

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



**УТВЕРЖДАЮ**  
**Проректор по ОД**  
**А.А. Панфилов**

20**18** г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ»**

Направление подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администри-  
рование информационных систем

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования: прикладной бакалавриат

Форма обучения: очная

| Семестр      | Трудоем-<br>кость зач.<br>ед., час. | Лек-<br>ций,<br>час. | Практич.<br>занятий,<br>час. | Лаборат.<br>занятий,<br>час. | СРС,<br>час | Форма промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|
| 4            | 2/72                                | 18                   | 18                           |                              | 36          | Зачет                                            |
| <b>Итого</b> | 2/72                                | 18                   | 18                           |                              | 36          | Зачет                                            |

Владимир 2018

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Основы нанотехнологий» являются ознакомление с новейшими достижениями и направлениями развития в современной междисциплинарной области практических научных знаний – нанотехнологиях. Студенты после прослушивания курса должны свободно ориентироваться в основных направлениях развития нанотехнологий; понимать суть эффектов, определяющих особые физико-химические свойства наноматериалов; знать основные технологические процессы, используемые при получении наноматериалов; иметь представления о возможностях современной приборно-метрологической базы для исследования материалов с нанометровым пространственным разрешением

### Задачи дисциплины:

- изучение основных видов и свойств нанообъектов, наноматериалов, приборов и устройств на их основе, типовые технологические процессы их получения, элементную базу, а также типовое оборудование, включая технику исследования нанообъектов;
- фундаментальные основы процессов синтеза, анализа и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.
- Применение наноматериалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина "Основы нанотехнологий" относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП. Читается в 4 семестре и базируется на ранее полученных знаниях студентов, приобретенных в курсах общей физики. Он направлен на ознакомление размерных эффектов и свойств нанообъектов, методов их получения, приобретению навыков работы с установками по получению и диагностики наноматериалов, на общее расширение компетенции студентов в области нанотехнологий.

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены для написания выпускной квалификационной работы и дисциплин, предполагающих изучение нанотехнологий.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями:

готовность к разработке моделирующих алгоритмов и реализации их на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования (ПК-3).

**Знать:** физико-математический аппарат.

**Уметь:** анализировать, рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях; различать размерные эффекты (1,2,3D) в особых проявлениях физико-химических свойств наноматериалов; проводить измерения и исследования различных объектов по заданной методике; выявлять естественнонаучную сущность проблем.

**Владеть:** способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике; способностью к анализу, расчёту, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет: 2 зачетные единицы, 72 часа.

| №/    | Раздел (тема) дисциплины                        | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                      |                     |                    |     |       | Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %) | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|-------------------------------------------------|---------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                 |         |                 | Лекции                                                                                 | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС | КП/КР |                                                                         |                                                                                                           |
| 1     | Классификация наноматериалов. Размерный эффект. | 4       | 1-2             | 4                                                                                      | 4                    |                     |                    | 8   |       | 4(50%)                                                                  |                                                                                                           |
| 2     | История развития нанонауки и нанотехнологии     | 4       | 3-6             | 2                                                                                      | 2                    |                     |                    | 4   |       | 2(50%)                                                                  | Рейтинг-контроль №1                                                                                       |
| 3     | Технологии получения наноматериалов.            | 4       | 7-10            | 4                                                                                      | 4                    |                     |                    | 8   |       | 4(50%)                                                                  |                                                                                                           |
| 4     | Методы диагностики и свойства наноматериалов.   | 4       | 11-15           | 4                                                                                      | 4                    |                     |                    | 8   |       | 4(50%)                                                                  | Рейтинг-контроль №2                                                                                       |
| 5     | Применения наноструктур в производстве и науке. | 4       | 16-18           | 4                                                                                      | 4                    |                     |                    | 8   |       | 4(50%)                                                                  | Рейтинг-контроль №3                                                                                       |
| Всего |                                                 | 4       | 18              | 18                                                                                     | 18                   |                     | -                  | 36  | -     | 18(50%)                                                                 | Зачет                                                                                                     |

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### ЛЕКЦИИ

**Раздел 1.** Классификация нанообъектов и их характерные особенности: кристаллическая, геометрическая, электронная структуры.

1. Классификация нанообъектов.

1.1. Классификация по агрегатному состоянию.

1.2. Классификация по размерам.

