

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
**Основы нанотехнологий Б1.В.ДВ.5**

Направление подготовки: 01.03.01 - Математика

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Деминов Р.Г.

**Рецензент(ы):**

Авхадиев Ф.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 81725117

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. Кафедра теоретической физики Отделение физики, Raphael.Deminov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Основы нанотехнологий" являются изучение фундаментальных понятий и ознакомление с современным состоянием нанотехнологии - инструментов, наноматериалов и их применений, оптики наноструктур и фотоники, наноэлектроники

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.01 Математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина входит в вариативную часть цикла естественнонаучных дисциплин как дисциплина по выбору (Б.2). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, алгебра, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, теоретическая механика. Освоение дисциплины будет способствовать успешной профессиональной деятельности, позволит в дальнейшем изучать курсы общенаучного и профессионального циклов основной образовательной программы магистратуры

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	умение находить, анализировать и контекстно обрабатывать научно-техническую информацию
ОК-12 (общекультурные компетенции)	навыками работы с компьютером
ОК-13 (общекультурные компетенции)	базовыми знаниями в областях информатики и современных информационных технологий, навыки использования программных средств и навыки работы в компьютерных сетях, умение создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет
ПК-2 (профессиональные компетенции)	умением понять поставленную задачу
ПК-3 (профессиональные компетенции)	умением формулировать результат
ПК-4 (профессиональные компетенции)	умением строго доказать утверждение

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы нанотехнологий, иметь представление о современном состоянии в нанотехнологиях

2. должен уметь:

самостоятельно воспринимать и анализировать достижения в области нанотехнологий

3. должен владеть:

навыками работы с литературой по нанотехнологиям

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	8	1	1	1	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Инструменты нанотехнологии	8	2-4	3	3	0	Письменная работа
3.	Тема 3. Наноматериалы	8	5-7	3	3	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Применения наноматериалов	8	8-9	2	2	0	Письменная работа
5.	Тема 5. Оптика и нанопотоника	8	10-12	3	3	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Наноэлектроника	8	13-16	4	4	0	Презентация
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			16	16	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение

##### *лекционное занятие (1 часа(ов)):*

Научные революции. Виды нанотехнологий и наномашин. Молекулярные и атомные размеры. Поверхности и низкоразмерные системы. Нанотехнологии междисциплинарная область науки, объединяющая усилия физиков, математиков, химиков, биологов и инженеров-электроников

**практическое занятие (1 часа(ов)):**

семинар по видам нанотехнологий и наномашин, поверхностям и низкоразмерным системам.

**Тема 2. Инструменты нанотехнологии**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Пути создания нанообъектов ? ?сверху вниз ? top down? и снизу вверх ? bottom up?.  
Электронный микроскоп. Сканирующий электронный микроскоп. Трансмиссионный (просвечивающий) электронный микроскоп. Сканирующий туннельный микроскоп.  
Наноманипуляторы. Нанопинцеты

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

семинар и письменная работа по электронным микроскопам.

**Тема 3. Наноматериалы**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Что такое наноматериалы? Изготовление. Плазмотрон. Химическое осаждение из газовой фазы. Золь-гель метод. Метод электроосаждения. Метод размалывания (шаровые мельницы). Использование естественных наноматериалов. Роль углерода в наном мире. Новые формы углерода ? графен, фуллерен, углеродные нанотрубки. Формирование нанотрубок ? методы и реагенты, дуговой разряд в присутствии кобальта, лазерные методы, метод химического электроосаждения

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

семинар по методам изготовления наноматериалов

**Тема 4. Применения наноматериалов**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Изоляционные материалы. Станочные системы. Люминофоры. Автомобиле- и самолетостроение. Медицинские имплантаты и другие применения в медицине. Применение нанотрубок. Электроника. Аккумуляция водорода. Материалы. Механические устройства. Космический лифт

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

письменная работа по применениям наноматериалов

**Тема 5. Оптика и нанофотоника**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Свойства света и нанотехнологии. Отражение света. Прохождение света. Поляризация света. Излучение света. Взаимодействие света и нанотехнологии. Захват фотона и плазмоны. Диэлектрическая постоянная и поляризация. Показатель преломления. Нанополости и фотоны. Окна и оптические поглотители, основанные на наночастицах. Фотонные кристаллы, поверхностные волноводы и контроль прохождения света

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

семинар по нанофотонике

**Тема 6. Наноэлектроника**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Полевой транзистор ? основной элемент цифровых электронных схем. История создания и современное воплощение. Инструменты микро- и наноизготовления. Фотолитография. Электронно-лучевая литография. Атомная литография. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Устройства квантовой электроники. Транзисторы с высокой подвижностью электронов. Квантово-интерференционный транзистор. Одноэлектронный транзистор. Углеродные нанотрубки ? будущие элементы нанотранзисторов. Квантовая информация и квантовые компьютеры ? основные представления

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

семинар по наноэлектронике, презентация по нанотехнологиям

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение	8	1	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
2.	Тема 2. Инструменты нанотехнологии	8	2-4	подготовка к письменной работе	7	письменная работа
3.	Тема 3. Наноматериалы	8	5-7	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
4.	Тема 4. Применения наноматериалов	8	8-9	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
5.	Тема 5. Оптика и нанофотоника	8	10-12	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
6.	Тема 6. Нанoeлектроника	8	13-16	подготовка к презентации	10	презентация
	Итого				40	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы проведения занятий.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Введение

устный опрос , примерные вопросы:

