

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

Оптика метаматериалов

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Содержание

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

Программу дисциплины разработал(а)(и): ассистент, к.н. Газизов А.Р. (Кафедра оптики и нанофотоники, Отделение физики), AlmaRGazizov@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Харинцев С.С. (Кафедра оптики и нанофотоники, Отделение физики), skharint@gmail.com

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-2	Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач, и применять результаты научных исследований в проектной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

современные достижения в области фотоники метаматериалов, методы синтеза метаматериалов, их типы, основные свойства и практическое применение, основные понятия нанофотоники для решения профессиональных задач

Должен уметь:

численно моделировать среды с различными электрической и магнитной проницаемостями, решать задачи на собственные моды фотонной структуры простейшей геометрии, находить дисперсионное соотношение

Должен владеть:

навыками использования закономерностей фотоники резонансных структур для решения задач

Должен демонстрировать способность и готовность:

к участию в исследованиях, связанных с решением задач современной нанофотоники и дизайну оптических метаматериалов.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.05.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 26 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 82 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

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

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

N	Разделы дисциплины / модуля	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. Введение в оптику метаматериалов.	3	2	0	2	0	0	0	8

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	
2.	Тема 2. Резонансная фотоника.	3	3	0	2	0	0	0	16
3.	Тема 3. Отрицательный показатель преломления.	3	3	0	2	0	0	0	16
4.	Тема 4. Околонулевая диэлектрическая проницаемость.	3	2	0	2	0	0	0	12
5.	Тема 5. Оптические метаповерхности.	3	1	0	1	0	0	0	10
6.	Тема 6. Нелинейные и нестационарные метаматериалы.	3	1	0	1	0	0	0	8
7.	Тема 7. Дизайн и изготовление метаматериалов.	3	2	0	2	0	0	0	12
	Итого		14	0	12	0	0	0	82

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в оптику метаматериалов.

Место фотоники в современных технологиях. Основные понятия и определения фотоники: ближнее и дальнее поле, диэлектрическая функция, основное уравнение электродинамики для оптических мод, оптический резонанс. Тензорная функция Грина.

Определение метаматериалов, нанокompозиты, примеры. Классификация по размерности, по показателю преломления. Свойства материалов. Модели сплошной среды (Друде, Лоренца и т. д.). Модели эффективной среды (Брюгемана, Максвелла-Гарнета). Временная и пространственная дисперсия. Оптическая активность.

Тема 2. Резонансная фотоника.

Моды волноводов кругового и прямоугольного сечения. Моды сферического и кольцевого резонаторов. Резонанс Ми. Оптические связанные состояния в континууме. Среда с фотонной запрещенной зоной. Оптические состояния Тамма. Плазмонный резонанс, спазеры. Поверхностные плазмон-поляритоны. Дисперсионные соотношения мод. Гибридизация мод.

Оптика метаматериалов с большим показателем преломления. Понятие и модель мета-атома. Оптические наноантенны.

Тема 3. Отрицательный показатель преломления.

Оптика метаматериалов с отрицательным показателем преломления. Положительные и отрицательные ϵ и μ . Хиральные метаматериалы. Гиперболические метаматериалы. Металинзы и оптическое сверхразрешение. Оптический клоакинг. Переключение поляризации в отрицательных метаматериалах. Компенсация потерь в материалах с отрицательным преломлением. Активные метаматериалы.

Тема 4. Околонулевая диэлектрическая проницаемость.

Оптические эффекты в средах с околонулевой диэлектрической проницаемостью. Усиление продольных компонент электрического поля внутри ENZ-среды при наклонном падении. Близкий к нулю показатель преломления. Медленный свет. Влияние потерь. Моды тонкой пленки с околонулевой проницаемостью. Моды Феррелла-Берремана и ENZ моды. Влияние потерь

Усиление поля в материалах с градиентом показателя преломления. Явления в переходном слое из материала с положительным n в материал с отрицательным n . Случай наклонного падения света на переходный слой. Усиление нелинейно-оптических эффектов в материалах околонулевой проницаемостью.

Тема 5. Оптические метаповерхности.

Управление фазой прошедшей и отраженной волны. Принцип взаимности, S-параметры. Отрицательное преломление с помощью градиентных метаповерхностей.

Двумерные метаматериалы на основе полупроводников. Графен, нанотрубки, фуллерены, многослойный графен. Сульфиды переходных металлов. Элементы твистроники.

Тема 6. Нелинейные и нестационарные метаматериалы.

