

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**

Кафедра материаловедения и технологии материалов

УТВЕРЖДАЮ

Директор химико-технологического ин-  
ститута

 Павленко В.И.  
« 15 » сентября 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**Дисциплины**

**Технологические системы в нанотехнологии.  
Испытание изделий.**

Направление подготовки  
**28.03.02 – Наноинженерия**

Профиль подготовки  
**Безопасность систем и технологий наноинженерии**

Квалификация (степень)  
**бакалавр**

Форма обучения  
**очная**

Срок обучения  
**4 года**


Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия», утвержденного 31.12.2015 г., регистрационный № 40509
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова по направлению 28.03.02 «Наноинженерия» профиль «Безопасность систем и технологий наноинженерии» введен в действие в 2016 г.

Составители: ст. препод.  И.В. Дивиченко

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Безопасность жизнедеятельности»


Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  А.Н. Лопанов  
(подпись)

« 06 » сентября 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Безопасность жизнедеятельности»,

« 06 » сентября 2016 г., протокол № 2  
Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  ( А.Н. Лопанов )  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

« 15 » 09 2016 г., протокол № 1  
Председатель к.т.н., доц.  (Л.А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Профессиональные</b>			
	ПК-11	готовностью в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке технической документации для производства, эксплуатации и технического обслуживания изделий на основе нанообъектов	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные принципы построения и функционирования технологических систем в нанотехнологии, основные технологии синтеза нанокристаллических порошков; основы производства наноструктур; основы производства фуллеренов и нанотрубок; нанопленок и нановолокон; теоретические основы различных методов получения нанопорошков; методику подготовки прекурсоров для синтеза нанопорошков; физические, химические и биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов, методы стабилизации наночастиц и наноматериалов</p> <p><b>Уметь:</b> планировать процесс получения наноматериалов определенного состава, подбирать наноструктуры и методы их производства для реализации нанообъектов с заданными характеристиками под конкретные требования; анализировать особенности нанопродуктов и нанотехнологий; составлять схемы технологического оборудования и приборов для нанотехнологических процессов; выбирать рациональные методы синтеза нанообъектов и наноматериалов; анализировать достоинства и недостатки различных методов получения наночастиц и наноматериалов</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования традиционных и новых технологических процессов, оборудования и материалов по технологической подготовке производства; комплексом практических навыков по выбору исходных компонентов и реактивов для получения наночастиц, соответствующего оборудования, а также производить соответствующие расчеты</p>
	ПК-12	готовностью в составе коллектива исполнителей участвовать в работах по производству и контролю качества (технологический цикл) нанообъектов и изделий на их основе	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> процессы получения и области применения полимерных, керамических, нанокпозиционных, магнитных и др. функциональных наноматериалов; методы диагностики параметров плазмохимических процессов; зондовые методы исследования поверхности твердого тела и наноструктурных материалов с нанометровым разрешением; методы оптической интерферометрии и эллипсометрии, электронной микроскопии, рентгеновского микроанализа</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать возможности применения неконтактных оптических, газохроматических и контактных зондовых методов диагностики параметров нанотехнологических процессов в вакууме и плазме</p>

			<b>Владеть:</b> оптическими, газохроматографическими и зондовыми методами диагностики параметров плазмохимических процессов; основами зондовых методов исследования поверхности твердого тела и наноструктурных материалов с нанометровым разрешением; основами методов оптической интерферометрии и эллипсометрии, электронной микроскопии, рентгеновского микроанализа.
--	--	--	---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Материаловедение наноматериалов и наносистем
2	Технология наноразмерных материалов

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Производственная безопасность в нанотехнологиях
2	Методы диагностики в нанотехнологиях
3	Управление качеством

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4**зач. единиц, **144**часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	51	51
лекции	17	17
лабораторные		
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	93	93
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>		
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1.Наименование тем, их содержание и объем

##### Курс 3 Семестр №6

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	К-во лекционных часов	Объем на тематический раздел, час		
			Практические и др. занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
Раздел1. Получение функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы					
1	Физико-химия получения наноструктурных материалов	2	4		7
2	Диспергационные методы получения нанопорошков металлов и материалов на их основе	2	6		9
3	Конденсационные методы получения нанопорошков металлов и материалов на их основе	2			1
Раздел2. Получение аморфных органических и неорганических наноструктур и пористых материалов					
1	Методы получения нановолокон и тонких пленок	2			1

