

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Кубанский государственный университет»

Факультет физико-технический



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.13 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль): Нанотехнология в электронике

Квалификация (степень) бакалавр

Форма обучения очная

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины Б1.В.13 «Материалы и методы нанотехнологий» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки (профиль) 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника (Нанотехнологии в электронике)»

Программу составил:

Соколов М.Е., доцент кафедры  
радиофизики и нанотехнологий ФТФ КубГУ,  
канд. хим. наук



подпись

Рабочая программа дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий» утверждена на заседании кафедры (разработчика) радиофизики и нанотехнологий протокол № 9 «2» мая 2017 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.



подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий протокол № 9 «2» мая 2017 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Копытов Г.Ф.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № 6 «4» мая 2017 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:

Исаев В.А. – доктор физико-математических наук, доцент кафедры физики и информационных систем КубГУ

Федотов А.В., первый заместитель генерального директора акционерного общества «Научно-производственная компания «РИТМ» (г. Краснодар)

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Материалы и методы нанотехнологий» ставит своей целью формирование у студентов комплекса общекультурных и профессиональных знаний и умения в области технологии производства, обработки и изучения наноматериалов

### 1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи учебной дисциплины:

- Формирование знаний традиционных и новых материалов и методов нанотехнологий, технологических процессов, оборудования;
- Формирование умений применять полученные знания к решению практических задач нанотехнологий;
- изучение основ и характеристик различных методов исследования наноматериалов и наноструктур

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Материалы и методы нанотехнологий» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» относится к учебному циклу общие математические и естественнонаучные дисциплины Б1.В. федерального компонента.

В соответствии с учебным планом, занятия проводятся на втором году обучения. Настоящая дисциплина находится на стыке дисциплин. Необходимыми предпосылками для успешного освоения дисциплины является следующее: в цикле математических дисциплин: знание основ линейной алгебры и математического анализа, умение дифференцировать и интегрировать, знать основы статистической обработки результатов.

В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются знание основ классической механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, радиофизики, оптики.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся *общепрофессиональных компетенций (ОПК)*:

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                            | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны                   |                                                                                                                                                           |                                                                                         |
|--------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                                                                  | знать                                                                         | уметь                                                                                                                                                     | владеть                                                                                 |
| 1.     | ПК-8               | Способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | Основные физико-химические основы методов анализа материалов                  | Использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач в области электроники и нанoeлектроники. | знаниями основ методов анализа, необходимых для решения научно-исследовательских задач. |
| 2.     | ПК-14              | готовность к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий          | Основные методики экспериментального исследования, параметры и характеристики | Осуществлять поиск необходимой информации посредством современных ин-                                                                                     | Навыками самостоятельной работы с научной литературой и нормативной доку-               |

| №<br>п.п. | Индекс<br>компе-<br>тенции | Содержание компе-<br>тенции (или её час-<br>ти)                                                                                                                                                                                                                                                                                        | В результате изучения учебной дисциплины обу-<br>чающиеся должны                                                  |                                                                                           |                                                          |
|-----------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|           |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | знать                                                                                                             | уметь                                                                                     | владеть                                                  |
|           |                            | электронной техники                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | современных<br>приборов и<br>устройств                                                                            | формационных<br>технологий                                                                | ментацией                                                |
| 3.        | ПК-13                      | способность нала-<br>живать, испытывать,<br>проверять работо-<br>способность измери-<br>тельного, диагности-<br>ческого, технологи-<br>ческого оборудова-<br>ния, используемого<br>для решения различ-<br>ных научно-<br>технических, техно-<br>логических и произ-<br>водственных задач в<br>области электроники<br>и нанoeлектроники | Методику ис-<br>пользования<br>измерительно-<br>го, диагности-<br>ческого и тех-<br>нологического<br>оборудования | Применять по-<br>лученные в хо-<br>де обучения<br>знания в прак-<br>тических зада-<br>чах | Навыками ор-<br>ганизации на-<br>учной деятель-<br>ности |

