

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

## Программа дисциплины

Нанотехнологии

Направление подготовки: 27.03.05 - Инноватика

Профиль подготовки: Управление инновационными проектами в сфере высоких технологий

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

## 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): заместитель директора по образовательной деятельности Болтакова Н.В. (Директорат Института физики, Институт физики), Natalya.Boltakova@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Воронина Е.В. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Elena.Voronina@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
ПК-4	Способность разрабатывать инновационные проекты на основе приоритетных направлений научно-технологического развития
ПК-8	способность применять конвергентные и мультидисциплинарные знания, современные методы исследования и моделирования при формировании проекта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- закономерности и характеристики физико-химических процессов получения нанообъектов;
- виды и свойства нанообъектов и наноматериалов, методы их исследования.

Должен уметь:

- на основе результатов экспериментов моделирования разработать план технологического процесса получения наноматериалов;
- выбирать и использовать методы анализа наноматериалов и наноструктур.

Должен владеть:

- методами поиска информации;
- актуальной информацией о технологиях и методах исследования наноматериалов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- к системному научному анализу профессиональных проблем различного уровня сложности;
- работать с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- к проведению физического эксперимента.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 27.03.05 "Инноватика (Управление инновационными проектами в сфере высоких технологий)" и относится к дисциплинам по выбору.

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

Самостоятельная работа - 54 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- 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. Нанотехнологии - что это такое? Азы нанотехнологий.	6	6	0	6	0	0	0	9
2.	Тема 2. Как это "пощупать", увидеть, измерить? Наноматериалы.	6	8	0	16	0	0	0	12
3.	Тема 3. Нанoeлектроника. Нанотехника.	6	2	0	6	0	0	0	12
4.	Тема 4. Нанотехнологии и нанопродукты по сферам приложения. Социогуманитарные аспекты развития нанонауки и нанотехнологий.	6	2	0	8	0	0	0	21
	Итого		18	0	36	0	0	0	54

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение. Нанотехнологии - что это такое? Азы нанотехнологий.

Основные понятия. Зачем нужны нанотехнологии? Зарождение и развитие сферы нанотехнологий и ее перспективы. Организационные финансово-экономические аспекты развития нанотехнологий. Социальные и гуманитарные аспекты развития нанотехнологий.

Специфика наномира. Роль свободных и внутренних поверхностей. Зарождение и рост наночастиц. Размерные эффекты. Самоорганизация и самосборка. Две технологические парадигмы: "сверху вниз" и "снизу вверх".

###### Тема 2. Как это "пощупать", увидеть, измерить? Наноматериалы.

Микроструктурный анализ. Электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Дифракционный анализ. Спектральные методы. Методы определения размеров наночастиц.

Наночастицы и нанопорошки. Наноглеродные частицы и материалы. Тонкопленочные структуры. Объемные наноструктурированные материалы. Природа физико-механических свойств наноматериалов. Стабильность структуры и свойств наноматериалов. Реализованные и перспективные применения наноматериалов.

###### Тема 3. Нанoeлектроника. Нанотехника.

Закон Мура. Основные функции нанoeлектроники. Фундаментальные пределы миниатюризации. Совершенствование традиционной "кремниевой" электроники. Микроэлектроника "рядом с кремнием". Электроника без кремния.

Наноприборы, наномашин, наносистемы. Глобальная энергетика, энергосбережение и нанотехнологии. Нанотехнологии в аэрокосмической области

###### Тема 4. Нанотехнологии и нанопродукты по сферам приложения. Социогуманитарные аспекты развития нанонауки и нанотехнологий.

Нанобиотехнологии. Наномедицина. Нанотехнологии и защита окружающей среды.

Строительство. Сельское хозяйство. Пищевые продукты. Потребительские товары.

Оборонные нанотехнологические разработки. Перспективы военных приложений.

Философский взгляд на будущее. Нанoeтика.

Образование и просвещение в области нанотехнологий. Прогнозирование социально-экономических последствий нанореволюции. Юридические аспекты развития нанотехнологий. Охрана интеллектуальной собственности в области нанотехнологий.

#### 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 №14-55-996ин/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

Википедия - Свободная энциклопедия - <http://ru.wikipedia.org>

Издания института экономической политики им. Е. Т. Гайдара - <https://www.iep.ru/ru/publikatcii>

Электронный фонд документов "Консорциум Кодекс" - <https://docs.cntd.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 З++ - 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)

Бесплатная электронная библиотека онлайн - <http://window.edu.ru/>

Сайт "Википедия" - Свободная энциклопедия - <http://ru.wikipedia.org>

Сайт "Нанотехнологии и наноматериалы". Тезаурус - <http://www.portalnano.ru/read/tezaurus>

### 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 докладам 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 доклада.
самостоятельная работа	В ходе подготовки к выполнению заданий промежуточного контроля изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Студентам рекомендуется получить в библиотеке КФУ доступ к ресурсам электронно-библиотечных систем, а также учебную литературу из фонда библиотеки, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.
зачет	Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы. При подготовке к зачету необходимо повторить материал, согласно списку вопросов, выносимых на зачет. На каждый вопрос студент должен знать ответ хотябы на уровне определений. Следует учесть, что часть материала отводится на самостоятельное изучение, поэтому в списке вопросов могут затрагиваться темы, которые не были рассмотрены на аудиторных занятиях. Подготовка к зачету предполагает самостоятельную работу с конспектами лекций и практических занятий, работу с литературой. При затруднении в поиске ответа на какой-либо вопрос необходимо обратиться к преподавателю в отведенное на консультацию время.

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

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 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 27.03.05 "Инноватика" и профилю подготовки "Управление инновационными проектами в сфере высоких технологий".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 27.03.05 - Инноватика

Профиль подготовки: Управление инновационными проектами в сфере высоких технологий

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

#### Основная литература:

1. Ищенко, А. А. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля : монография / А. А. Ищенко, Г. В. Фетисов, Л. А. Асланов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 648 с. - ISBN 978-5-9221-1369-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5271> (дата обращения: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 607 с. - ISBN 978-5-00101-478-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94144> (дата обращения: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы : монография / Р. А. Андриевский. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 255 с. - ISBN 978-5-00101-475-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94128> (дата обращения: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Головин, Ю. И. Наномир без формул / Ю. И. Головин ; под редакцией Л. Н. Патрикеева. - 3-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 546 с. - ISBN 978-5-9963-2923-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/70736> (дата обращения: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. 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: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов : словарь / под редакцией С. В. Калюжного. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 528 с. - ISBN 978-5-9221-1266-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59750> (дата обращения: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Тараненко, С. Б. Многоликое нано. Надежды и заблуждения / С. Б. Тараненко. - эл. изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 232 с. - ISBN 978-5-9963-2875-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/66205> (дата обращения: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Нанoeлектроника: теория и практика : учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина, А. Л. Данилюк. - 4-е, изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 369 с. - ISBN 978-5-9963-2943-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/84103> (дата обращения: 24.07.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.



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

Направление подготовки: 27.03.05 - Инноватика

Профиль подготовки: Управление инновационными проектами в сфере высоких технологий

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

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.