2	Биологические подходы к получению наноразмерных материалов	1			1
<b>Раздел 3. Методы получения упорядоченных наноструктур</b>					
1	Методы формирования тонких слоев и многослойных структур	0,5			0,5
2	Искусственное наноморфообразование	0,5	8		11
3	Пучковые и другие методы нанолитографии	0,5	10		12,5
4	Радиационные методы формирования наноструктур	0,5			0,5
1	Получение гибридных полимер-неорганических нанокомпозитов	1			0,5
<b>Раздел 4. Аналитические методы испытания материалов</b>					
1	Исследования наноматериалов методами оптической микроскопии. Специализированные методики оптической микроскопии. Флуоресцентная микроскопия. Интерферометрия. Регистрация и обработка изображений в оптической микроскопии	2	4		5
2	Рентгеновская микроскопия. Лазерная рентгеновская микроскопия. Электронная микроскопия. Основные понятия. Трансмиссионная микроскопия. Растровая (сканирующая) микроскопия.	1,5	2		4
3	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующие элементы зондовых микроскопов. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия.	1,5	2		4
<b>ВСЕГО</b>		17	34		57

#### **4.2. Содержание практических (семинарских) занятий**

##### **Курс 3 Семестр № 6**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр № 7</b>				
1	Получение функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы	Ознакомление с некоторыми операциями лабораторной химической практики и измерительными приборами	4	6
		Получение пиррофорных порошковых металлов методом термического раз-	6	8

		ложения		
2	Методы получения упорядоченных наноструктур	Самоорганизация коллоидных частиц при эпитаксиальном росте	8	10
		Конструирование наносистем пучковым методом литографии	10	12
3	Аналитические методы испытания материалов	Анализ наноматериалов различной природы	8	10
ИТОГО			36	46

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрены.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Получение функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение нанотехнологии, история и концепции развития.</li> <li>2. Классификация по размеру частиц и классификация наноматериалов по размерности (0D, 1D, 2D, 3D).</li> <li>3. Причины изменения свойств наноматериалов, размерный эффект.</li> <li>4. Основные типы структур наноматериалов: слоистая, волокнистая, равноосная.</li> <li>5. Устройства и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанопорошков.</li> <li>6. Классификация методов получения нанообъектов.</li> <li>7. Рациональная последовательность формирования технологических операций</li> <li>8. Газофазовый синтез наночастиц.</li> <li>9. Плазмохимический синтез наночастиц.</li> <li>10. Получение наночастиц осаждением из коллоидных растворов.</li> <li>11. Получение наночастиц термическим разложением и восстановлением.</li> <li>12. Получение наночастиц методами механосинтеза.</li> <li>13. Детонационный синтез и электровзрыв как способ получения наночастиц.</li> <li>14. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: молекулярно-лучевая эпитаксия.</li> <li>15. Эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы, коллоидные растворы.</li> </ol>
2	Получение аморфных органических и неорганических наноструктур и пористых материалов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы восстановления и разложения в растворах при получении наночастиц в жидких средах</li> <li>2. МЛЭ и реализация идей сверхрешетки</li> <li>3. Особенности осаждения двуокиси кремния, нитрида кремния, окиси алюминия и других материалов.</li> <li>4. Самособранные монослои и мультислои</li> </ol>

