

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  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Наноэлектроника

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: 2020

## 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) инженер Иванова А.Г. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), 19ivanova91@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-1	Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано-и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

теоретические основы наноэлектроники;  
методы исследования и измерения физических параметров магнитных наноструктур;  
теоретические основы спинтроники и ее применение в спинтронных устройствах.

Должен уметь:

использовать полученные знания при решении профессиональных задач, связанных с применением нанокластеров и наноструктур в виде наноматериалов и технических устройств;  
использовать знание теоретических основ спинтроники при анализе различных спин-зависимых эффектов.

Должен владеть:

навыками системного подхода к спин-зависящим явлениям в различных объектах;  
навыками вычисления спин-зависящих свойств различных систем;  
навыками работы с научной литературой с использованием новых информационных технологий;  
методами научных исследований; освоение теорий и моделей;  
навыками в проведении физических исследований по заданной тематике.

Применять на практике базовые профессиональные знания для анализа спин-зависящих явлений в различных объектах, включая низкоразмерные структуры и магнитные наноструктуры; уметь пользоваться современными методами анализа и синтеза физической информации;

понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований.

Должен демонстрировать способность и готовность:

способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;  
готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала;  
способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности;  
способностью применять на практике базовые профессиональные навыки;  
способностью участвовать в оптимизации существующих методик создания и применения наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.05.02 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.

Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

### 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 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 90 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 90 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре; экзамен в 8 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Нанoeлектроника. Физические принципы нанoeлектроники. Магнитные взаимодействия и магнитные структуры	7	6	6	0	12
2.	Тема 2. Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках	7	6	6	0	12
3.	Тема 3. Спин-зависящий транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах	7	6	6	0	12
4.	Тема 4. Гигантское магнитосопротивление (ГМС). Туннельное магнитосопротивление (ТМС)	7	6	6	0	12
5.	Тема 5. Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации. Другие применения спин-поляризованного транспорта	7	6	6	0	12
6.	Тема 6. Точечные магнитные контакты. Сверхпроводящая спинтроника	7	6	6	0	12
7.	Тема 7. Полупроводниковый инжекционный лазер	8	0	0	4	4
8.	Тема 8. Физические основы нанoeлектроники	8	0	0	14	14
	Итого		36	36	18	90

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Нанoeлектроника. Физические принципы нанoeлектроники. Магнитные взаимодействия и магнитные структуры**

- 1.1. Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности.
- 1.2. Влияние электрического поля на энергетический спектр систем пониженной размерности.
- 1.3. Магнитное диполь-дипольное взаимодействие.
- 1.4. Обменные взаимодействия.
- 1.5. Ферромагнитный порядок. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм.

**Тема 2. Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках**

- 2.1. Классическая теория Друде-Лоренца. Кинетическое уравнение Больцмана. Магнетосопротивление металлов и полупроводников.
- 2.2. Эффект Холла.
- 2.3. Метод функций Грина. Формула Кубо для проводимости. Зарядовый и спиновый токи.
- 2.4. Спиновый эффект Холла (внутренне присущий). Модели Рашбы и Дрессельхауза.

**Тема 3. Спин-зависящий транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах**

- 3.1. Модель Мотта зоны проводимости ферромагнитных металлов Модель взаимодействие между локализованными и делокализованными электронами в проводящих магнетиках.

- 3.2. Дефазирование и рассеяние электронов с переворотом спина, кинетическое уравнение.
- 3.3. Анизотропное магнитосопротивление. Граничное сопротивление, спиновое рассеяние на интерфейсе.
- 3.4. Спиновый эффект Холла (за счет рассеяния).

#### **Тема 4. Гигантское магнитосопротивление (ГМС). Туннельное магнитосопротивление (ТМС)**

- 4.1. ГМС в металлических мультислоях, параллельная геометрия, больцмановская теория.
- 4.2. ГМС в металлических мультислоях, перпендикулярная геометрия, теория Ферта-Валета.
- 4.3. Экспериментальные наблюдения эффекта ГМС.
- 4.4. Туннелирование электронов в гетероструктурах с диэлектрическими барьерами.
- 4.5. Спин-поляризованное туннелирование.
- 4.6. Туннельное магнитосопротивление - теория и эксперимент.

#### **Тема 5. Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации. Другие применения спин-поляризованного транспорта**

- 5.1. Спин-вентильный сенсор магнитного поля и его применения в устройствах для магнитной записи и хранения информации.
- 5.2. Применение спинового вентиля в качестве ячейки хранения информации, магниторезистивная память произвольного доступа.
- 5.3. Спиновый вращающий момент, переключение магниторезистивных ячеек импульсами тока, магниторезистивная память высокой интеграции.
- 5.4. Спин-поляризованный ток в структурах "металл-ферромагнитный полупроводник".
- 5.5. Спиновый диод на структурах "металл-ферромагнитный полупроводник".
- 5.6. Спиновые фильтры на основе структуры "ферромагнитный полупроводник-полупроводник".

