

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

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Микроскопические модели в материалах для квантовой электроники

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

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): ведущий научный сотрудник, д.н. Еремин М.В. (научно-исследовательская лаборатория "Перспективные платформы для спиновых квантовых манипуляций", Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии), Mikhail.Eremin@kpfu.ru ; 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-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической 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:

Знать: современные модели для описания электронной структуры материалов для квантовой электроники

Уметь: применять современные методы анализа энергетических схем.

Владеть: навыками расчета уровней энергии и волновых функций.

Должен уметь:

Демонстрировать способность и готовность рассчитать уровни энергии, волновые функции и спин-спиновые взаимодействия ионов переходных металлов в кристаллах .

Должен владеть:

Владеть современными методами решения задач квантовой радиофизики

Должен демонстрировать способность и готовность:

Демонстрировать способность к решению задач квантовой электроники.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.01.01 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 - 42 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 138 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет 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- 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. Символьные вычисления на языке Python.	2	4	0	2	0	0	0	18
2.	Тема 2. Квантово-механические расчеты атомов водорода и гелия, а также молекулы H ₂ .	2	4	0	2	0	0	0	20
3.	Тема 3. Методы расчетов волновых функций в теории Хартри для атомов и ионов.	2	4	0	2	0	0	0	20
4.	Тема 4. Приближение функционала электронной плотности. Метод Кона-Шэма	2	4	0	2	0	0	0	20
5.	Тема 5. Нецентральные части кулоновского взаимодействия и спин-орбитальное взаимодействие. Термы и мультиплеты.	2	4	0	2	0	0	0	20
6.	Тема 6. Схема сильного и слабого кристаллического поля. Определение основных состояний ионов в схеме сильного и слабого кристаллического поля.	2	4	0	2	0	0	0	20
7.	Тема 7. Зона теория твердых тел. Зона Бриллюэна. Волновой вектор. Теория вторичного квантования	2	4	0	2	0	0	0	20
	Итого		28	0	14	0	0	0	138

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Символьные вычисления на языке Python.

Лекции: Основы языка Python. Символьные вычисления с модулем sympy. Создание переменных. Запись выражений. Символьное дифференцирование и интегрирование. Замена переменных. Упрощение выражений и вычисление. Фундаментальные Физические постоянные в пакете scipy.constant

Практические занятия:

Решение заданных примеров в пакете sympy.

Тема 2. Квантово-механические расчеты атомов водорода и гелия, а также молекулы H₂.

Лекции:

Теория атома водорода. Уравнение Шредингера. Операторы кинетической и потенциальной энергии. Представление волновой функции электрона. Решение уравнения Шредингера для радиальной части. Полиномы Лаггера. Электронные конфигурации. Кратность вырождения электронных оболочек. Атом гелия, нецентральное взаимодействие. Теория возмущений и вариационный метод Ритца. Молекула водорода. Ковалентные взаимодействия. Слэтеровские детерминанты.

Практ. занятия:

Применение sympy для вывода формул в лекциях.

Тема 3. Методы расчетов волновых функций в теории Хартри для атомов и ионов.

Лекции:

Метод линейной комбинации атомных орбиталей. Операторы энергии для кинетической энергии, энергии взаимодействия с ядром и межэлектронного взаимодействия. Запись и вычисление оператора Фока. Вариационный метод нахождения коэффициентов в ЛКАО. Запись атомных орбиталей в виде базиса функций Рохана-Хартри-Фока и базиса функций Гаусса.

Практические занятия:

Построение электронной оболочки для водорода и марганца из таблиц коэффициентов базисных функций.

Тема 4. Приближение функционала электронной плотности. Метод Кона-Шэма

Лекции:

Понятие функционала. Введение электронной плотности в гамильтониан. Преобразование операторов кинетической и потенциальной энергий в функционалы от электронной плотности. Выбор начального базиса атомных орбиталей. Базис плоских волн и волновой вектор.

Практические занятия:

Расчет молекул в программе Orca и кристалла в программе Quantum espresso.

Тема 5. Нецентральные части кулоновского взаимодействия и спин-орбитальное взаимодействие. Термы и мультиплеты.

Лекции:

Правило заполнения электронных оболочек. Термы электронных оболочек. Правило Гунда. Мультиплетность термов. Примеры определения возможных термов для конфигураций эквивалентных электронов. Представление момента количества движения. Кратности вырождения электронных термов. Операторы повышения и понижения квантовых чисел. Примеры расчета волновых функций термов. Классификация повторяющихся термов по родоначальному числу. Пример расчета волновых функций с различным родоначальным числом.

Практические занятия:

Написание программы составления термов.

Тема 6. Схема сильного и слабого кристаллического поля. Определение основных состояний ионов в схеме сильного и слабого кристаллического поля.