## 2 Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО)

| Вид учебной работы                                                    |                        | Всего часов | Семестры (часы) |   |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|-----------------|---|
|                                                                       |                        |             | 4               |   |
| Контактная работа, в том числе:                                       |                        |             |                 |   |
| Аудиторные занятия (всего):                                           |                        | 64          | 64              |   |
| Занятия лекционного типа                                              |                        | 32          | 32              | - |
| Лабораторные занятия                                                  |                        | 32          | 32              | - |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)            |                        | -           | -               | - |
|                                                                       |                        | -           | -               | - |
| Иная контактная работа:                                               |                        |             |                 |   |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                 |                        | 4           | 4               |   |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                        |                        | 0,3         | 0,3             |   |
| Самостоятельная работа, в том числе:                                  |                        | 49          | 49              |   |
| Проработка учебного (теоретического) материала                        |                        | 20          | 20              | - |
| Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) |                        | 20          | 20              | - |
| Реферат                                                               |                        | 9           | 9               | - |
|                                                                       |                        |             |                 |   |
| Подготовка к текущему контролю                                        |                        | 26,7        | 26,7            |   |
| Контроль:                                                             |                        |             |                 |   |
| Подготовка к экзамену                                                 |                        | 0,3         | 0,3             | - |
| Общая трудоемкость                                                    | час.                   | 144         | 144             | - |
|                                                                       | в том числе контактная | 68,3        | 68,3            |   |

|  |                 |          |          |  |
|--|-----------------|----------|----------|--|
|  | <b>работа</b>   |          |          |  |
|  | <b>зач. ед.</b> | <b>4</b> | <b>4</b> |  |

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

| №  | Наименование разделов (тем)                                                             | Количество часов |                   |    |           |                      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|-----------|----------------------|
|    |                                                                                         | Всего            | Аудиторная работа |    |           | Внеаудиторная работа |
|    |                                                                                         |                  | Л                 | ПЗ | ЛР        | СРС                  |
| 1  | 2                                                                                       | 3                | 4                 | 5  | 6         | 7                    |
| 1. | Введение в дисциплину «Материалы нанотехнологий».                                       | 28               | 8                 | -  | 8         | 12                   |
| 2. | Углеродные наноструктуры. Консолидированные наноматериалы. Молекулярные нанотехнологии. | 29               | 8                 | -  | 8         | 13                   |
| 3. | Сканирующая зондовая микроскопия.                                                       | 28               | 8                 | -  | 8         | 12                   |
| 4. | Проблемы безопасности, экологии и этики в развитии нанотехнологий                       | 28               | 8                 | -  | 8         | 12                   |
|    | <b>Итого по дисциплине:</b>                                                             |                  | <b>32</b>         |    | <b>32</b> | <b>49</b>            |

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| № раздела | Наименование раздела                                                                    | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Форма текущего контроля |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1         | Введение в дисциплину «Материалы нанотехнологий».                                       | Краткий обзор содержания курса. Введение и терминология. Основные этапы развития нанотехнологий. Особенности поведения объектов наномира. Подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх» к получению наноматериалов. Примеры наноматериалов и наноприборов. Примеры нанотехнологических процессов: нанопечатная литография, литографически индуцированная самосборка. Обзор русскоязычной учебно-научной литературы по проблемам нанотехнологий. | Контрольные вопросы     |
| 2         | Углеродные наноструктуры. Консолидированные наноматериалы. Молекулярные нанотехнологии. | Основные физико-химические свойства углерода, углеродная связь, гибридизация. Аллотропные формы углерода: графит, алмаз, карбин, графен, аморфный углерод, фуллерены, нанотрубки. История открытия фуллеренов, связь с астрофизическими иссле-                                                                                                                                                                                          | Контрольные вопросы     |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|   |                                   | <p>дованиями. Методы синтеза и очистки фуллеренов.</p> <p>Основные физико-химические свойства фуллеренов. Структура одностенных нанотрубок, индексы хиральности, основные типы хиральности. Архитипичные нанотрубки. Структура многослойных нанотрубок: трубки типа свиток, коаксиально вложенные нанотрубки, канаты из нанотрубок. Дефекты в структуре нанотрубок и их влияние на геометрию и проводимость нанотрубок.</p> <p>Композиты: от алхимии к современным нанотехнологиям. Нанокompозиты, их определение. Молекулярные композиты, «умные» полимерные материалы. Свойства нанокompозитов. Полимерные нанокompозит. Слоистые нанокompозиты. Нанокompозиты с сетчатой структурой. Получение нанокompозитов. Применение нанокompозитов. Задачи молекулярных нанотехнологий. Понятия механосинтеза, авто- и самосборки.</p> |                     |
| 3 | Сканирующая зондовая микроскопия. | <p>История развития сканирующей зондовой микроскопии. Устройство и принцип действия сканирующего туннельного микроскопа: туннельный сенсор, режимы постоянного тока и постоянной высоты. Ограничения сканирующей туннельной микроскопии.</p> <p>Основные типы сканеров, применяемых в сканирующем зондовом микроскопе. Используемые свойства пьезокерамики, триподные, трубчатые и гибридные сканеры.</p> <p>Основные типы кантилеверов, используемых в контактном и бесконтактном режимах атомно-силовой микроскопии. Параметры, влияющие на качество получаемых изображений. Устройство и принцип действия сканирующего атомно-силового микроскопа: оптический силовой сенсор, силы межатомного взаимодействия, диапазоны сил при работе в кон-</p>                                                                           | Контрольные вопросы |