		5. Интеркаляция полимеров в пористые и слоистые наноструктуры
3	Методы получения упорядоченных наноструктур	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы получения упорядоченных наноструктур: искусственное наноформообразование.</li> <li>2. Самоорганизация в наносистемах.</li> <li>3. Методы синтеза нанокристаллов осаждением в наноструктурированные матрицы.</li> <li>4. Пучковые методы нанолитографии</li> <li>5. Электронная, ионная, рентгеновская нанолитография.</li> <li>6. Радиационные методы формирования наноструктур.</li> <li>7. Образование наноструктур при кристаллизации аморфизированных слоев.</li> <li>8. Формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе.</li> <li>9. Методы зондовой нанотехнологии.</li> <li>10. Общие методы получения нанокомпозитов. Наноструктурированные стекла.</li> <li>11. Композиционные материалы на их основе</li> <li>12. Общие подходы при получении компактных нанокристаллических материалов.</li> <li>13. Компактирование нанопорошков: метод испарения и конденсации.</li> <li>14. Компактирование нанопорошков: магнитно-импульсный метод.</li> <li>15. Компактирование нанопорошков: ультразвуковое прессование.</li> <li>16. Получение компактных наноматериалов осаждением на подложку: осаждение из плазмы.</li> <li>17. Получение компактных наноматериалов осаждением на подложку: осаждение из коллоидных растворов.</li> <li>18. Получение компактных наноматериалов осаждением на подложку: импульсное электроосаждение.</li> <li>19. Получение компактных наноматериалов: кристаллизация аморфных сплавов.</li> <li>20. Получение компактных наноматериалов методом интенсивной пластической деформации: кручение под высоким давлением.</li> <li>21. Получение компактных наноматериалов методом интенсивной пластической деформации: равноканальное угловое прессование.</li> </ol>
4	Аналитические методы испытания материалов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Спектроскопия.</li> <li>2. Особенности применения ближнепольного оптического микроскопа (БОМ).</li> <li>3. Просвечивающая электронная микроскопия.</li> <li>4. Возможности методов МЭЛ и ГФЭ МОС в нанoeлектронике.</li> <li>5. Сканирующая электронная микроскопия.</li> <li>6. Методы записи информации.</li> <li>7. Рентгеновские дифракционные методы.</li> <li>8. Рентгеновская литография.</li> <li>9. Методы зондовой нанотехнологии.</li> <li>10. Устройство и принцип работы зондовых микроскопов.</li> </ol>

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.**

Учебным планом не предусмотрены.



### **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.**

Учебным планом предусмотрено выполнение одного ИДЗ по дисциплине «Технологические системы в нанотехнологии. Испытание изделий».

Общая тематика задания формируется согласно теме: «Технологический процесс создания наноматериала специального назначения и анализ его свойств».

Основная цель: изучение основных способов конструирования нанообъектов, наночастиц и наноматериалов при синтезе композиционных материалов, а также анализ свойств, которые приобретают материалы за счет введения в их структуру нанообъектов.

Задание включает литературный анализ научно-технической и патентной литературы на глубину не менее 10 лет. ИДЗ представляется в виде описания конкретных теоретических и фундаментальных исследований. Объем работы должен составлять 15-20 стр. машинописного текста.

Защита ИДЗ происходит в виде устного опроса по содержанию работы.

### **5.4. Перечень контрольных работ.**

Учебным планом не предусмотрены.

## **3. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Пул Ч. Нанотехнологии: учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; пер. с англ., ред. Ю.И. Головин. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.

2. Методы получения и свойства нанообъектов: учеб. пособие / Н.И. Минько, В.В. Сторокова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – 148 с.

3. Инфракрасная спектроскопия: метод. указания к выполнению науч.-исслед. и лаб. работ для студентов дневной формы обучения специальности 270106 / сост. Е.А. Лопанова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – 29 с.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / В.В. Старостин. – М.: Бинном. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с.

2. Методы получения и свойства нанообъектов: учеб. пособие / Н.И. Минько [и др.]. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 162 с.

3. Суздальев И.П. Нанотехнология. Физико-химия наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздальев. – М.: КомКнига, 2006 – 589 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему).

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. <http://www.nanoware.ru/> - Сайт о нанотехнологиях в России.

2. <http://nanodigest.ru/> - Интернет-журнал о нанотехнологиях.

3. <http://www.nanometer.ru/> - Электронный журнал Нанометр.

4. <http://www.sciencedirect.com> - Научная электронная библиотека издательства Elsevier.

5. <http://www.nanorf.ru/> - Российский электронный НАНОЖУРНАЛ.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия – аудитория, оснащенная презентационной техникой, комплект электронных презентаций. Практические занятия проводятся в учебной аудитории, оснащенная презентационной техникой.

тационной техникой.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.  
Протокол № 15 заседания кафедры от « 26 » 06 2017 г.

Заведующий кафедрой



Лопанов А.Н.

Директор института




Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018 /2019 учебный год.  
Протокол № 13 заседания кафедры от «28» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Лопанов А.Н.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Павленко В.И.  
подпись, ФИО


## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на **2019/2020** учебный год.

Протокол № 14 заседания кафедры от « 14 » 06 2019 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



подпись, ФИО

Лопанов А.Н.