#### **Тема 6. Точечные магнитные контакты. Сверхпроводящая спинтроника**

- 6.1. Омический и баллистический транспорт.
- 6.2. Магнитосопротивление точечных контактов из ферромагнитных материалов.
- 6.3. Квантование проводимости в ферромагнитных наноконтактах, квантовый спиновый клапан.
- 6.4. Сверхпроводящие контакты и переходы с ферромагнитной прослойкой. Пи-контакты.
- 6.5. Спиновые вентили на основе эффекта близости.

#### **Тема 7. Полупроводниковый инжекционный лазер**

Полупроводниковые инжекционные лазеры, так же, как и другой тип твердотельных излучателей - светодиоды, являются важнейшим элементом любой оптоэлектронной системы. В основе работы того и другого приборов лежит явление электролюминесценции. Применительно к вышеуказанным полупроводниковым излучателям, механизм электролюминесценции реализуется путем излучательной рекомбинации неравновесных носителей заряда, инжектированных через p-n переход.

#### **Тема 8. Физические основы наноэлектроники**

- 7.1. Квантово-размерные структуры в электронике: оптоэлектроника.
- 7.2. Исследование спектров электролюминесценции светоизлучающих диодов.
- 7.3. Определение размеров металлических наночастиц из спектров плазмонного резонанса.

### **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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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

нанотехнологическое сообщество Нанометр - <http://www.nanometer.ru/>

Новости спинтроники - <https://www.spintronics-info.com/>

Сайт о нанотехнологиях в России - <http://www.nanonewsnet.ru/>

## **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)**

Интернет-журнал о нанотехнологиях - <http://www.nanojournal.ru/>

нанотехнологическое сообщество Нанометр - <http://www.nanometer.ru/>

Новости спинтроники - <https://www.spintronics-info.com/>

Сайт о нанотехнологиях в России - <http://www.nanonewsnet.ru/>

элементы большой науки - [http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/14?page\\_design=print](http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/14?page_design=print)

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



Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки. Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны быть выполнены также аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом. В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);</li> <li>- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);</li> <li>- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);</li> <li>- создавать конспекты (развернутые тезисы).</li> </ul>
практические занятия	<p>На практических занятиях студент может:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);</li> <li>- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);</li> <li>- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);</li> <li>- создавать конспекты (развернутые тезисы).</li> </ul>
лабораторные работы	<p>Каждый студент после выполнения работы должен представить отчет о проделанной работе с анализом полученных результатов и выводом по работе. Если обучаемый не выполнил работу или часть работы, то он может выполнить работу или оставшуюся часть внеурочное время согласованное с преподавателем. Оценку по лабораторной работе студент получает, с учетом срока выполнения работы, если:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчеты выполнены правильно и в полном объеме;</li> <li>- сделан анализ проделанной работы и вывод по результатам работы;</li> <li>- студент может пояснить выполнение любого этапа работы;</li> <li>- отчет выполнен в соответствии с требованиями к выполнению работы.</li> </ul>
самостоятельная работа	<p>Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к промежуточным тестам и экзамену. Она включает проработку лекционного материала - изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.</p> <p>Целью самостоятельной работы студентов является:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научить студента осмысленно и самостоятельно работать с учебным материалом и с научной информацией;</li> <li>- закрепление, расширение и углубление знаний, умений и навыков, полученных студентами на аудиторных занятиях под руководством преподавателей;</li> <li>- изучение студентами дополнительных материалов по изучаемым дисциплинам и умение выбирать необходимый материал из различных источников.</li> </ul>
зачет	<p>Подготовка обучающегося к зачету включает в себя три этапа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа в течение процесса обучения;</li> <li>- непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса;</li> <li>- подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах/тестах (при письменной форме проведения дифференцированного зачета).</li> </ul> <p>Литература для подготовки к зачету рекомендуется преподавателем.</p>
экзамен	<p>При сдаче экзамена допускается наличие у студента вспомогательного рукописного материала объемом не более одного листа А4 (написанного собственноручно, использование чужих вспомогательных материалов не допускается). Студент может записать на этот лист любую информацию по тематике курса, которую он посчитает необходимой.</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.

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".



### 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: 2020

#### Основная литература:

1. Шука, А. А. Наноэлектроника : учебное пособие / А. А. Шука ; под редакцией А. С. Сигова. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 345 с. - ISBN 978-5-9963-2648-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/84102> (дата обращения: 05.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Барыбин, А. А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники : учебное пособие / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 784 с. - ISBN 978-5-9221-1321-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5258> (дата обращения: 05.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Аплеснин, С. С. Основы спинтроники : учебное пособие / С. С. Аплеснин. - 2-е изд. испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1060-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/551> (дата обращения: 05.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : учебное пособие / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2173> (дата обращения: 05.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий : учебное пособие / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 456 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2291> (дата обращения: 06.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.05.02 Наноэлектроника

**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: 2020

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.