

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Теоретические основы квантовой электроники

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2022

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): главный научный сотрудник, д.н. (профессор) Еремин М.В. (НИЛ магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулера, Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии), Mikhail.Eremin@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	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-4	способностью использовать базовые знания в области математики для решения радиофизических задач

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

современные методы расчета энергетических схем уровней энергии ионов переходных групп в кристаллах

Должен уметь:

расчитывать уровни и волновые функции ионов переходных групп в кристаллах

Должен владеть:

навыками расчетов в схемах сильного, среднего и слабого кристаллических полей

Должен демонстрировать способность и готовность:

проводить расчеты энергетической схемы уровней и волновых функций примесных ионов в кристаллах и готовность оценки магнитных характеристик

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.12.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Квантовая и СВЧ электроника)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 54 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 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. Теория свободного атома. Приближение центрального поля.	7	2	0	0	0	10	0	2
5.	Тема 5. Волновые функции термов. Классификация повторяющихся термов по родонаначальному числу.	7	2	0	0	0	10	0	6
6.	Тема 6. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Эккарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.	7	2	0	0	0	6	0	6
7.	Тема 7. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.	7	2	0	0	0	10	0	6
8.	Тема 8. Оператор энергии кристаллического поля. Модели точечных зарядов и независимых валентных связей. координаций переходных ионов.	7	2	0	0	0	4	0	4
9.	Тема 9. Схема сильного кристаллического поля. Пространственное распределение электронных облаков. Определение основных состояний ионов. Низкоспиновые состояния комплексов.	7	2	0	0	0	10	0	4
11.	Тема 11. Схема слабого кристаллического поля. Основные методики расчета матричных элементов. Техника неприводимых тензорных операторов и метод операторов эквивалентов.	7	2	0	0	0	4	0	4
12.	Тема 12. Расчет энергетической схемы уровней для иона меди в тетрагональном кристаллическом поле. Статический эффект Яна-Теллера..	7	2	0	0	0	0	0	4
13.	Тема 13. Расчет энергетической схемы уровней для иона иттербия в тетрагональном кристаллическом поле. Теоретические оценки для компонент g - тензора.	7	2	0	0	0	0	0	0

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)					Само- стоя- тель- ная ра- бота	
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего		Лабораторные в эл. форме
Итого			18	0	0	0	54	0	36

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Теория свободного атома. Приближение центрального поля.

Теория атома водорода. Приближение центрального поля. Электронные конфигурации. Кратность вырождения электронных оболочек. Слэтеровские детерминанты. Правило заполнения электронных оболочек. Термы электронных оболочек. Правило Гунда. Мультиплетность термов. Примеры опеределения возможных термов для конфигураций эквивалентных электронов.

Тема 5. Волновые функции термов. Классификация повторяющихся термов по родонаначальному числу.

Представление момента количества движения. Кратности вырождения электронных термов Операторы повышения и понижения квантовых чисел. Примеры расчета волновых функций термов. Классификация повторяющихся термов по родонаначальному числу. Пример расчета волновых функций с различным родонаначальным числом.

Тема 6. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Эккарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.

Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Метод диагональных сумм. Теорема Вигнера-Эккарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигураций из двух d -электронов.

Тема 7. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.

Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов. Определение параметров Слэтера по энергетической схеме уровней методом наименьших квадратов. Правило определения центров тяжести термов. Параметры Рака.

Тема 8. Оператор энергии кристаллического поля. Модели точечных зарядов и независимых валентных связей. координатий переходных ионов.

Модели точечных зарядов и независимых валентных связей в теории кристаллического поля.

Выдол оператора кристаллического поля для окаэдрического окружения парамагнитного иона. Случаи кубической и тетраэдрической координатий. Ограничения, накладываемые симметрии кристаллов на возможный набор параметров кристаллического поля.

Тема 9. Схема сильного кристаллического поля. Пространственное распределение электронных облаков. Определение основных состояний ионов. Низкоспиновые состояния комплексов.

Схема сильного кристаллического поля. Энергетическая схема уровней для d- электрона в окаэдрическом кристаллическом поле. Картина распределения электронной плотности в различных состояниях. Определение основных состояний ионов в схеме сильного кристаллического поля. Низкоспиновые состояния комплексов.

Тема 11. Схема слабого кристаллического поля. Основные методики расчета матричных элементов. Техника неприводимых тензорных операторов и метод операторов эквивалентов.

Схема слабого кристаллического поля. Теорема Вигнера_Эккарта. Основные методики расчета матричных элементов. Техника неприводимых тензорных операторов и метод операторов эквивалентов. Техника Рака. Соотношения между приведенными матричными элементами в различных схемах квантования. Приметры расчета приведенных матричных элементов.

