

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

Физические методы нанесения нанопокрытий

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

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): старший научный сотрудник, к.н. Янилкин И.В. (НИЛ Гетероструктуры для посткремниевой электроники, Институт физики), IVYanilkin@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-7	Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
ПК-2	Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентовnano- и микросистемной техники

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- фундаментальные основы процессов синтеза, анализа и функционирования материалов и компонентов nano- и микросистемной техники;
- физико-математические и физико-химические модели процессов нанотехнологии и методов нанодиагностики;
- базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов nano- и микросистемной техники;

Должен уметь:

- применять полученные знания для совершенствования технологических процессов и разработки новых способов, применять современные методы оперативного контроля основных параметров тонкопленочного покрытия и методов исследования тонкопленочных материалов и свойств поверхности;
- осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований и организации опытно-промышленного производства;
- применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов nano и микросистемной техники;
- применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации;
- применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов nano- и микросистемной техники, процессов нанотехнологий и методов нанодиагностики;

Должен владеть:

- навыками работы на современных установках по получению тонких пленок и модификации их свойств, а также современных приборах по исследованию поверхности и тонких пленок
- методами обработки и оценки погрешности результатов измерений;

Должен демонстрировать способность и готовность:

- выбора методов и режимов нанесения тонкопленочных покрытий;
- анализа их технологичности и соответствия физико-химических свойств полученных материалов заданным целям;
- проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов nano- и микросистемной техники;
- анализировать и систематизировать результаты исследований, обрабатывать и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.01.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника (Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 6 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 - 87 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 68 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 21 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 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- мestr	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 физику методов нанесения нанопокрытий. Области применения тонких пленок.	6	2	0	0	0	0	0	1
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия.	6	2	0	0	0	20	0	3
3.	Тема 3. Магнетронное распыление.	6	2	0	0	0	20	0	3
4.	Тема 4. Импульсное лазерное осаждение	6	2	0	0	0	0	0	3
5.	Тема 5. Имплантация.	6	1	0	0	0	0	0	3
6.	Тема 6. Атомно-слоевое осаждение, химическое осаждение из паровой фазы.	6	1	0	0	0	0	0	2
7.	Тема 7. Теория зародышеобразования и формирования пленок.	6	2	0	0	0	0	0	2
8.	Тема 8. Экспериментальные методы изучения поверхности и тонких пленок	6	4	0	0	0	28	0	2
9.	Тема 9. Нанолитография	6	2	0	0	0	0	0	2
	Итого		18	0	0	0	68	0	21

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в физику методов нанесения нанопокрытий. Области применения тонких пленок.

Лекция вводит студентов в область науки, связанную с синтезом и исследованием тонких пленок. Вводится понятие тонкопленочного состояния вещества. Малые частицы, кластеры, основные определения. Применение тонких пленок в электронике, микроэлектронике, оптике, машиностроении, медицине, приборостроении и других областях науки и техники.

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Описание эффузионной ячейки: внешний вид, основные материалы, предельные температуры. Теоретические аспекты напыления из эффузионной ячейки: температурная зависимость потока паров из ячейки, напыление сложных материалов заданного состава, точность метода. Электронно-лучевое испарение. Эпитаксия. Расчет чистоты пленок. Примеры применения.

Тема 3. Магнетронное распыление.

Устройство магнетрона, принцип работы. Факторы, влияющие на скорость магнетронного распыления, угловая зависимость распыления. Особенности реактивного распыления, распыление диэлектрических мишеней - радиочастотное распыление. Ограничения при магнетронном распылении. Преимущества и недостатки метода. Примеры применения.

Тема 4. Импульсное лазерное осаждение

Принцип метода, основные технологические и научные аспекты. Описание лазеров, применяемых в данном методе испарения: от микро- до фемтосекунд. Влияние параметров лазеров на процесс испарение вещества. Преимущества и недостатки метода. Пути удаления капельной фазы в потоке испаренного вещества. Примеры применения.

Тема 5. Имплантация.

Ионно-лучевой ускоритель, принцип действия, составные элементы, ионная бомбардировка, ионное внедрение, ионное легирование, характеристики ионного пучка, торможение и пробег ионов, распределение пробега ионов, профиль распределения пробегов, радиационное дефекто-образование, ионное распыление, отжиг радиационных нарушений.

Тема 6. Атомно-слоевое осаждение, химическое осаждение из паровой фазы.

Пошаговое описание метода атомно-слоевого осаждения. Возможности метода: контроль толщины, покрытие 3D-структур, диапазон возможных материалов, температурное окно. Принцип химического осаждения из паровой фазы. Эпитаксиальное осаждение кремния: условия синтеза. Преимущества и недостатки методов. Примеры применения.