Научные революции. Виды нанотехнологий и наномашин. Молекулярные и атомные размеры. Поверхности и низкоразмерные системы. Нанотехнологии междисциплинарная область науки, объединяющая усилия физиков, математиков, химиков, биологов и инженеров-электроников

### Тема 2. Инструменты нанотехнологии

письменная работа , примерные вопросы:

Электронный микроскоп. Сканирующий электронный микроскоп. Трансмиссионный (просвечивающий) электронный микроскоп. Сканирующий туннельный микроскоп

### Тема 3. Наноматериалы

устный опрос , примерные вопросы:

Изготовление. Плазмотрон. Химическое осаждение из газовой фазы. Золь-гель метод. Метод электроосаждения. Метод размалывания (шаровые мельницы). Использование естественных наноматериалов. Роль углерода в наномире. Новые формы углерода ? графен, фуллерен, углеродные нанотрубки. Формирование нанотрубок ? методы и реагенты, дуговой разряд в присутствии кобальта, лазерные методы, метод химического электроосаждения

### Тема 4. Применения наноматериалов

письменная работа , примерные вопросы:

Изоляционные материалы. Станочные системы. Люминофоры. Автомобиле- и самолетостроение. Медицинские имплантаты и другие применения в медицине. Применение нанотрубок. Электроника. Аккумуляция водорода. Материалы. Механические устройства. Космический лифт

### Тема 5. Оптика и нанофотоника

устный опрос , примерные вопросы:

Свойства света и нанотехнологии. Отражение света. Прохождение света. Поляризация света. Излучение света. Взаимодействие света и нанотехнологии. Захват фотона и плазмоны. Диэлектрическая постоянная и поляризация. Показатель преломления. Нанополости и фотоны. Окна и оптические поглотители, основанные на наночастицах. Фотонные кристаллы, поверхностные волноводы и контроль прохождения света

### **Тема 6. Наноэлектроника**

презентация , примерные вопросы:

Полевой транзистор ? основной элемент цифровых электронных схем. История создания и современное воплощение. Инструменты микро- и наноизготовления. Фотолитография. Электронно-лучевая литография. Атомная литография. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Устройства квантовой электроники. Транзисторы с высокой подвижностью электронов. Квантово-интерференционный транзистор. Одноэлектронный транзистор. Углеродные нанотрубки ? будущие элементы нанотранзисторов. Квантовая информация и квантовые компьютеры ? основные представления

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Зачет в соответствии с приведенной выше программой; письменные работы, формируемая на основе книг:

1. Борисенко, В.Е. Наноэлектроника: теория и практика [Электронный ресурс] / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина, А.Л. Данилюк. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 369 с. -Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/84103>
2. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабров, В.И. Марголин. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. - 400 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66210>
3. Шишкин, Г.Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс] / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 411 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66208>

### **БИЛЕТЫ К ЗАЧЕТАМ**

1. Виды нанотехнологий и наномашин.
2. Молекулярные и атомные размеры. Поверхности и низкоразмерные системы.
3. Пути создания нанообъектов - "сверху вниз - top down" и снизу вверх - bottom up".
4. Оптический микроскоп. Электронный микроскоп.
5. Сканирующий (растровый) электронный микроскоп.
6. Трансмиссионный (просвечивающий) электронный микроскоп.
7. Сканирующий туннельный микроскоп.
8. Атомно-силовой микроскоп.
9. Электросиловой зондовый микроскоп. Магнитно-силовой микроскоп.
10. Атомные манипуляции и дизайн. Нанолитография.
11. Наноматериалы.
12. Наноматериалы. Изготовление. Дуговая плазма.
13. Наноматериалы. Изготовление. Химическое осаждение из газовой фазы.
14. Наноматериалы. Изготовление. Золь-гель синтез.
15. Наноматериалы. Изготовление. Электроосаждение.
16. Наноматериалы. Изготовление. Размалывание.
17. Наноматериалы. Изготовление. Естественные частицы.
18. Новые формы углерода - фуллерен, углеродные нанотрубки.
19. Получение фуллеренов и нанотрубок.
20. Графен.
21. Применения наноматериалов. Нанокпозиционные материалы.

22. Применения наноматериалов. Нанопористые материалы.
23. Применения наноматериалов. Функциональные материалы.
24. Применение фуллеренов.
25. Применение нанотрубок.
26. Применение графена.
27. Нанoeлектроника. Общие сведения.
28. Нанoeлектроника. Основные функции.
29. Нанoeлектроника. Фундаментальные пределы миниатюризации.

### **7.1. Основная литература:**

1. Борисенко, В.Е. Нанoeлектроника: теория и практика [Электронный ресурс] / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина, А.Л. Данилюк. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 369 с. -Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/84103>
2. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. - 400 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66210>
3. Шишкин, Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс] / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 411 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66208>

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов. - М. : Физматлит, 2011. - 784 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5258>
2. Щука, А.А. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] / А.А. Щука. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 345 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/84102>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

журнал ?НАНОСТРУКТУРЫ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ? - <http://www.nano-journal.ru/>  
интернет-журнал о нанотехнологиях - <http://nanodigest.ru/>  
сайт Института математического моделирования РАН - <http://www.imamod.ru/>  
сайт Нанотехнологии - <http://www.nanonewsnet.ru/>  
электронная библиотечная система Издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Основы нанотехнологий" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:



Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.01 "Математика" и профилю подготовки Общий профиль .

Автор(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Авхадиев Ф.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.