Тема 12. Расчет энергетической схемы уровней для иона меди в тетрагональном кристаллическом поле. Статический эффект Яна-Теллера..

Расчет энергетической схемы уровней для иона меди в тетрагональном кристаллическом поле. Статический эффект Яна-Теллера. Электронно колебательное взаимодействие. Адиабатическое приближение. Адиабатические потенциалы. Туннелирование между ямами адиабатического потенциала. Вибронные состояния парамагнитных центров в кристаллах.

Тема 13. Расчет энергетической схемы уровней для иона иттербия в тетрагональном кристаллическом поле. Теоретические оценки для компонент g - тензора.

Расчет энергетической схемы уровней для иона иттербия в тетрагональном кристаллическом поле. Расчет матричных элементов оператора кристаллического поля. Приведенные матричные элементы. Блочный вид матрицы энергии. Определение волновых функций. Расчет компонент g - тензора для различных направлений магнитного поля.

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

А. М. Леушин. Теория оптических спектров (2) - techlibrary.ru/.../2t1f1u1z1j1o_2h.2u._3a1f1p1r1j2g_1p1q1t1j1y1f1s1l1j1w_1s1q1f1l...

А. М. Леушин. Теория оптических спектров (1) - kpfu.ru/portal/docs/F1651974492/tos_p1.pdf

3-j, 6-j symbols - <http://www-stone.ch.cam.ac.uk/cgi-bin/wigner.cgi?symbol=3j>

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)

- А. М. Леушин. Теория оптических спектров. Часть 1 - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=8205
- архив публикаций по физике - <http://xxx.lanl.gov/find/cond-mat>
- Данные о структуре кристаллов в базе данных "Crystallography Open Database - <http://www.crystallography.net>
- Программа для расчета 3-j , 6-j и 9-j символов - <http://plasma-gate.weizmann.ac.il/369j.html>
- Таблицы 3-j символов - <http://www.svengato.com/threej.html>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Обратить внимание, что представление момента количества движения является основным. Имеются схемы четырех типов; представление одноэлектронных функций , представление полного спинового и орбитального моментов, представление полного момента, а при использовании схемы сильного кристаллического поля представление фиктивного момента.
лабораторные работы	Построение волновых функций в представлении момента количества движения. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Экарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия . Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.
самостоятельная работа	Освоить технику сложения моментов количества движения. Выучить правила отбора для 3-j и 6-j символов. Доказать соотношения между 3-j и 6-j символами , использующиеся при выводе формулы для расчета приведенных матричных элементов. Ознакомиться с методом эквивалентных операторов . Научиться вычислять значения приведенных матричных элементов. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Экарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия . Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	<p>Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Экарта. 3-j символы.</p> <p>Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Экарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.</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 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки "Квантовая и СВЧ электроника".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.12.02 Теоретические основы квантовой электроники

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Основная литература:

1. Гадзиковский, В. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В. И. Гадзиковский. - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2020. - 766 с. - ISBN 978-5-91359-117-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858810> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов / Г. Л. Киселев. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 316 с. - ISBN 978-5-507-44512-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/233291> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / Ролдугин С.В., Паринов А.В., Голубинский А.Н. - Воронеж: Научная книга, 2016. - 144 с. - ISBN 978-5-4446-0908-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/923327> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Подлесный, С. А. Устройства приема и обработки сигналов : учебное пособие / С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 352 с. - ISBN 978-5-7638-2263-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441113> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Леушин А.М. Теория оптических спектров. Часть I. Классические методы: учебное пособие / А.М. Леушин. - Казанский университет, Казань, 2007. - 107 с. - Текст : электронный. - URL: http://kpfu.ru/portal/docs/F1651974492/tos_p1.pdf (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: открытый.
3. Еремин, М.В. Микроскопические модели в конденсированных средах: учебное пособие / М.В. Еремин. - Казань: Казанский университет. - 2011. - 111 с. - Текст : электронный. - URL: http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: открытый.
4. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев. - 2-е изд., перераб., доп. и испр. - Казань: Казанский университет, 2013. - 222 с. - Текст : электронный. - URL: http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: открытый.
5. Малкин Б.З. Квантовая теория парамагнетизма. Конспект лекций / Б.З. Малкин, Э.И. Байбеков. - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 102 с. - Текст : электронный. - URL: http://kpfu.ru/portal/docs/F800871619/quant_theory_param.pdf (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: открытый.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.12.02 Теоретические основы квантовой электроники

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

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

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.