|   |                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                     |
|---|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|   |                                                                   | тактом и бесконтактном режимах. Назначение и принципы работы обратной связи.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                     |
| 4 | Проблемы безопасности, экологии и этики в развитии нанотехнологий | Новые возможности и потенциальные риски, связанные с развитием нанотехнологий: окружающая среда, уровень жизни, медицина, общество. Проблема токсичности наночастиц и загрязнения окружающей среды на стадиях производства, эксплуатации и утилизации наноматериалов. Нанотехнологии и социум. Проблемы безопасности НМиНТ. Перспективы развития нанотехнологий. | Контрольные вопросы |

### 2.3.2 Лабораторные работы

| № ЛР | Наименование лабораторной работы                                         | Содержание лабораторной работы                             | Форма текущего контроля |
|------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1    | Изучение способов получения и свойств углеродных наноструктур.           | Наноструктурное капсулирование иода в поливинилом спирте   | Защита ЛР               |
| 2    | Исследование наноматериалов с помощью сканирующей туннельной микроскопии | Изучение принцип работы сканирующей туннельной микроскопии | Защита ЛР               |
| 3    | Исследование наноматериалов с помощью атомно-силовой микроскопии         | Изучение принцип работы атомно-силовой микроскопии         | Защита ЛР               |

### 2.3.3 Занятия семинарского типа

Не предусмотрены

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| №  | Вид СРС                             | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                          |
|----|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1. | Проработка теоретического материала | Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий [Текст] = Scanning microscopy for nanotechnology : методы и применение / под ред. Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга ; пер. с англ. С. А. Иванова, К. И. Домкина ; под ред. Т. П. Каминской. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016 |
| 2. | Подготовка к защите лаборатор-      | Текущая Е.Е., Джимаков С.С., Долгов М.А. Методы исследования био- и наноструктур / Учебное пособие– Краснодар: Ку-                                                                                                                                                                 |

|    |                                         |                                                                                                                                            |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | ных работ                               | банский гос. ун-т, 2013.- 64 с.                                                                                                            |
| 3. | Реферат                                 | Плескова, С. Н. Атомно-силовая микроскопия в биологических и медицинских исследованиях / С. Н. Плескова. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. |
| 4. | Подготовка презентации по теме реферата | Карасев, В. А. Введение в конструирование бионических наносистем / В. А. Карасев, В. В. Лучинин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011.                   |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии

Для проведения части лекционных занятий используется специализированная лекционная аудитория физико-технического факультета (201С), оснащенная мультимедийным проектором, экраном, интерактивной доской, а также приборами и оборудованием для постановки учебных демонстрационных экспериментов; литература в библиотеке университета. Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу бакалавров и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: мозговой штурм, работа в малых группах, использование общественных ресурсов.

Существует система семестровых заданий, в которой каждый студент за семестр должен самостоятельно подготовить и защитить реферат по одной из предложенных тем. Задание сдается в форме беседы с преподавателем в специально отведенное время (прием заданий).

На семинарские занятия выносятся около 80 % материала изложенного в программе дисциплины. Остальная часть материала выносятся для самостоятельного изучения. В конце каждого практического занятия предлагаются для выполнения творческие и исследовательские задания, углубляющие и расширяющие учебный материал, развивающие инновационное мышление, а также умение работать с привлечением современных информационных технологий. Выполнение этих заданий обсуждаются на следующем занятии.

На практических занятиях рассматриваются основы теории, требующие сложные математические выкладки, различные методы решения задач, наиболее типичные и творческие задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на занятиях, бакалавры получают домашние задания в виде ряда задач из соответствующих задачников.

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

- самоподготовку к учебным занятиям по конспектам и учебной литературе;
- подготовку рефератов.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу и руководство этой работой со стороны преподавателей.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Текущий контроль:

- контрольные вопросы по разделам учебной программы;
- защита лабораторных работ;
- реферат;
- презентация по теме реферата;
- внутрисеместровая аттестация.

