

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
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Введение в нанотехнологии

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика
Направленность (профиль) подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии
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): заведующий кафедрой, д.н. 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-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Обладать теоретическими знаниями о физических причинах так называемых размерных эффектов, которые проявляются в самых различных свойствах наноструктур.

Понимать принципиальные различия в свойствах различных материалов и веществ при переходе от обычных к нанометровым размерам.

Иметь представление о современных методах исследования и получения наноструктур;

Обладать знаниями о практическом использовании нанотехнологий.

ПК-1

Должен уметь:

Выбрать нужный экспериментальный метод для получения той или иной информации о свойствах наноструктур.

Использовать информационные средства и технологии, в т.ч. оригинальные научные монографии и статьи для интерпретации полученных результатов

Уметь излагать полученную информацию и представлять результаты физических исследований

ПК-2

Должен владеть:

Навыками использования полученных знаний в области нанотехнологий для решения профессиональных задач

ПК-2, ПК-4

Должен демонстрировать способность и готовность:

Ориентироваться в современной проблематике и наиболее актуальных задачах нанотехнологий

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 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 - 83 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 34 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 25 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 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. Что такое nanoиндустрия.	7	2	0	2	0	0	0	0
2.	Тема 2. Методы получения наночастиц и наноструктур	7	6	0	2	0	0	0	6
3.	Тема 3. Основные методы исследования наноструктур	7	4	0	2	0	24	0	
4.	Тема 4. Свойства наночастиц	7	2	0	2	0	10	0	
5.	Тема 5. Углеродные наноструктуры	7	4	0	2	0	0	0	3
6.	Тема 6. Объемные наноструктурированные материалы	7	2	0	2	0	0	0	4
7.	Тема 7. Электропроводность наноструктур	7	2	0	2	0	0	0	4
8.	Тема 8. Свойства квантовых ям, нитей и точек	7	4	0	0	0	0	0	3
9.	Тема 9. Магнитные свойства наноструктур	7	2	0	0	0	0	0	2
10.	Тема 10. Наноструктурированные катализаторы	7	2	0	0	0	0	0	1
11.	Тема 11. Биологические наноструктуры.	7	2	0	0	0	0	0	1
12.	Тема 12. Наномашины и наноприборы	7	2	0	0	0	0	0	1
	Итого		34	0	14	0	34	0	25

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Что такое nanoиндустрия.

1. История развития нанотехнологий.
2. Основные классы наноразмерных систем.
3. Основы физики и химии поверхности.
4. Размерные квантовые эффекты.
5. Методы синтеза наноструктурированных объектов ("сверху-вниз", "снизу-вверх").
6. Основные направления развития наноразмерных материалов и функциональных устройств.

Тема 2. Методы получения наночастиц и наноструктур

1. Химические и электрохимические методы.
2. Фотолитография. Рентгеновская, электронная и ионная литография. Нанопечать. Лазерные методы. Сканирующая зондовая литография.
3. Нано- и молекулярное конструирование.
4. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
5. Наноструктурирование сфокусированным ионным пучком.
6. Сравнение нанолитографических методов.

Тема 3. Основные методы исследования наноструктур

1. Дифракция медленных электронов.
2. Сканирующая просвечивающая и растровая электронная микроскопия.

3. Ионная микроскопия.
4. Сканирующая зондовая микроскопия.
5. Оже спектроскопия и микроскопия.
6. Сканирующая конфокальная оптическая спектромикроскопия.
7. Локально-усиленная рамановская и инфракрасная спектромикроскопия.

Тема 4. Свойства наночастиц

1. Металлические нанокластеры.
2. Полупроводниковые наночастицы.
3. Магнитные наночастицы.
3. Зависимость свойств наночастиц от их размеров.
4. Плазмонные наночастицы и наноструктуры.
5. Электрические, магнитные, тепловые и оптические свойства наноструктурированных объектов.
6. Диэлектрическая и магнитная восприимчивость.