Лекции:

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

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. Примеры расчета приведенных матричных элементов.

Практические занятия:

Расчет кристаллической компоненты ядерного квадрупольного взаимодействия в программе Giraw,

Тема 7. Зона теория твердых тел. Зона Брилюэна. Волновой вектор. Теория вторичного квантования

Лекции:

Коллективное движение атомов и образование энергетических зон. Волновой вектор в зоне Брилюэна. Перенос электрического заряда и магнитного момента в кристаллах. Элементарные возбуждения. Теория вторичного квантования. Использование разложения гамильтониана для получения вероятностей образования элементарного возбуждения.

Практические занятия:

Расчет перехода к модели вторичного квантования

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

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)

архив препринтов - <http://xxx.lanl.gov/find/cond-mat>

справочник структур - <http://www.crystallography.net>

таблицы символов - <http://plasma-gate.weizmann.ac.il/369j.html>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	По мере изложения теоретического материала, обучающиеся получают задание. Работа по каждой теме выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Примеры типичных задач разбираются на лекция в качестве примеров. Предмет достаточно трудный. При не регулярном посещении лекций освоить его, как правило, не удастся.
практические занятия	В задании о расчете расщеплений кристаллическим полем применить теорему Вигнера-Экарта и использовать соотношение ортогональности 3-j символов. Предварительно разложить оператор взаимодействия электронов по сферическим функциям. Для расчета энергий возбужденных термов привлечь метод диагональных сумм. Решение задач проводить используя предоставленные моменты количества движения.
самостоятельная работа	Решение задач проводить, используя представление момента количества движения. Использовать операторы повышения и понижения квантовых чисел. При расчете энергии терма заданной электронной конфигурации, предварительно разложить оператор взаимодействия электронов по сферическим функциям. При расчете расщеплений кристаллическим полем применить теорему Вигнера-Экарта и использовать соотношение ортогональности 3-j символов.
зачет	Оцениваются владение теоретическим материалом, подкрепленным умением решать задачи по расчету уровней энергии, волновых функции и компонент g- тензора. При расчете компонент g- тензора для элементов группы железа использовать схему промежуточного кристаллического поля. Для редкоземельных элементов применить схему слабого кристаллического поля.

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

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

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

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

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

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

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе "Квантовые устройства и радиофотоника".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.01 Микроскопические модели в материалах для
квантовой электроники

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: 2025

Основная литература:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевского. - 4-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2020 - Том 4 : Квантовая электродинамика. - 2020. - 720 с. - ISBN 978-5-9221-0058-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185660> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Паршаков, А. Н. Введение в квантовую физику : учебное пособие / А. Н. Паршаков. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 352 с. - ISBN 978-5-8114-0982-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210335> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Дуглав, А.В. Спин-решеточная релаксация электронов и ядер в диэлектрических кристаллах с парамагнитными примесями: учебное пособие / А.В. Дуглав ФГАОУ ВПО 'Казан. (Приволж.) федер. ун-т', Ин-т физики, Каф. квантовой электроники и радиоспектроскопии. - (Казань : Казанский федеральный университет, 2018). - Казань, 2018. - 78 с. - Текст : электронный. - URL: https://kpfu.ru/staff_files/F_1300038724/Mekh_magn_relaks.pdf (дата обращения: 12.05.2023). - 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: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Леушин А.М. Теория оптических спектров. Часть 1: Классические методы: учебное пособие / А.М. Леушин. - Казань: Казанский университет, 2007. - 107 с. - Текст : электронный. - URL: http://kpfu.ru/portal/docs/F1651974492/tos_p1.pdf (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: открытый.
6. Еремин, М.В. Микроскопические модели в конденсированных средах / М.В. Еремин. - Казань: Казанский университет, 2011. - 111 с. - Текст : электронный. - URL: http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: открытый.

Дополнительная литература:

1. Савельев, И. В. Основы теоретической физики. В 2 томах. Том 2. Квантовая механика / И. В. Савельев. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 432 с. - ISBN 978-5-507-47138-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/330521> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. 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: 12.05.2023). - Режим доступа: открытый.
3. Абрагам, А. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов: в 2 томах: перевод с английского / А. Абрагам, Б. Блини; под ред. С. А. Альтшулера, Г. В. Скроцкого. - Москва: Мир, 1972. - Т. 1. - 1972. - 651 с. (30 экз.).
4. Альтшулер, С. А. Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп / С. А. Альтшулер, Б. М. Козырев. - Издание 2-е, переработанное. - Москва: Наука, 1972. - 672 с. (101 экз.).

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.01 Микроскопические модели в материалах для
квантовой электроники*

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: 2025

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.