Промежуточный контроль:

- экзамен.

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

##### **4.1.1 Контрольные вопросы по разделам учебной программы**

1. Место объектов наномира на общей шкале размеров. Пространственная размерность нанообъектов. Что такое наноконсолидированные материалы?
2. Перечислите ключевые фигуры из истории развития нанотехнологий. Возможно ли получение атомарного разрешения с использованием атомно-силового микроскопа?
3. Возможно ли получение атомарного разрешения поверхности диэлектрика с использованием сканирующего туннельного микроскопа?
4. Две основные причины особого поведения материалов при уменьшении их размера до нанометрового масштаба.
5. Два основных подхода к получению наноструктур. Приведите несколько реальных примеров применения наноматериалов.
6. Особые свойства углерода, обуславливающие формирование из него разнообразных наноструктур. Структура графита. Структура алмаза. Структура фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ .
7. Формула Эйлера для сфероидов, построенных из правильных многоугольников.
8. Методы получения фуллеренов. Роль инертных газов при получении фуллеренов. Термическая стабильность фуллеренов в вакууме и в присутствии окислителей.
9. Структура углеродных нанотрубок. Типы углеродных нанотрубок и образований из них. Основные типы хиральности углеродных нанотрубок и соответствующие свойства электропроводности.
10. Механические колебания многослойных углеродных нанотрубок. Дефекты в структуре углеродных нанотрубок и их влияние на форму нанотрубок и проводимость.
11. Методы получения углеродных нанотрубок. Стадии очистки углеродных нанотрубок. Способы открытия концов углеродных нанотрубок.
12. Электрические свойства углеродных нанотрубок. Магнитные свойства углеродных нанотрубок. Механические свойства углеродных нанотрубок. Перечислите основные применения углеродных нанотрубок. Структура нанотрубок дисульфида вольфрама.
13. Структура нанокристаллических материалов. Сравнительные характеристики структуры нанокристаллических материалов с макроскопическими моно- и поликристаллами, а также с аморфными материалами.
14. Классификация объектов по размерности локализации – делокализации.
15. Плотность состояний для структур с различной размерностью локализации.
16. Методы изготовления квантовых ям, проволок и точек.
17. Самосборка квантовых точек. Механизмы роста тонких пленок.
18. Устройство и принцип работы одноэлектронного транзистора.
19. Что такое фотонный кристалл?
20. Сравнительные характеристики различных микроскопических методов по рабочей среде, типу изображения и повреждающего воздействия.

21. Устройство и принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Ограничения сканирующего туннельного микроскопа.
22. Устройство и принцип действия сканирующего атомно-силового микроскопа.
21. Основные типы сканеров, применяемых в сканирующей зондовой микроскопии.
22. Основные типы кантилеверов, используемых в контактной и бесконтактной атомно-силовых модах сканирующего зондового микроскопа.
23. Параметры, влияющие на качество изображений, получаемых в контактной и бесконтактной атомно-силовых модах.
24. Микроскопия поперечных сил. Микроскопия модуляции сил.
25. Бесконтактная атомно-силовая микроскопия.
26. Режим фазового контраста в бесконтактной атомно-силовой микроскопии. Преимущества оптической микроскопии по сравнению с другими типами микроскопии.
27. Дифракционный предел оптической микроскопии. Способы преодоления дифракционного предела.
28. Устройство и принцип работы сканирующего лазерного конфокального микроскопа. Сравнение горизонтального и вертикального разрешения у обычного оптического и конфокального микроскопов.
29. Принцип построения трехмерного изображения с помощью конфокальной микроскопии.
30. Устройство и принцип работы сканирующего оптического микроскопа ближнего поля.
31. Эффекты взаимодействия электронов с веществом. Принципы работы электронной пушки.
32. Различие полевой эмиссионной и термической электронных пушек.
33. Характерная величина энергий электронов в сканирующем электронном микроскопе.