1.3. Классификация по мерности.

2. Характерные особенности нанообъектов.

2.1. Кристаллическая структура.

2.2. Электронная структура.

2. Размерные зависимости физико-химических свойств материалов в классическом и квантовом приближениях.

2. Размерный эффект.

2.1. Изменение фазового равновесия в наносистемах.

2.2. Размерная зависимость температуры плавления материалов.

2.3. Поверхностная энергия.

2.4. Длина свободного пробега электронов.

**Раздел 2.** История развития нанонауки и нанотехнологии.

1. История развития нанонауки и нанотехнологии.

1.1. Древние цивилизации и нанотехнологии.

1.2. Ричард Фейнман и наномир.

1.3. Современное состояние нанонауки и присуждение Нобелевских премий по физике.

### **Раздел 3. Технологии получения наноматериалов.**

#### **1. Формирование материалов по механизму «снизу-вверх».**

##### **1. Механизм формирования «снизу-вверх».**

###### **1.1. Кинетическое уравнение образования новой фазы.**

###### **1.2. Виды зародышеобразования.**

###### **1.3. Рост зародышей новой фазы.**

#### **2. Формирование материалов по механизму «сверху-вниз».**

##### **2.1. Особенности измельчения материалов.**

##### **2.2. Интенсивная пластическая деформация.**

### **Раздел 4. Методы механического диспергирования получения наноматериалов.**

#### **1. Методы механического диспергирования.**

##### **1.1. Получение наноматериалов механическим измельчением.**

##### **1.2. Методы интенсивной пластической деформации.**

##### **1.3. Методы механических воздействий различных сред.**

#### **2. Методы физического диспергирования.**

##### **2. Методы физического диспергирования.**

##### **2.1. Получение наноматериалов распылением расплавов.**

##### **2.2. Методы испарения-конденсации.**

##### **2.3. Вакуум-сублимационная технология.**

##### **2.4. Методы превращений в твердом состоянии.**

#### **3. Методы химического получения наноматериалов.**

##### **3.1. Получение наноматериалов химическим превращением.**

##### **3.2. Электрохимические методы.**

##### **3.3. Методы, сочетающие химические и физические превращения.**

#### **4. Биологические методы получения материалов.**

### **Раздел 4. Методы диагностики и свойства наноматериалов.**

##### **1. Определение дисперсности материалов.**

##### **2. Методы определения элементного состава**

##### **3. Методы анализа фазового состава**

##### **4. Методы исследования поверхности материалов**

#### **Искусственное нанотехнологическое образование: пучковые и зондовые методы литографии.**

##### **1. Молекулярно-лучевая эпитаксия.**

##### **2. Методы зондовой технологии.**

##### **3. Пучковая нанолитография.**

### **Раздел 5. Применения наноструктур в производстве и науке**

##### **1. Применения нанобъектов в промышленных технологиях.**

##### **2. Применения нанобъектов в медицине.**

##### **3. Применения нанобъектов в робототехнике.**

##### **4. Применения нанобъектов в строительных технологиях.**

##### **5. Математическое моделирование нанотехнологии.**

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и практические занятия);

- case-study (получение на практических занятиях учебных кейсов с постановкой задачи и глубокой проработкой проблемы разработки и реализации требуемой имитационной модели);
- мастер-классы (демонстрация на практических занятиях применения приёмов, технологий, методов имитационного моделирования на конкретных задачах (кейсах);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);
- технология развития критического мышления (привитие студентам навыков критической оценки разработанных ими имитационных моделей);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний);

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **а) Вопросы рейтинг-контроля:**

#### **Вопросы рейтинг-контроля №1:**

1. В чем Вы видите главную причину выделения нанотехнологий от других отраслей науки и технологий:
  - а) использования крайне малых размеров;
  - б) координальное изменение свойств материалов, что обуславливает реализуемость нелинейных и уникальных эффектов;
  - в) пропаганда в СМИ
2. Назовите известные Вам формы наноструктурированных материалов:
3. Приведите пример дисперсных сред, в которых дисперсная фаза находится в твердом состоянии, а среда – в жидком: \_\_\_\_\_
4. Дайте определение размерному эффекту. Приведите примеры
5. В чем заключается принцип формирования наноматериалов по механизму «сверху-вниз». Какими методами можно это осуществить?
6. Назовите методы определения размеров наноматериалов \_\_\_\_\_

#### **Вопросы рейтинг-контроля №2:**

1. Дайте определение термину «наночастица»:
2. Отнесите нанотрубки по размерности к нужным группам:
  - одномерные;
  - двумерные;
  - трехмерные;
  - многомерные;
 и дисперсности к нужным группам:
  - нульмерные;
  - одномерные;
  - двумерные;
  - трехмерные.

