторов Стивенса. Построение спинового гамильтониана. Последовательно рассматриваются особенности спектров электронного парамагнитного резонанса в случае когда потенциал кристаллического поля изменяется в сторону понижения симметрии, от кубической до моноклинной. Гексагональная симметрия.

Практические занятия: Студенты выполняют ряд заданий по расчету параметров кристаллического поля для кристаллов кубической, октаэдрической и ромбической симметрий.

Самостоятельная работа студентов состоит в вычислении коэффициентов перерасчета параметров кристаллического поля в разложении по сферическим функциям к параметрам в базе операторов Стивенса.

#### **Тема 5. Сверхтонкое и суперсверхтонкое взаимодействие**

Лекционный материал: Рассматривается взаимодействие парамагнитных центров с магнитными моментами ядер. Диполь-дипольное взаимодействие и контактное взаимодействие Ферми. Обсуждается возможность получения дополнительной информации, которая может быть получена из анализа запрещенных линии в спектре электронного парамагнитного резонанса при лигандном взаимодействии.

Практические занятия: Студенты проводят расчет сверхтонкой и суперсверхтонкой структуры ионов марганца с использованием символьных вычислений.

Самостоятельная работа студентов состоит в изучении методов вычисления контактного взаимодействия.

#### **Тема 6. Матрица плотности в магнитном резонансе. Квантовые компьютеры.**

Лекционный материал: Вводятся основы методов Лиувилля и фон-Неймана. Рассматривается расчет ССИ в обычном и стационарном случае. Приводятся методики вычисления импульсных спектров ЭПР. Запутанность квантовых состояний. Использование магнитных систем в квантовых компьютерах

Практические занятия: Студенты проводят расчет спектра ESSEM .

Самостоятельная работа студентов состоит в изучении алгоритма Шора.

#### **Тема 7. Метод функционала плотности в магнитном резонансе.**

Лекционный материал: Методы расчеты структуры твердых тел из первых принципов. Программа Ogsa. Метод функционала электронной плотности. Расчеты параметров ЭПР исходя из знания электронной плотности. Программы Quantum espresso и GPrw.

Практические занятия: Студенты проводят расчет спектроскопических характеристик одного из кристаллов .

Самостоятельная работа студентов состоит в поиске программ квантово-химических расчетов и изучении их основных особенностей.

#### **Тема 8. Методы измерения локальной структуры твердых тел.**

Лекционный материал: Спиновый гамильтониан с учетом тонкой структуры и суперсверхтонкой спектра электронного парамагнитного резонанса. Выбор оси Z. Ядерное зеемановское взаимодействие, проявление в спектрах электронного парамагнитного резонанса и двойного электронно-ядерного резонанса. Параметры спектра двойного электронно-ядерного резонанса с учетом тонкой структуры спектра ДЭЯР

Практические занятия: Студенты проводят расчет спектра ДЭЯР для иона с  $S=1$  и  $I=1$ .

Самостоятельная работа студентов состоит в поиске дополнительных методик измерения электронно-ядерных взаимодействий.

#### **Тема 9. Обменное взаимодействие двух центров.**

Лекционный материал: Прямое обменное взаимодействие. Косвенное обменное взаимодействие. Антиферромагнитное и ферромагнитное обменное взаимодействие. Интеграл перекрывания электронных оболочек. Рассматриваются приближения при которых возможна изучение сильного обменного взаимодействия методом электронного парамагнитного резонанса. Интегралы перекрывания при антисимметричном обменном взаимодействии, прерход к спектроскопическим параметрам. Влияние антисимметричного обменного взаимодействия на спектр электронного парамагнитного резонанса.

Практические занятия: Студенты проводят расчет спектра двух взаимодействующих парамагнитных центров

Самостоятельная работа студентов состоит в поиске методик измерения энергии взаимодействия обменно-связанной пары.

#### **Тема 10. Усреднение спектров ЭПР движением. Изменение ширины линии ЭПР при движении, колебаниях или изменении симметрии парамагнитных центров.**

Лекционный материал: ЭПР в жидкости. Усреднение движением молекул. Типы характера усреднений. Эффект Яна-Теллера. Быстрый и медленный обмен. Обменное сужение линий электронного парамагнитного резонанса.

Практические занятия: Студенты проводят расчет спектра иона меди II в кубическом кристалле.

Самостоятельная работа студентов состоит в выводе формул измерения ширины с помощью теории матрицы плотности.

#### **Тема 11. Методики расчета спектров ЭПР.**

Лекционный материал: Расчет положения и интенсивности линий ЭПР при изменении магнитного поля. Метод Белфорда. Поворот системы координат. Оси g и A тензора.

Практические занятия: Студенты проводят расчет спектра ЭПР с использованием метода Белфорда.