Тема 5. Углеродные наноструктуры

1. Углеродные кластеры и фллоторпы (сажа, аморфный углерод, стеклоуглерод, фуллерены, одностенные и многостенные углеродные нанотрубки, графены и др.).
2. Основные физико-химические свойства углеродных наноаллотропов.
3. Применение углеродных наноструктур в материаловедении, телекоммуникациях, биологии и медицине.

Тема 6. Объемные наноструктурированные материалы

1. Методы синтеза и свойства нанокристаллических порошков.
2. Наноструктурированные многослойные материалы.
3. Пористые наноструктуры. Цеолиты.
4. Наноструктурированные кристаллы.
5. Модельные представления о механизмах порообразования.
6. Оптические свойства пористого кремния.
7. Фотонные кристаллы и метаматериалы.

Тема 7. Электропроводность наноструктур

1. Наноконтакты. Основные методы синтеза.
2. Баллистический и диффузный транспорт электронов через наноконтакт.
3. Квантование проводимости.
4. Электрические свойства одностенных и многостенных углеродных нанотрубок.
5. Локализованные и делокализованные плазмонные резонансы. Плазмонные волноводы.

Тема 8. Свойства квантовых ям, нитей и точек

1. Основные типы идеализированных твердотельных наноструктур.
2. Приготовление квантовых наноструктур.
2. Размерное квантование и квантово-размерные наноструктуры.
3. Свойства, зависящие от плотности состояний.
4. Баллистическая проводимость квантовых нитей.
5. Оптические свойства наноструктур.
6. Гетероструктуры.

Тема 9. Магнитные свойства наноструктур

1. Размерные свойства в магнитных наноструктурах.
2. Магнитная силовая микроскопия.
3. Ферромагнетизм в наноструктурах.
4. Гигантское магнитосопротивление.

5. Что такое спинтроника и наноэлектроника. Спиновый клапан.
6. Термоассистируемая магнитная запись.
7. Магнито-резистивные наноструктуры.

Тема 10. Наноструктурированные катализаторы

1. Каталитические процессы на поверхности твердых тел.
2. Электронная структура поверхности и адсорбция. Физическая и химическая адсорбция.
3. Стадии гетерогенного катализа.
4. Зависимость каталитического эффекта от размеров наночастиц.
5. Каталитическое окисление.
6. Коллоиды.
7. Примеры использования наночастиц для катализа.

Тема 11. Биологические наноструктуры.

1. Основные биологические строительные наноблоки.
2. Биологические нанопроволоки и наночастицы. ДНК и РНК.
3. Мицеллы и везикулы.
4. Субволновая визуализация и наноразмерный анализ биологических наноструктур. Гигантское комбинационное рассеяние света. Наноразмерная инфракрасная спектроскопия.

Тема 12. Наномашины и наноприборы

1. Микроэлектромеханические системы.
2. Наноэлектромеханические системы.
3. Молекулярные и супрамолекулярные триггеры.
4. Электронный нанопереклюатель.
5. Вращающееся молекулярное колесо.
6. Медицинские нанороботы для целевой доставки лекарств и лечения клеток. Нанотерапия.
7. Биологические гетероструктуры.

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

Национальная нанотехнологическая сеть - - <http://www.rusnanonet.ru/>

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

Сайт нанотехнологического сообщества Нанометр - - <http://www.nanometer.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 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)

NanoNewsNet - новости нанотехнологий - <http://subscribe.ru/catalog/science.news.nanonews>