Тема 7. Теория зародышеобразования и формирования пленок.

Падение частиц на подложку, процессы при взаимодействии атомов, молекул и атомов с поверхностью, процессы адсорбции и конденсации, процессы зародышеобразования, механизм формирования зародышей, формирование субкритических и критических зародышей. Роль поверхностной и объемной диффузии в формировании зародышей. Основные механизмы роста пленки. Влияние температуры, скорости осаждения на структуру пленки. Зонная модель для структуры поликристаллических пленок.

Тема 8. Экспериментальные методы изучения поверхности и тонких пленок

Рентгеновская дифракция (геометрия Брэгга-Брентано), малоугловая рентгеновская дифракция (отражение на малых углах), рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, дифракция медленных и быстрых электронов, Оже-спектроскопия, атомно-силовая микроскопия, сканирующая тунNELьная микроскопия, ферромагнитный резонанс, спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния, исследование магнитных свойств пленки: вибрационная магнитометрия и SQUID.

Тема 9. Нанолитография

Оптическая литография: принцип метода, эволюция развития литографии, пространственное разрешение метода, пути его улучшения, экстремальный ультрафиолет. Электронная нанолитография, создание структур фокусированным ионным пучком. Преимущества и недостатки метода. Примеры применения. Сравнение методик с точки зрения конкретных задач.

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 (утверждён приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996бин/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);
- критерий оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерий 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)

<http://ru.wikipedia.org/wiki> - <http://ru.wikipedia.org/wiki>

<http://www.nanometer.ru> - <http://www.nanometer.ru>

<http://www.nanorf.ru/> - <http://www.nanorf.ru/>

<http://www.portalnano.ru> - <http://www.portalnano.ru>

<http://www.rsci.ru/nanotech> - <http://www.rsci.ru/nanotech>

<http://www.rusnano.com> - <http://www.rusnano.com>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Обучающимся необходимо посещать лекции и семинары, поскольку информация, рассказанная на занятии преподавателем не содержится в каком-то одном источнике, а частично взята из последних научных статей в этой области (поскольку данное направление науки стремительно развивается). На семинаре проводится разбор типичных задач, которые могут встретиться при работе в области создания и исследования тонких пленок.
лабораторные работы	Обучающимся необходимо посещать лекции и семинары, поскольку информация, рассказанная на занятии преподавателем не содержится в каком-то одном источнике, а частично взята из последних научных статей в этой области (поскольку данное направление науки стремительно развивается). На семинаре проводится разбор типичных задач, которые могут встретиться при работе в области создания и исследования тонких пленок.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Обучающимся необходимо посещать лекции и семинары, поскольку информация, рассказанная на занятии преподавателем не содержится в каком-то одном источнике, а частично взята из последних научных статей в этой области (поскольку данное направление науки стремительно развивается). На семинаре проводится разбор типичных задач, которые могут встретиться при работе в области создания и исследования тонких пленок.
зачет	Обучающимся необходимо посещать лекции и семинары, поскольку информация, рассказанная на занятии преподавателем не содержится в каком-то одном источнике, а частично взята из последних научных статей в этой области (поскольку данное направление науки стремительно развивается). На семинаре проводится разбор типичных задач, которые могут встретиться при работе в области создания и исследования тонких пленок.

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.

Компьютерный класс.

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 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки "Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.02 Физические методы нанесения нанопокрытий

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин ; художник И. Е. Марев. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 400 с. - ISBN 978-5-906828-26-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/176415> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури ; художник С. Инфантэ. - 6-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 368 с. - ISBN 978-5-93208-550-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/176410> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы / Под ред. Ю. Д. Третьякова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111201.html> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа : по подписке.

Дополнительная литература:

1. Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы : учебное пособие / Э. Г. Раков. - 4-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2025. - 480 с. - ISBN 978-5-93208-781-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/451541> (дата обращения: 23.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Петухов В.Ю., Гумаров Г.Г. ИОННО-ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК: учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. - Издание 2-е, испр. и доп. - / В.Ю. Петухов, Г.Г. Гумаров . - Казань: КГУ, 2010. - 87 с. Текст: электронный ресурс. - URL: https://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F598606927/15_petukhov_ibm.pdf (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: открытый.
3. Петухов В.Ю., Гумаров Г.Г. Исследование тонких пленок методом рентгеновской дифракции в скользящих пучках: учебно-методическое пособие / В.Ю. Петухов, Г.Г. Гумаров. - Казань: КГУ, 2009. - 16 с. - Текст: электронный ресурс. - URL: http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1659128120/11_petuhov_rentgen.pdf (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: открытый.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.02 Физические методы нанесения нанопокрытий

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

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

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.

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.