Элементы нелинейной фотоники. Усиление нелинейно-оптических эффектов в метаматериалах. Нестационарные во времени метаматериалы. Оптические переключения. Метаматериалы периодические во времени. Вынужденное комбинационное рассеяние. Параметрическое рассеяние и параметрический резонатор. Оптомеханика. Влияние потерь.

Тема 7. Дизайн и изготовление метаматериалов.

Методы синтеза метаматериалов. Методы синтеза метаповерхностей. Подходы "сверху вниз" и "снизу вверх". Проблемы при синтезе объемных метаматериалов.

Моделирование оптических эффектов в метаматериалах. Подход на основе тензорной функции Грина. Подход на основе метода конечных разностей во временной области.

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 планируемому результату 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)

Gorlach, M.A. Electrodynamics of Metamaterials. Lecture notes / M. A. Gorlach, R. S. Savelev - Saint-Petersburg: ITMO Universtity, 2020. -- 80 p. - <https://physics.itmo.ru/ru/course/elektrodinamika-metamaterialov>

Краснок, А.Е. Оптические наноантенны / А.Е. Краснок, И.С. Максимов, А.И. Денисюк, [и др.] // Успехи физических наук - 2013. - Т.183, №6. - С.561-589. - <https://ufn.ru/ru/articles/2013/6/a/>

Харинцев С. С. Плазмонная микроскопия высокого разрешения: Методическое пособие [для магистрантов] / С.С. Харинцев - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 53 с - <https://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/22119>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах допускается делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	В ходе аудиторных занятий нужно вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах допускается делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанный на занятии, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. На практических занятиях необходимо внимательно относиться к ответам одногруппников и комментариям преподавателя, поскольку материал, выносимый на обсуждение на практических занятиях может не рассматриваться на лекционных занятиях. Замечания преподавателя, обращенные к другим докладчикам следует учитывать при подготовке своего ответа.
самостоятельная работа	В ходе подготовки к выполнению заданий промежуточного контроля изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Студентам рекомендуется получить в библиотеке КФУ доступ к ресурсам электронно-библиотечных систем, а также учебную литературу из фонда библиотеки, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.
экзамен	Для успешной подготовки к экзаменам студенту необходимо посещать лекционные, практические занятия, вести конспектирование учебного материала, изучать основную и дополнительную литературу по курсу предмета. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы. При затруднении в поиске ответа на какой-либо вопрос необходимо обратиться к преподавателю в отведенное на консультацию время.

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.

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

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

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Серебренников, А.М. С32 Основы оптоинформатики: фурье-оптика, плазмоника и метаматериалы : учеб. пособие / А.М. Серебренников. - Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. - 236 с. -- ISBN 978-5-398-02492-0. -- URL: https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Serebrennikov_Osnovi_optoinformatiki.pdf (дата обращения: 16.08.2023). -- Режим доступа: свободный.
2. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 596 с. - ISBN 978-5-8114-5149-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/133479> (дата обращения: 16.08.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Варданян, В. А. Основы волноводной фотоники / В. А. Варданян. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 204 с. - ISBN 978-5-507-46859-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/322640> (дата обращения: 16.08.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Панов, М. Ф. Физические основы фотоники : учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 564 с. - ISBN 978-5-8114-2319-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212564> (дата обращения: 16.08.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Белоусов, Ю. И. Инфракрасная фотоника / Ю. И. Белоусов, Е. С. Постников. - 2-е изд., стер. (полноцветная печать). - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 340 с. - ISBN 978-5-507-46496-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/309734> (дата обращения: 16.08.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Горлач, М. А. Конспект лекций по 'Электродинамике метаматериалов' : учебное пособие / М. А. Горлач, Р. С. Савельев. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2020. - 108 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/190922> (дата обращения: 16.08.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : учебник / А. Д. Григорьев. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 704 с. - ISBN 978-5-8114-0706-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210095> (дата обращения: 16.08.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Квантовая нанофотоника : учебное пособие / Е.С. Андрианов, А.П. Виноградов., А.В. Дорофеенко, [и др.]. - Долгопрудный : Издательский Дом 'Интеллект', 2015. - 368 с. : ил. - (Физтеховский учебник). - ISBN 978-5-91559-203-1. -- Текст: электронный. -- URL: <https://mipt.ru/upload/medialibrary/7ec/kvantovaya-nanoplazmonika.pdf> (дата обращения: 16.08.2023). -- Режим доступа: свободный.

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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

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

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

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.