Директор института \_\_\_\_\_

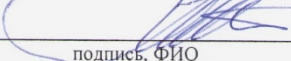


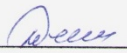
подпись, ФИО

Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 20<sup>21</sup>/20<sup>22</sup> учебный год.  
Протокол № 011 заседания кафедры от «14» 05 20<sup>22</sup> г.

Заведующий кафедрой  Лосманов А.И.  
подпись, ФИО

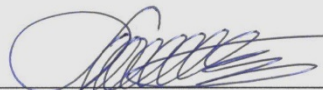
Директор института   
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20 21 /20 22 учебный год  
без изменений

Протокол № 7 заседания кафедры от « 14 » 05 20 21 г.

Заведующий кафедрой

  
подпись, ФИО Лопанов Н.Н.

Директор института

  
подпись, ФИО Ребришчевая Р.Н.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение №1

### Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Дисциплина «Технологические системы в нанотехнологии. Испытание изделий» входит в базовую часть учебного плана подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 – Наноинженерия.

Основными целями освоения дисциплины являются формирование у бакалавров целостного представления об основных методах получения наночастиц и упорядоченных наноструктур, а также анализ свойств нанообъектов и методов их исследования.

Обучение проводится в виде лекций и практических занятий, важное значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов. В рамках самостоятельной работы студент должен выполнить 1 ИДЗ.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, контрольных работ, решений задач и защиты ИДЗ. Формой итогового контроля является экзамен.

Распределение материала дисциплины по темам и требования к её освоению содержатся в Рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса. Перед итоговым контролем необходимо провести консультации, в том числе, в зависимости от подготовки студентов и индивидуальные.

При освоении дисциплины студент должен обратить внимание на контрольные вопросы к разделам, дать на них ответы. Следует внимательно изучать материалы пособия; в случае затруднения повторить материал. Для изучения разделов дисциплины целесообразно использовать рекомендуемую преподавателем учебную литературу, учебное пособие, отражающие содержание курса.

#### **Раздел 1. Получение функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы**

В данном разделе лекционного курса «Технологические системы в нанотехнологии. Испытание изделий» рассмотрены гетерогенные процессы формирования твердотельных нанокластеров, упорядоченных структур наночастиц, самоорганизованных коллоидных структур, тонких наноструктурированных слоев. Дается представление о наноструктурированных материалах и о влиянии наноструктурирования на различные свойства этих материалов.

*Термины и понятия:* гетерогенные процессы, нанокластеры, упорядоченная структура, наночастица, коллоидная структура, наноструктурированные слои.

#### **Раздел 2. Получение аморфных органических и неорганических наноструктур и пористых материалов**

В разделе рассмотрены методы получения упорядоченных структур с механизмом самоорганизации, формирование квантовых ям, проволок и квантовых точек с использованием различных методов эпитаксии (молекулярно-лучевой и газофазной), а также ионного синтеза. Приводятся примеры приборов на квантовых ямах и квантовых точках. Обоснованы возможности применения эпитаксии в наноэлектронике.

*Термины и понятия:* эпитаксия, самоорганизация, квантовые ямы, квантовые точки, молекулярно-лучевая эпитаксия, газофазная эпитаксия, наноэлектроника.

#### **Раздел 3. Методы получения упорядоченных наноструктур**

Тема раскрывает особенности литографических методов формирования наноструктур. Рас-



смаатриваются различные методы литографии (рентгеновская, электронная, ионная), а также более современные методы, такие как перьевая нанолитография, литография наносферами, нанопечатная литография, литографическая самосборкананоструктур.

*Термины и понятия:* литография, рентгеновская литография, электронная литография, ионная литография, зондовые методы, нанолитография, самосборкананочастиц.

#### **Тема 4. Аналитические методы испытания материалов**

Рассмотрены методы испытаний и исследований характеристик материалов наноинженерии. Рассмотрены устройство и принцип работы прибора оптической микроскопии, изучены виды микроскопии. Определены перспективы применения метода микроскопии для материалов наноразмерного уровня. Подробно изучены основные этапы исследования наночастиц и наносистем методами рентгеновской, электронной, сканирующей зондовой, сканирующей туннельной, атомно-силовой и магнито-силовой микроскопией.

*Термины и понятия:* оптическая микроскопия, оптический микроскоп, рентгеновская микроскопия, электронная микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, магнито-силовая микроскопия.