

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

17 февраля 2023 г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Ядерные технологии материаловедения

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): заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Белушкин А.В. (кафедра ядерно-физического материаловедения, Институт физики), AVBelushkin@kpfu.ru ; доцент, к.н. Болтакова Н.В. (кафедра ядерно-физического материаловедения, Институт физики), Natalya.Boltakova@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-4	Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- порядок значения энергии образования точечных дефектов;
- характеристики первичных радиационных повреждений;
- экспериментальные методы определения пороговой энергии образования смещений;
- механизмы радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении;
- критерии моделирования повреждений, вызываемых нейтронами, на пучках тяжелых заряженных частиц.

Должен уметь:

подбирать оптимальные режимы облучения при модуляции свойств заданного материала.

Должен владеть:

знаниями об изменении структуры и свойств материалов под действием высоких полей ионизирующего излучения.

Должен продемонстрировать способность и готовность:

участия в постановке эксперимента по облучению.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.02.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет 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-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. Взаимодействие излучений с веществом	1	2	0	2	0	0	0	8
2.	Тема 2. Физические механизмы изменения макроскопических свойств материалов при облучении	1	2	0	2	0	0	0	8
3.	Тема 3. Изучение изменения структуры и свойств материалов под действием высоких полей ионизирующего излучения	1	2	0	2	0	0	0	8
4.	Тема 4. Постановка эксперимента по облучению. Восстановление нейтронного спектра. Обращение с радиоактивными отходами (РАО).	1	2	0	2	0	0	0	8
5.	Тема 5. Трековые мембраны как успешный пример применения ионно-трековой технологии	1	2	0	2	0	0	0	8
6.	Тема 6. Инновационные подходы в развитии технологии получения трековых мембран	1	2	0	2	0	0	0	8
	Итого		12	0	12	0	0	0	48

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Взаимодействие излучений с веществом

Предмет радиационной физики твердого тела и радиационного материаловедения. Энергии образования точечных дефектов. Общие представления о радиационной повреждаемости материалов. Смещения атомов вещества и первично выбитые атомы (ПВА). Характеристики первичных радиационных повреждений: пороговая энергия образования смещений, энергетические спектры ПВА, взвешенные спектры ПВА, медианная энергия ПВА. Экспериментальные методы определения пороговой энергии образования смещений. Образование радиационных дефектов в твердых телах заряженными частицами. Неупругие столкновения заряженных частиц. Потери энергии на ионизацию. Упругие столкновения заряженных частиц с атомами вещества. Потенциалы и сечения взаимодействия. Механизмы радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении. Образование смещенных атомов быстрыми нейтронами. Образование смещенных атомов медленными и тепловыми нейтронами. Критерии моделирования повреждений, вызываемых нейтронами, на пучках тяжелых заряженных частиц.

###### Тема 2. Физические механизмы изменения макроскопических свойств материалов при облучении

Механические свойства облученных металлов и сплавов. Низко- и высокотемпературное радиационное упрочнение. Радиационное охрупчивание. Барьерная модель радиационного упрочнения. Радиационная ползучесть реакторных материалов. Основные стадии радиационной ползучести. Механизмы радиационной ползучести и радиационного роста. Радиационное распухание. Вакансионное и газовое радиационное распухание. Зависимость распухания от температуры облучения и уровня радиационных повреждений. Способы подавления радиационного распухания. Ионное распыление поверхности твердых тел. Коэффициент распыления. Блистеринг. Механизмы ионного распыления. Ионное легирование. Ионное перемешивание.

Внутриреакторные испытания механических свойств. Испытания на растяжение/сжатие и ползучесть. Параметры кривых напряжение-деформация. Измерение электрического сопротивления. Связь между электропроводностью и концентрацией дефектов. In situ ионолюминесценция и пьезоспектроскопия твердых тел.

###### Тема 3. Изучение изменения структуры и свойств материалов под действием высоких полей ионизирующего излучения

Актуальность и практическая значимость работ по изучению радиационной стойкости материалов

Направление исследований, текущие цели и задачи изучения радиационной стойкости различных видов материалов

Материалы и методы, используемые в изучении радиационной стойкости. Облучательная установка, виды экспериментов и типы образцов, нейтронно-активационный анализ, полупроводниковый детектор для восстановления спектра.

Понятие о спектре нейтронов, плотности потока нейтронов и флюенсе. Выбор дозы облучения в зависимости от типа облучаемого материала.

#### **Тема 4. Постановка эксперимента по облучению. Восстановление нейтронного спектра. Обращение с радиоактивными отходами (РАО).**

Техника эксперимента по облучения образцов реакторными нейтронами (на примере облучательной установки и вертикального канала ИБР-2, облучательных каналов реактора типа ВВЭР (ИЯУ, Узбекистан) и т.д.). Изучение различных характеристик образцов электронных компонент во время облучения, в режиме реального времени.