3. Приведите пример дисперсных сред, в которых дисперсная фаза находится в жидком состоянии, а среда – в газовом: \_\_\_\_\_
4. Дайте определение размерному эффекту. Приведите примеры
5. В чем заключается принцип формирования наноматериалов по механизму «сверху-вниз». Какими методами можно это осуществить?  
\_\_\_\_\_
6. Использование наноматериалов в древних цивилизациях: \_\_\_\_\_
7. Нанотехнологии в робототехнике: \_\_\_\_\_
8. Назовите методы определения дисперсности материалов \_\_\_\_\_
9. Опасность нанообъектов для живой природы \_\_\_\_\_

### **Вопросы рейтинг-контроля №3:**

1. Наноструктуры и нанотехнологии: нанотрубки, одноатомные слои, квантовые точки, гетероструктуры и сверхрешетки.
2. Физико-химические методы получения нанообъектов. Основы молекулярно-лучевой эпитаксии.
3. Основные квантоворазмерные эффекты
4. Физические основы электронной микроскопии. Типы современных электронных микроскопов.
5. Методы наноструктурного исследования кластеров. Физические основы масс – спектроскопии.
6. Аппаратура для проведения дифракционных исследований наноматериалов.
7. Применение и перспективы развития нанотехнологии. Элементы метрологии в нанотехнологии.
8. Применение наноматериалов в отдельных отраслях промышленности. Примеры материалов и функциональное назначение: \_\_\_\_\_

### **б) Темы рефератов:**

1. Ричард Фейнман и наномир;
2. Нобелевская премия по физике за 2010 А. К. Гейма и К. С. Новосёлова;
3. Древние цивилизации и нанотехнологии;
4. Разработка Роберта Фулла (RobertFull) из Беркли;
5. Фантастические применения: нанокружка, нанолифт, нанопиллюли;
6. ДНК- и РНК-нанотехнологии;
7. Промышленный синтез молекул лекарств и фармакологических препаратов четко определенной формы (бис-пептиды);
8. Применение нанотехнологий в компьютерной технике: центральные процессоры;
9. Применение нанотехнологий в компьютерной технике: жёсткие диски (GMR-эффекта);
10. Гибкие тонкие экраны (гибкие контакты на наноуглероде);
11. Применение нанотехнологий в технике для передачи огромных объёмов информации;
12. Квантовые компьютеры, нанотехнологии и наноплазмоника;
13. Нанотехнологии и робототехника;
14. Нанороботы репликаторы и их создание;
15. Атомно-силовая микроскопия;
16. Магнитно-силовая микроскопия;

17. Сканирующая электронная микроскопия;
18. Микроскопия ближнего поля;
19. Просвечивающая электронная микроскопия;
20. Малоугловое рассеяние и динамическое рассеяние света;
21. Анализ траекторий наночастиц, динамическое светорассеяние, седиментационный анализ, ультразвуковые методы;
22. Рентгенодифракционные методы;
23. Электронная спектроскопия;
24. Колебательная микроскопия;
25. Оже-спектроскопия;
26. Нейтронная дифрактометрия;
27. Магнитная нейтронография;
28. Воздействие нанообъектов на живые организмы;
29. Токсичность наноматериалов;
30. Мониторинг воздействия наноматериалов на живую и неживую природу;
31. Результаты научного проекта 7 рамочной европейской программы 2007-2008 гг по нанобезопасности.

**в) Вопросы к зачету по дисциплине:**

1. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию;
2. Классификация дисперсных систем по размерам;
3. Методы механического диспергирования;
4. Методы физического диспергирования;
5. Методы химического диспергирования;
6. Принцип формирования материалов «снизу-вверх»;
7. Структура наноразмерных материалов;
8. Размерный эффект;
9. Исследование элементного состава наноматериалов;
10. Исследование фазового состава наноматериалов;
11. Методы изучения поверхности;
12. Применения наноматериалов в промышленных технологиях;
13. Применения наноматериалов в медицине;
14. Применения наноматериалов в науке;
15. Применения наноматериалов в робототехнике;
16. Применения наноматериалов в строительных технологиях;
17. Математическое моделирование в нанотехнологиях.