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

Научно-популярный сайт о нанотехнологиях - <http://kbogdanov5.narod.ru/>

Национальная нанотехнологическая сеть - <http://www.rusnanonet.ru/>

Сайт нанотехнологического сообщества "Нанометр": - <http://www.nanometer.ru>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	До лекции студент должен вспомнить то, что было изложено на предыдущей лекции. Работа студента на лекции - сложный вид познавательной, интеллектуальной работы, требующей напряжения, внимания, воли, затрат нервной и физической энергии. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплён в памяти. Методика работы студента на лекции не может быть сведена к какому-то единому рецепту, хотя, тем не менее, содержит основательную исходную информативную основу. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным материалом. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), студент должен вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и их содержание, проблемы, их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, студент значительно облегчит себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение. Запись лекции является важнейшим элементом работы студента на лекции.
практические занятия	Выполнение практических исследований поверхности тонких диэлектрических, полупроводниковых и металлических тонких пленок, а также биологических объектов, с помощью атомно-силового микроскопа. Создание оптических наноантенн методом электрохимического травления золотой, серебряной, вольфрамовой проволоки. Пробоподготовка с использованием системы магнетронного напыления, плазменного и химического травления, центрифугирования, отжига в вакууме, взвешивания и т.д. Использование коммерческих АСМ кантиливеров с различной жесткостью и геометрией. Измерение спектров комбинационного рассеяния света с помощью сканирующего конфокального рамановского спектрометра Bruker Senterra. Комплексное изучение поверхности путем комбинирования метода сканирующей зондовой микроскопии и рамановской микроскопии. Выполнение калибровки приборов с помощью тестовых решеток. Выполнение оптических ближнеполевых оптических измерений с помощью СНОМ зондов.
лабораторные работы	Для подготовки к лабораторным занятиям необходимо обработать экспериментальные данные, представить их в форме таблиц и графиков. Подготовить отчет о выполненной работе. Проработать теоретический материал, ответить на вопросы к лабораторным работам. Выводы формул провести самостоятельно после прочтения материала, а потом проверить себя, сверив свои результаты с опубликованными в учебнике. Продумать алгоритм выполнения экспериментальной части лабораторной работы.
самостоятельная работа	<p>В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности. Обучающийся самостоятельно определяет режим своей внеаудиторной работы и меру труда, затрачиваемого на овладение знаниями и умениями по каждой дисциплине, выполняет внеаудиторную работу по индивидуальному плану, в зависимости от собственной подготовки, бюджета времени и других условий.</p> <p>Ежедневно обучающийся должен уделять выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в среднем не менее 3 часов.</p> <p>При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся имеет право обращаться к преподавателю за консультацией с целью уточнения задания, формы контроля выполненного задания. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проводиться в письменной, устной или смешанной форме с представлением продукта деятельности обучающегося. В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы могут быть использованы зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>При подготовке к экзамену желательно вести краткий конспект изученного материала, на котором лаконично и сжато, но четко и разборчиво записано самое главное. Перед составлением конспекта полезно бегло прочитать конспектируемый материал. Это поможет ознакомиться с темой, оценить объем работы по внимательному изучению материала и продумать структуру конспекта. Наиболее важные формулы рекомендуется выделять (цветом или подчеркиванием). При изучении того или иного физического закона, кроме формулировки и математической записи закона, следует обратить внимание на опыты, которые обнаруживают этот закон и подтверждают его справедливость, границы и условия его применимости. Также полезно отметить, как этот закон используется на практике. То же самое можно сказать и об изучаемой теории в целом. Помимо основных понятий, положений, законов и принципов теории следует обратить внимание на опыты, благодаря которым была создана эта теория, эксперименты, подтверждающие ее справедливость. Вспомните, как используется данная теория на практике. При изучении каких-либо физических процессов, помимо признаков этих процессов и условий их протекания, полезно показать, как они используются (или, наоборот, как с ними бороться, если это вредные проявления процессов) на практике.</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.

Компьютерный класс.

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 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная 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: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Афонский, А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике : монография / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов. - Москва : ДМК Пресс, 2011. - 688 с. - ISBN 978-5-94074-626-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/900> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. 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: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. - 2-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 400 с. - ISBN 978-5-00101-476-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94129> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Хартманн, У. Очарование нанотехнологии : учебное пособие / У. Хартманн ; под редакцией Л. Н. Патрикеева ; перевод с немецкого Т. Н. Захаровой. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 176 с. - ISBN 978-5-00101-477-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94133> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы : монография / А. В. Афанасьев, В. П. Афанасьев, Г. Ф. Глинский, С. И. Голудина ; под редакцией В. В. Лучинина, Ю. М. Таирова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 552 с. - ISBN 5-9221-0719-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59436> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.