Экспериментальное определение флюенса нейтронов после облучения при помощи нейтронно-активационного анализа. Использование полупроводникового детектора на основе сверхчистого германия в нейтронно-активационном анализе. Полуэмпирическое восстановление спектра нейтронов.

Обращение с РАО после облучения. Жидкие и твердые РАО. Захоронение высокорadioактивных образцов.

#### **Тема 5. Трековые мембраны как успешный пример применения ионно-трековой технологии**

Мембраны и их классификация. Основные принципы получения трековых мембран. Формирование треков тяжелых ионов в полимере. Травление латентных треков в полимере и получение пористых структур. Физико-химические и эксплуатационные свойства трековых мембран. Методы характеристики структуры трековых мембран.

Применение трековых мембран в химико-технологический процессах, биотехнологии, экологическом мониторинге и медицине.

#### **Тема 6. Инновационные подходы в развитии технологии получения трековых мембран**

Современные тенденции в развитии мембранных технологий. Модификация структуры и поверхности полимерных трековых мембран как способ улучшения эксплуатационных параметров. Наноструктурирование пористой структуры трековых мембран. Трековые мембраны на основе облученных пленок из полиэфиров, полиолефинов, полиимидов и фторсодержащих полимеров. Методы модификации поверхности трековых мембран: комплексообразование полимеров, электроформование полимеров, ионно-плазменные методы, вакуумное и реактивное напыление тонких пленок. Основы темплетного синтеза. Получение наноматериалов материалов на основе трековых мембран и матриц и их возможные практические приложения.

### **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)

Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry - <https://link.springer.com/journal/10967>

Библиотека РФФИ - [https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_1916686](https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1916686)

Информационно-аналитический журнал "Мембраны" - <http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/welcome.html>

Научно-информационный портал "Мембраны и мембранные технологии" - <http://www.memtech.ru/index.php/ru/>

Обращение с РАО в некоторых странах ЕС и в России (Швеция, Финляндия, Германия, Франция, Россия) - <https://bellona.ru/publication/rao-eu-russia/>

Отчеты участников Летней студенческой программы ОИЯИ - <http://students.jinr.ru/ru>

### 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	На практических занятиях необходимо внимательно относиться к выступлениям 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 проекта.



Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>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.</p> <p>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.</p>
зачет	<p>Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.</p> <p>При подготовке к зачету необходимо повторить материал, согласно списку вопросов, выносимых на зачет. На каждый вопрос студент должен знать ответ хотябы на уровне определений.</p> <p>Следует учесть, что часть материала отводится на самостоятельное изучение, поэтому в списке вопросов могут затрагиваться темы, которые не были рассмотрены на аудиторных занятиях.</p> <p>Подготовка к зачету предполагает самостоятельную работу с конспектами лекций и практических занятий, работу с литературой.</p> <p>При затруднении в поиске ответа на какой-либо вопрос необходимо обратиться к преподавателю в отведенное на консультацию время.</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 визуальнo, 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. Бондаренко, Г. Г. Радиационная физика, структура и прочность твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Бондаренко. - Москва : Лаборатория знаний, 2016. - 465 с. - ISBN 978-5-00101-413-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/90257> (дата обращения: 05.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Денисов, Е. И. Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения: Учебное пособие / Денисов Е.И., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 94 с. ISBN 978-5-9765-3087-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/946635> (дата обращения: 05.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Ободовский, И. М. Радиационные технологии. Применения в лабораторных исследованиях, материаловедении и нанотехнологиях / И.М. Ободовский - Долгопрудный: Интеллект, 2015. - 296 с. ISBN 978-5-91559-180-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/524526> (дата обращения: 05.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

#### Дополнительная литература:

1. Коротеева, Л. И. Технология и оборудование для получения волокон и нитей специального назначения: Учебное пособие / Л.И. Коротеева, Е.Ю. Коротеева - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 288 с. (Высшее образование) ISBN 978-5-16-010428-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/488383> (дата обращения: 05.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Ветошкин, А. Г. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности. Часть 2. Переработка и утилизация промышленных отходов: Учебное пособие / Ветошкин А.Г. - Вологда:Инфра-Инженерия, 2019. - 380 с.: ISBN 978-5-9729-0234-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/989532> (дата обращения: 05.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Лабораторный практикум по курсу 'Моделирование физических процессов в ядерных реакторах' / Наймушин А.Г., Чертков Ю.Б., Аникин М.Н. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 111 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/701502> (дата обращения: 05.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

**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.