## **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

### **4.2.1 Примеры вопросов для подготовки к экзамену**

1. История развития нанотехнологий. Основные определения: нанонаука, нанотехнология, наноинженерия, наноконсолидированные материалы.
2. Место объектов наномира на общей шкале размеров. Пространственная размерность нанообъектов. Общие закономерности поведения нанообъектов.
3. Подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх» к получению наноматериалов. Понятия автосборки и самосборки и примеры их реализации. Понятие молекулярного ассемблера.
4. Основные физико-химические свойства углерода, углеродная связь, гибридизация. Аллотропные формы углерода.
5. Структура графита, связь с его физическими свойствами.
6. Структура алмаза, связь с его физическими свойствами.
7. История открытия фуллеренов, связь с астрофизическими исследованиями.
8. Структура фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ : геометрия, тип связей, формула Эйлера.
9. Методы синтеза и очистки фуллеренов.
10. Основные физико-химические свойства фуллеренов. Соединения на основе фуллеренов.
11. Фуллериты и фуллериды: структура, фазовые переходы.
12. Эндоедральные структуры фуллеренов: методы получения и перспективы применения.
13. Области применения фуллеренов.
14. Структура одностенных углеродных нанотрубок, индексы хиральности, основные типы хиральности. Архитипичные нанотрубки.
15. Структура многослойных углеродных нанотрубок.

16. Дефекты в структуре углеродных нанотрубок и их влияние на геометрию и проводимость нанотрубок.
17. Механические свойства углеродных нанотрубок.
18. Электропроводность углеродных нанотрубок.
19. Магнитные свойства углеродных нанотрубок.
20. Метод дугового разряда для синтеза углеродных нанотрубок.
21. Метод лазерного испарения для синтеза углеродных нанотрубок.
22. Метод осаждения из газовой фазы для синтеза углеродных нанотрубок.
23. Стадии очистки углеродных нанотрубок.
24. Основные применения углеродных нанотрубок.
25. Углеродные нанолуковицы: условия наблюдения, стабильность.
26. Структура неуглеродных нанотрубок: дисульфид вольфрама, хризотил.
27. Нанокристаллические материалы. Нанокристаллическое состояние как переход от аморфного состояния к поликристаллическому. Особенности структуры зерен и межзеренного вещества в нанокристаллических материалах.
28. Методы получения нанокристаллических материалов осаждением из газовой и жидкой фазы. Недостатки методик.
29. Методы получения нанокристаллических материалов быстрым отверждением из расплава.
30. Метод интенсивных пластических деформаций для получения нанокристаллических материалов.
31. Рекристаллизация из аморфного состояния как метод получения нанокристаллических материалов.
32. Метастабильность нанокристаллического состояния, особенности рекристаллизации.
33. Основные физические свойства нанокристаллических материалов: механическая прочность и пластичность, диффузионные свойства.
34. Основные применения нанокристаллических материалов.
35. Субнанопористые и нанопористые материалы на основе цеолитов, их применение.
36. Пористый кремний: методы получения, особые свойства и применение.
37. Наноферромагнетики, суперпарамагнетизм, наномагнитные жидкости.
38. Нанокompозиты с гигантским магнитосопротивлением.
39. Задачи молекулярных нанотехнологий. Понятия механосинтеза, авто- и самосборки.
40. Рассмотрение работы молекулярных ассемблеров на примере биологических систем. Понятия ДНК, ген, биосинтез.
41. Стадии транскрипции и трансляции при биосинтезе белка.
42. Устройство и принцип действия ДНК чипов.
43. Супрамолекулярные системы как примеры молекулярных машин.
44. Описание эксперимента по измерению проводимости отдельной молекулы.
45. Концепция нанофабрики. Нанофабрика Криса Феникса. Фабрикаторы на базе платформ Стюарта или Меркле. Идея конструкционного тумана.
46. Доменная структура сегнетоэлектриков, процесс переключения поляризации. Основные направления развития нанотехнологий в сегнетоэлектриках.
47. Методы управления доменной структурой сегнетоэлектриков на нанометровом масштабе.
48. Квантовые ямы, проволоки и точки: энергетический спектр, методы получения и основные применения.
49. Устройство и принцип работы одноэлектронного транзистора.

50. Идея квантового компьютера. Параллелизм вычислений, типы задач, возможные пути реализации.

51. Основные применения наноматериалов в медицине.

52. Сравнительные характеристики различных микроскопических методов (оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения, сканирующая зондовая микроскопия).

53. История развития сканирующей зондовой микроскопии. Устройство и принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Ограничения сканирующей туннельной микроскопии.

54. Устройство и принцип действия сканирующего атомно-силового микроскопа. Назначение и принципы работы обратной связи.

55. Основные типы сканеров, применяемых в сканирующем зондовом микроскопе. Основные типы кантилеверов, используемых в контактном и бесконтактном режимах атомно-силовой микроскопии. Параметры, влияющие на качество получаемых изображений.