**г) Вопросы для контроля самостоятельной работы:**

1. Классификация нанообъектов;
2. Оптические характеристики наносред;
3. Функциональные и конструкционные наноматериалы;
4. Механизмы роста пленок из пара;
5. Особенности методов консолидации наноматериалов;
6. Лазерная наномодификация поверхности;
7. Методы зондовой технологии для создания наноматериалов;
8. Методы изучения свойств наноматериалов;
9. Лазерная абляция твердых материалов.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература:**

1. Аракелян С.М. Введение в фемтонанوفотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие по направлениям подготовки бакалавриата 200400 (200200) "ОпTOTехника", 200500 "Лазерная техника и лазерные технологии", 200700 (200600) "Фотоника и оптоинформатика" и специальностям 200200 "ОпTOTехника" и 200201 "Лазерная техника и лазерные технологии" / С. М. Аракелян [и др.] ; под общ. ред. С. М. Аракеляна .— Москва : Логос, 2015 .— 743 с. : ил., табл. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (211 Мб) .— Библиогр. в конце ч. — С. М. Аракелян, А. О. Кучерик, В. Г. Прокошев, В. Г. Рау, А. Г. Сергеев - преподаватели ВлГУ .— ISBN 978-5-98704-812-2. Библиотека ВлГУ

2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий[Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Старостин.-4-е изд. (эл.).-Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 434 с.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - (Нанотехнологии).-Систем. требования: AdobeReader XI ; экран 10". - ISBN 978-5-9963-2601-3.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html>

3. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон.текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16975>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

### **б) дополнительная литература:**

1. Аракелян С.М. Микроструктуры, наноструктуры и гидродинамические неустойчивости, индуцированные лазерным излучением на поверхности твердых тел : монография / С. М. Аракелян [и др.] ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 144 с. : ил., табл. — Имеется электронная версия .— Библиогр.: с. 133-144.— Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки .— AdobeAcrobatReader .— ISBN 978-5-9984-0094-0 .— <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3067/1/00698.pdf>>. Библиотека ВлГУ

2. Барыбин А. А. Барыбин, А. А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] : Учеб.пособие / А. А. Барыбин, В. А. Бахтина, В. И. Томилин, Н. П. Томилина. — Красноярск : СФУ, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441543>

3. Горохов В. А. Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 1.: Учебник / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе; Под ред. В.А. Горохова. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 589 с.: ил.; 60x90 1/16. - (ВО: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-009531-8, 500 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=446097>

4. Горохов В. А. Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 2.: Учебник / В.А. Горохов и др; Под ред. В.А. Горохова. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 533 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-009532-5, 500 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=446098>

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. Нанотехнологический портал: <http://www.nanonewsnet.ru>

2. Нанотехнологическое сообщество Нанометр: <http://www.nanometer.ru>

3. Сайт компании «НТ-МДТ»: <http://www.ntmdt.ru>

4. Российское общество сканирующей зондовой микроскопии и нанотехнологий:  
<http://www.nanoworld.org>

Ресурсы для дистанционного освоения курса, размещенные на сайтах:

1. <http://www.kodges.ru/nauka/popnauka/188653-nanostruktury-i-nanomaterialy.-sintez-svojstva-i.html>;
2. <http://www.kodges.ru/nauka/obrazovanie/137226-nanotexnologiya-v-yelektronike.-vvedenie-v.html>;
3. [http://www.studmed.ru/bulgakov-av-bulgakova-nm-burakov-im-i-dr-sintez-nanorazmernih-materialov-pri-vozdystvii-moschnyh-potokov-energii-na-veschestvo\\_b33b80d27f8.html](http://www.studmed.ru/bulgakov-av-bulgakova-nm-burakov-im-i-dr-sintez-nanorazmernih-materialov-pri-vozdystvii-moschnyh-potokov-energii-na-veschestvo_b33b80d27f8.html);

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением, аудитории вычислительного центра.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Рабочую программу составила доцент каф. ФиПМ Хмельницкая Е.В.  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

ген. директор ООО "РС-Сервис"  
Д.С. Квасов  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Председатель комиссии

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2019-2020 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 02.09.2018 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_