Самостоятельная работа студентов в получении навыков использования функций диагонализации матриц.

#### **Тема 12. Расчеты спектров ЭПР с применением EasySpin.**

Лекционный материал: Использование EasySpin в расчетах спектров ЭПР и ДЭЯР. Задание параметров электронной системы и параметров эксперимента. Особенности вычисления спектров ДЭЯР.

Практические занятия: Студенты проводят расчет спектра ДЭЯР для иона с  $S=1$  и  $I=1$ .

Самостоятельная работа студентов в изучении возможностей пакета EasySpin

### **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

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

Сайт издателя Elsevier - <http://elsevier.com>

Центр коллективного пользования КПФУ - [http://www.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=11446](http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=11446)

### **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)

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

Программа Balls & Sticks - <http://www.toycrate.org/bs/index.html>

Программа Easyspin - <http://www.easyspin.org/>

Программа Матлаб - [www.mathworks.com/](http://www.mathworks.com/)

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

Сайт фирмы Брукер - <http://www.bruker-biospin.de>

Центр коллективного пользования КПФУ - [http://www.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=11446](http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=11446)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Основная задача лекций - 'дать основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса'. Рекомендуется обращать внимание на следующие аспекты: 1. Как должно быть в упрощенной теории, и как на самом деле получается на практике. Также рекомендуется участвовать в решении простых задач во время лекции.
практические занятия	Для выполнения практических упражнений на компьютере рекомендуется самостоятельно установить на личном компьютере пакеты Matlab и Easyspin и провести несколько дополнительных расчетов с параметрами отличными от заданных преподавателем. В процессе вычислений рекомендуется варьировать параметры, с целью наблюдения сдвига линий ЭПР в спектре.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа курса 'Спектры электронно-парамагнитного резонанса' состоит двух частей:</p> <p>Часть 1. Освоения ПО 'Matlab' и пакета 'EasySpin' и построения спектров ЭПР, ДЭЯР и релаксационных характеристик по заданным преподавателям параметрам. Ознакомится с ПО 'Matlab' можно прочитав, к примеру, следующую литературу.</p> <p>1. Поршневу, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие : [для студентов вузов, обучающихся по специальностям Математика, Информатика, Физика] / С. В. Поршневу .? 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.</p> <p>2. Голубева, Лариса Леонидовна. Компьютерная математика. Числовой пакет MatLab : курс лекций / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова .? Минск : БГУ, 2007 .? 164 с. : ил. ; 20 .? Библиогр.: с. 161 (5 назв.) .? ISBN 978-985-485-565-3, 250.</p> <p>3. Рагулина, Марина Ивановна. Информационные технологии в математике : учебное пособие для студ. вузов / М. И. Рагулина ; ред. М. П. Лапчик .? Москва : Академия, 2008 .? 304 с. ? (Высшее профессиональное образование) .? ISBN 978-5-7695-2710-4 : р.269.50.</p> <p>Принципы использования пакета 'EasySpin' отражены в следующем методическом пособии: 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 <a href="http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/easyspin.pdf">http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/easyspin.pdf</a></p> <p>Часть 2: Использование пакета EasySpin для визуализации теоретического материала лекций</p>
экзамен	<p>Экзамен проводится после сдачи студентами письменной работы. При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется еще раз прочитать учебники и конспекты лекций. На экзамене разрешается пользоваться схемами и рисунками учебно-методических пособий. Время на подготовку ответа отводится в количестве 1 часа, время на ответ 30 мин. За дополнительную подготовку оценка снижается на 5 баллов.</p>

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

**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.02 Изучение квантовых свойств конденсированных сред

**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: 2024

**Основная литература:**

1. Ткаченко, Ф. А. Электронные приборы и устройства : учебник / Ф.А. Ткаченко. - Минск : Новое знание ; Москва: ИНФРА-М, 2020. - 682 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004658-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062340> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. 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: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Безбородов, Ю. Н. Методы контроля и диагностики эксплуатационных свойств смазочных материалов по параметрам термоокислительной стабильности и температурной стойкости: монография / Ю. Н. Безбородов, Б. И. Ковальский, Н. Н. Малышева, А. Н. Сокольников, Е. Г. Мальцева. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. - 366 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/442965> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

**Дополнительная литература:**

1. Основы ядерного магнитного резонанса : учебное пособие / М.П. Евстигнеев, А.О. Лантушенко, В.В. Костюков [и др.]. - Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2022. - 247 с. - ISBN 978-5-9558-0414-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858556> (дата обращения: 12.05.2023). - 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, 2022. - 412 с. - ISBN 978-5-8114-2754-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210080> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.02 Изучение квантовых свойств конденсированных сред*

**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: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.