56. Режим микроскопии поперечных сил атомно-силового микроскопа.

57. Режим микроскопии модуляции сил атомно-силового микроскопа.

58. Режим микроскопии магнитных сил атомно-силового микроскопа.

59. Режим микроскопии электростатических сил атомно-силового микроскопа.

60. Режим микроскопии поверхностного потенциала атомно-силового микроскопа.

61. Режим сканирующей емкостной микроскопии атомно-силового микроскопа.

62. Режим сканирующей импедансной микроскопии атомно-силового микроскопа.

63. Режим силовой микроскопии пьезоотклика атомно-силового микроскопа.

64. Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия. Принцип действия, сравнение с обычной оптической микроскопией.

65. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. Преодоление оптического дифракционного предела, принцип действия, используемые типы зондов, основные режимы работы.

66. Нанопотоника. Локализация света в области нанометрического размера. Затухающие волны, поверхностные плазмоны, ближнее поле.

67. Оптические наноматериалы. Квантовая локализация электронов. Металлические наночастицы.

68. Оптические наноматериалы. Фотонные кристаллы.

69. Оптические методы наноитографии.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий [Текст] = Scanning microscopy for nanotechnology : методы и применение / под ред. Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга ; пер. с англ. С. А. Иванова, К. И. Домкина ; под ред. Т. П. Каминской. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016

2. Текуцкая Е.Е., Джимаков С.С., Долгов М.А. Методы исследования био- и наноструктур / Учебное пособие – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013.- 64 с.

3. Плескова, С. Н. Атомно-силовая микроскопия в биологических и медицинских исследованиях / С. Н. Плескова. - Долгопрудный : Интеллект, 2011.

4. Карасев, В. А. Введение в конструирование бионических наносистем / В. А. Карасев, В. В. Лучинин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1 Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия. Физико-химические (инструментальные) методы анализа.- М.: Высшая школа, 2006;

2. Аналитическая химия: учебник для студентов ВУЗов в 3х томах, Т.1: Методы идентификации и определения веществ/ под ред. Л.Н. Москвина, М.: Академия – 2008. – 575с.

### **5.3 Периодические издания, научно-технические журналы**

1. Журнал «Радиотехника и электроника»

2. Журнал «Радиационная биология. Радиоэкология»

3. Журнал «Биомедицинская радиоэлектроника»

4. Журнал Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. [www.izvestiya.rsm.ru](http://www.izvestiya.rsm.ru)

5. Реферативный журнал «Радиотехника»

6. Журнал «Биофизика»

## **6. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:

<http://window.edu.ru/window>

2. Библиотека электронных учебников:

<http://www.book-ua.org/>

3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:

<http://www.rubricon.com/>

4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:

<http://www.college.ru/>

5. Федеральный образовательный портал:

[http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm)

6. Каталог научных ресурсов:

<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>

7. Большая научная библиотека:

<http://www.sci-lib.com/>

8. Естественно-научный образовательный портал;

<http://www.en.edu.ru/catalogue/>

9. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека сайта EqWorld:

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/>

10. Техническая библиотека:

<http://techlibrary.ru/>

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Сопровождение самостоятельной работы студентов организовано в следующих формах:

- выполнение домашних заданий по практическим занятиям.
- дополнение к разбираемым разделам дисциплины при помощи знаний, получаемых из рекомендуемой литературы.
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.
- выполнение и защита рефератов

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **8.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.
4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

### **8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

1. Википедия – свободная энциклопедия.  
<http://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Физическая энциклопедия  
<http://www.femto.com.ua/articles/>
3. Академик – Словари и энциклопедии на Академике  
[http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/150/Атомная\\_физика/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/150/Атомная_физика/)
4. Информационные ресурсы библиотеки ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет»:  
<http://www.kubsu.ru/University/library/resources/>
5. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:  
<http://www.rubricon.com/>
6. Скопус – база данных ведущих зарубежных публикаций  
[www.scopus.com](http://www.scopus.com)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

| №  | Вид работ            | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность                                 |
|----|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия   | Аудитория 201С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.                 |
| 2. | Семинарские занятия  | -<br>(Учебным планом семинарские занятия не предусмотрены.)                                   |
| 3. | Лабораторные занятия | Наноцентр КубГУ, укомплектованный оборудованием необходимым для проведения лабораторных работ |

|    |                                            |                                                                                                                                                                                                                        |
|----|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет                                                                                                                                        |
| 5. | Самостоятельная работа                     | Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |