

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



**С УТВЕРЖДАЮ**  
**Проректор**  
**по образовательной деятельности**

А.А. Панфилов

« 21 » 04 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Физико-химические основы нанотехнологий»**

Направление подготовки: 28.03.02 Наноинженерия

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	4, 144	36	18	18	36	экзамен (36ч)
5	5, 180	18	18	18	126	зачет
Итого	9, 324	54	36	36	162	экзамен (36ч), зачет

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «*Физико-химические основы нанотехнологий*» направлено на достижение следующих целей ОПОП 28.03.02 «Наноинженерия»:

<i>Код цели</i>	<i>Формулировка цели</i>
Ц1	Подготовка выпускников к <i>научно-исследовательской и инновационной деятельности</i> в области нанотехнологий и нанодиагностики, в том числе междисциплинарных областях, связанных с выбором необходимых методов исследования, модифицирования существующих и разработки новых технологий исходя из задач конкретного исследования.
Ц2	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности</i> , включающей в себя участие в составе коллектива исполнителей в проведении расчетных и проектных работ при разработке процессов нанотехнологий
Ц3	Подготовка выпускников к <i>производственно-технологической деятельности</i> , обеспечивающей участие в составе коллектива исполнителей в работах по производству и контролю качества нанообъектов и изделий на их основе;
Ц5	Подготовка выпускников к <i>самообучению</i> и освоению новых профессиональных знаний и умений, непрерывному профессиональному <i>самосовершенствованию</i> .

Целями освоения дисциплины «*Физико-химические основы нанотехнологий*» являются отправные знания студентам для успешного изучения других дисциплин специального цикла, предусмотренных учебным планом. Ее содержание составляют теоретические и экспериментально проверенные закономерности процессов, приходящих со свойствами материалов и веществ, находящихся в виде частиц, обладающих наноразмерами (1-100 нм).

*Цели дисциплины:*

- дать представление об основных методах получения наноматериалов и наноструктур;
- сформировать понимание основных принципов взаимодействия наноструктур;
- сформировать умение применить основные результаты в практической деятельности.

*Задача дисциплины* - формирование теоретических, методических и практических знаний, умения использовать их в различных ситуациях и стремления к постоянному познанию нового.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина *Физико-химические основы нанотехнологий* относится к дисциплинам базовой части.

При ее освоении используются знания, полученные при изучении курсов «*Введение в наноинженерию*», «*Информатика*», «*Основы математического моделирования*», «*Химия*», «*Физика*». Знания в области названных наук необходимы бакалаврам для понимания и полного освоения вновь появившихся современных технологических процессов и проблем, возникающих с их использованием в машиностроительном производстве.

Подготовка в области специальных дисциплин вооружает бакалавров теоретическими и практическими знаниями объектов исследования и принципов их функционирования

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 28.03.02:

**Р1, Р2, Р3, Р4, Р5, Р6, Р9** (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 28.03.02).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения, согласующиеся с формируемыми компетенциями ОПОП:

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7):

*знать* правила составления планов самостоятельной работы по изучению отдельных вопросов дисциплины;

*уметь* составлять план самостоятельной работы;

*владеть* навыками самостоятельного изучения отдельных вопросов дисциплины;

способностью проводить информационный поиск по отдельным объектам исследований (ПК-3):

*знать*: основное назначение компьютерных технологий в проведении информационного поиска;

*уметь*: использовать офисные программы для подготовки и проведения информационного поиска;

*владеть*: навыками оформления информационного поиска доступными средствами;

способностью осуществлять подготовку данных для составления обзоров и отчетов (ПК-4):

*знать*: виды ресурсов, необходимые для выполнения обзоров и отчетов;

*уметь*: обобщать информацию по использованию и формированию данных обзоров и отчетов;

*владеть*: простейшими методами формирования данных обзоров и отчетов;

способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проектных работах по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе (ПК-7):

*знать*: основные правила общения и работы в коллективе;

*уметь*: распределять обязанности при организации работы в коллективе исполнителей;

*владеть*: основными приемами работы в коллективе в качестве исполнителя;

способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в эксплуатации и техническом обслуживании технологических систем, используемых при производстве наноматериалов, изделий на их основе, контроле качества оборудования (ПК-11):

*знать*: физико-химические основы получения наноматериалов и нанопокрываний на имеющихся в распоряжении вуза установках;

*уметь*: в составе группы под руководством преподавателя или инженера исследователя изменять физические и химические параметры технологических систем и установок;

*владеть*: в составе группы навыками расчета и прогнозирования физико-химических параметров технологических систем по производству наноматериалов и покрытий, имеющихся в распоряжении вуза;

способностью составлять частное техническое задание (ПК-12):

*знать*: особенности технических заданий на разработку новых материалов и покрытий и их технологических процессов;

*уметь:* разработать структуру и порядок технического задания на технологический процесс получения наноматериалов и покрытий;

*владеть:* навыками определения физических и химических параметров для составления технического задания на получение наноматериалов и технологических процессов;

способностью управлять небольшой группой и оказывать помощь равным по квалификации и подчиненным (ПК-13):

*знать:* физико-химические основы наноинженерии новых материалов и покрытий;

*уметь:* распределять функции в составе группы по определению и расчету конкретных физических и химических параметров установок, имеющихся в распоряжении вуза;

*владеть:* методами обмена и передачи открытой информации по физико-химическим основам наноинженерии для установок и систем, имеющихся в распоряжении вуза.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единицы, 324 часов.

4 семестр: трудоемкость составляет 4 зачетных единицы, 144 часов.

№ п/п	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, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Основные физико- химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии</b>	4									
1.1	Взаимодействие потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц. Взаимодействие потока жидких и твердых наночастиц с поверхностью подложки		1-2	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>
1.2	Адсорбция и десорбция кластеров и молекул. Молекулярные кластеры. Коллоидные и твердотельные кластеры		3-4	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	
1.3	Основы нанохимии. Хемосорбция и реакции в газовой фазе. Катализ. Крионанохимия		5-6	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ)</b>										
2.1	Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии		7-8	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №2</i>
2.2	Процессы под иглой		9-	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	

	спектрального туннельного микроскопа (СТМ)		10								
2.3	Процессы атомного силового микроскопа (АСМ)		11-12	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки</b>										
3.1	Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью		13-14	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №3</i>
3.2	Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке		15-16	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	
3.3	Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу		17-18	4	2	2	-	4	-	4 / 50%	
Всего за 4 семестр				36	18	18	-	36	-	36 / 50%	Экзамен (36ч)

5 семестр: трудоемкость составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

№ п/п	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, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР			
<b>1</b>	<b>Раздел 4. Тенденции развития различных методов нанотехнологии</b>	5										
1.1	Тенденции микроминиатюризации изделий, появление микро- и нанотехники (микродатчики, микродвигатели, микросборки).		1-2	2	2	2	-	14	-	3 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>	
1.2	Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники.		3-4	2	2	2	-	14	-	3 / 50%		
1.3	Понятия: микро- и нанотехнология, микрообработка, эионные процессы и оборудование.		5-6	2	2	2	-	14	-	3 / 50%		
<b>2</b>	<b>Раздел 5. Микротехнологии и нанотехнологии</b>											
2.1	Микротехнология - технология планарной обработки конструкционных материалов с возможностью локализации воздействий в микронном и субмикронном диапазоне		7-8	2	2	2	-	14	-	3 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №2</i>	
2.2	Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0-мерных и 1-мерных	9-10	2	2	2	-	14	-	3 / 50%			
2.3	Получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных и 3-мерных, а также приборов и устройств на их основе.	11-12	2	2	2	-	14	-	3 / 50%			
<b>3</b>	<b>Раздел 6. Основы микро- и нанообработки</b>											
3.1	Микрообработка - виды групповой размерной обработки материалов с локализацией зон воздействия.	13-14	2	2	2	-	14	-	3 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №3</i>		
3.2	Основные виды: микроудаление материала, модификация свойств	15-	2	2	2	-	14	-	3 / 50%			

	поверхности, нанесение микрослоев материала.		16								
3.3	Примеры технологических процессов с использованием микро- и нанообработки.		17 - 18	2	2	2	-	14	-	3 / 50%	
Всего за 5 семестр				18	18	18	-	12 6	-	27 / 50%	зачет
Итого				54	36	36		16 2		63 / 50%	

## Практические занятия

### 4 семестр

1. Молекулярно-кинетические свойства нанодисперсных систем с жидкой и газовой дисперсной средой.
2. Оптические свойства нанодисперсных частиц.
3. Дисперсионный анализ полидисперсных систем.
4. Физико-химические закономерности процессов, протекающих в нанопористых системах.
5. Физико-химические закономерности образования нанокластеров.

### 5 семестр

1. Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники.
2. Микрообработка, эллионные процессы и оборудование.
3. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0-мерных (наночастицы и квантовые точки).
4. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) 1-мерных (нанопроволка, нанотрубки, квантовые линии).
5. Основные виды: микроудаление материала, модификация свойств поверхности, нанесение микрослоев материала

## Лабораторные работы

### 4 семестр

1. Изучение конструкции атомно-силового микроскопа. Режим сканирующей туннельной микроскопии (СТМ). Закрепление и обновление СТМ – иглы. Крепление образца в СТМ-режиме.
2. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Установка СТМ – столика. Включение и настройка СТМ-режима.
3. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Выбор области сканирования. Выбор параметров сканирования.
4. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Подвод иглы к образцу. Сканирование образца и настройка параметров.
5. Режим атомно-силовой микроскопии (АСМ). Установка кантилевера в АСМ-стол. Установка образца для АСМ-режима. Подвод и сканирование в АСМ-режиме.

### 5 семестр

1. Исследование термодинамических функций реальных металлических систем при заданных условиях.
2. Термодинамика окисления углерода при окислительном рафинировании углеродистой стали.
3. Исследование процесса ликвационного рафинирования расплавов от металлических примесей.
4. Исследование СВС-процессов при получении литейных сплавов и лигатур.
5. Выбор составов сплавов по заданным критериям оптимизации.
6. Металлографические исследования строения сплавов.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются следующие формы образовательных технологий:

- при проведении практических занятий используется проблемный метод, в результате чего обучающиеся знакомятся с поставленными задачами и могут оценить альтернативные варианты их решения;

- при проведении лабораторных занятий реализуется технология коллективной мыследеятельности: создаются малые группы студентов (2-3) человека, которые разрабатывают различные варианты решения поставленной задачи, используемые законы и формулы, перечень прогрессивных технологий, схемы диагностики и др. После этого представитель каждой группы обосновывает разработанный вариант практических действий, направленных на решение поставленной задачи, а затем происходит обсуждение достоинств и недостатков каждого из вариантов. В конце интерактивного обучения итог подводит преподаватель, который обосновывает наиболее рациональный вариант достижения цели. Выбранный вариант реализуется на практическом занятии. Вся учебная группа студентов работает параллельно над разными модулями практических занятий;

- экскурсии по лабораториям научного образовательного центра «Нанотехнологии» университета, где установлена и функционирует установка для плазменного напыления режущих инструментов износостойкими покрытиями и эксплуатируется металлорежущее оборудование с ЧПУ, выпущенное передовыми станкостроительными компаниями Германии и Японии. В ходе экскурсии обучающиеся знакомятся с современными металлорежущими станочными системами, технологической оснасткой и контрольно-измерительными приборами и организуются встречи обучающихся со специалистами, обслуживающими современное оборудование и выпускающими высокоточную машиностроительную продукцию.

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

### **4 семестр**

#### *Вопросы к рейтинг-контролю №1*

1. Метод совместного осаждения.
2. Способ восстановления и термического разложения.
3. Метод гидролиза.
4. Термолиз.
5. Метод физического парофазного осаждения.
6. Методики организации PVD-процесса.
7. Химическое парофазное осаждение.
8. Плазменные методы активации.
9. Адсорбция кластеров и молекул
10. Десорбция кластеров и молекул.

#### *Вопросы к рейтинг-контролю №2*

1. Способы получения изображения поверхности при сканирующей зондовой микроскопии.
2. Когда осуществляется контакт зонда и образца в туннельном микроскопе?
3. Как производится исследование микрорельефа поверхности и ее локальных свойств в сканирующих зондовых микроскопах?
4. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.
5. Сканеры на основе биморфных пьезоэлементов.
6. Система обратной связи.
7. Принцип работы спектрального туннельного микроскопа.
8. Схема туннелирования электронов через потенциальный барьер в туннельном микроскопе.
9. Принцип работы атомно-силового микроскопа.
10. Регистрация малых сил (единиц наноньютонов) и применение острых зондов.
11. Механическая система атомно-силового микроскопа.
12. Зонд в атомно-силовой микроскопии.

### *Вопросы к рейтинг-контролю №3*

1. По каким признакам классифицируются процессы взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью твердого тела?
2. Охарактеризуйте эффекты взаимодействия ускоренных ионов с поверхностью.
3. Что такое коэффициент распыления? Какими параметрами он определяется?
4. Что включает понятие многоканальности гетерогенного плазменного процесса.
5. Что включает понятие многостадийности гетерогенного плазменного процесса? Что такое лимитирующая стадия процесса?
6. Назовите режимы протекания гетерогенной химической реакции в плазме. В чем заключаются их отличия?
7. Как оценить летучесть продуктов взаимодействия ХАЧ с поверхностью? Как влияет эта величина на режим проведения процесса и его скорость?
8. Охарактеризуйте основные особенности адсорбционно-десорбционных процессов ХАЧ.
9. Какими факторами определяется зависимость скорости гетерогенного плазменного процесса от операционных параметров процесса.
10. Охарактеризуйте основные механизмы десорбции продуктов взаимодействия, назовите их кинетические характеристики.
11. Назовите основные особенности плазменного травления полупроводниковых материалов – Si, GaAs.
12. Назовите основные особенности плазменного травления меди и алюминия.

### *Вопросы к экзамену*

1. Метод совместного осаждения.
2. Способ восстановления и термического разложения.
3. Метод гидролиза.
4. Термолиз.
5. Метод физического парофазного осаждения.
6. Методики организации PVD-процесса.
7. Химическое парофазное осаждение.
8. Плазменные методы активации.
9. Адсорбция кластеров и молекул
10. Десорбция кластеров и молекул.
11. Способы получения изображения поверхности при сканирующей зондовой микроскопии.
12. Когда осуществляется контакт зонда и образца в туннельном микроскопе?
13. Как производится исследование микрорельефа поверхности и ее локальных свойств в сканирующих зондовых микроскопах?
14. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.
15. Сканеры на основе биморфных пьезоэлементов.
16. Система обратной связи.
17. Принцип работы спектрального туннельного микроскопа.
18. Схема туннелирования электронов через потенциальный барьер в туннельном микроскопе.
19. Принцип работы атомно-силового микроскопа.
20. Регистрация малых сил (единиц наноньютонов) и применение острых зондов.
21. Механическая система атомно-силового микроскопа.
22. Зонд в атомно-силовой микроскопии.
23. По каким признакам классифицируются процессы взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью твердого тела?
24. Охарактеризуйте эффекты взаимодействия ускоренных ионов с поверхностью.

25. Что такое коэффициент распыления? Какими параметрами он определяется?
26. Что включает понятие многоканальности гетерогенного плазменного процесса.
27. Что включает понятие многостадийности гетерогенного плазменного процесса? Что такое лимитирующая стадия процесса?
28. Назовите режимы протекания гетерогенной химической реакции в плазме. В чем заключаются их отличия?
29. Как оценить летучесть продуктов взаимодействия ХАЧ с поверхностью? Как влияет эта величина на режим проведения процесса и его скорость?
30. Охарактеризуйте основные особенности адсорбционно-десорбционных процессов ХАЧ.
31. Какими факторами определяется зависимость скорости гетерогенного плазменного процесса от операционных параметров процесса.
32. Охарактеризуйте основные механизмы десорбции продуктов взаимодействия, назовите их кинетические характеристики.
33. Назовите основные особенности плазменного травления полупроводниковых материалов – Si, GaAs.
34. Назовите основные особенности плазменного травления меди и алюминия.

### 5 семестр

#### *Вопросы к рейтинг-контролю №1*

1. Основные понятия и определения.
2. Тенденции микроминиатюризации изделий.
3. Появление микро- и нанотехники: интегральные и гибридные микросхемы.
4. Появление микро- и нанотехники: микродатчики.
5. Появление микро- и нанотехники: микродвигатели.
6. Появление микро- и нанотехники: микросборки.
7. Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники.
8. Понятия: микро- и нанотехнология.
9. Микрообработка.
10. Элементные процессы и оборудование.

#### *Вопросы к рейтинг-контролю №2*

1. Микротехнология - технология планарной обработки конструкционных материалов с возможностью локализации воздействий в микронном и субмикронном диапазоне не менее чем по двум координатам.
2. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0- мерных (наночастицы и квантовые точки),
3. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) 1- мерных (нанопроволока, нанотрубки, квантовые линии).
4. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных (нанопленки)
5. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных (нанопокртытия).
6. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 3-мерных (наноструктурированные объемные материалы).
7. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 3-мерных (нанопористые объемные материалы).
8. Нанотехнология – получение приборов и устройств на их основе.

#### *Вопросы к рейтинг-контролю №3*

1. Микрообработка - многочисленные виды групповой размерной обработки материалов с локализацией зон воздействия.
2. Основные виды микрообработки: микроудаление материала.

3. Основные виды микрообработки: модификация свойств поверхности.
4. Основные виды микрообработки: нанесение микрослоев материала.
5. Примеры технологических процессов с использованием микрообработки.
6. Примеры технологических процессов с использованием микрообработки.

#### *Вопросы к зачету*

1. Основные понятия и определения.
2. Тенденции микроминиатюризации изделий.
3. Появление микро- и нанотехники: интегральные и гибридные микросхемы.
4. Появление микро- и нанотехники: микродатчики.
5. Появление микро- и нанотехники: микродвигатели.
6. Появление микро- и нанотехники: микросборки.
7. Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники.
8. Понятия: микро- и нанотехнология.
9. Микрообработка.
10. Элионные процессы и оборудование.
9. Микротехнология - технология планарной обработки конструкционных материалов с возможностью локализации воздействий в микронном и субмикронном диапазоне не менее чем по двум координатам.
10. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0- мерных (наночастицы и квантовые точки).
11. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) 1- мерных (нанопроволока, нанотрубки, квантовые линии).
12. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных (нанопленки).
13. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных (нанопокртия).
14. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 3-мерных (наноструктурированные объемные материалы).
15. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 3-мерных (нанопористые объемные материалы).
16. Нанотехнология – получение приборов и устройств на их основе.
17. Микрообработка - многочисленные виды групповой размерной обработки материалов с локализацией зон воздействия.
18. Основные виды микрообработки: микроудаление материала.
19. Основные виды микрообработки: модификация свойств поверхности.
20. Основные виды микрообработки: нанесение микрослоев материала.
21. Примеры технологических процессов с использованием микрообработки.

#### **Самостоятельная работа студентов**

*Темы для самостоятельного изучения:*

Основные физико-химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии и наноинженерии

Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ)

Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки при нанесении покрытий.

#### *Тесты для проверки знаний по дисциплине*

1. Сопоставьте определения:
  - а) наночастицы;      частицы, размер которых меньше 5-10 нм;
  - б) нанокластеры;    частицы, размер которых меньше 100 нм;
  - в) нанопленки;      кристаллические вещества, размер которых меньше 100 нм;

г) нанокристаллы; вещества, состоящие из одного и более атомных слоев.

2. Что такое синергетика?

- а) наука о самоорганизующихся системах;
- б) наука о нанокристаллических материалах;
- в) наука о хаосе;
- г) наука об экономии энергии.

3. Что такое фуллерены?

- а) длинные углеродные структуры;
- б) кластеры из более чем 40 атомов углерода, по форме представляющие шароподобные каркасные структуры;
- в) наночастицы, растворенные в жидкой фазе;
- г) шарообразные молекулы, содержащие атомы, размером меньше 100 нм.

4. Что такое нанодисперсии?

- а) системы, состоящие из жидкой фазы с равномерно растворенными в ней наночастицами;
- б) системы, состоящие из нанокластеров;
- в) системы, состоящие из нанопористых веществ;
- г) системы, состоящие из нанопористого вещества.

5. Какие технологии относятся к технологии «сверху-вниз»?

- а) литография;
- б) эпитаксия;
- в) литография и конденсация;
- г) механическая обработка (измельчение).

6. Поставьте в правильной последовательности этапы литографии:

- а) экспонирование;
- б) химическое травление;
- в) нанесение фоторезистора.

7. В чем заключается технология «снизу-вверх»?

- а) основана на уменьшении размеров тел механической или иной обработки, вплоть до получения объектов нанометрового размера;
- б) сводится к получению наноразмерного объекта путем сборки наноматериалов из отдельных атомов и молекул.

8. Что такое эпитаксия?

- а) наращивание оксидной пленки на кристалле;
- б) ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого;
- в) получение наночастиц путем испарения из макроскопического тела атома;
- г) создание наноструктур на поверхности твердого тела.

9. Какие объекты называются кластерами?

- а) Кластерами называются нанообъекты, состоящие из большого числа атомов или молекул. Кластеры имеют наноразмеры по трем направлениям.
- б) Кластерами называются нанообъекты, состоящие из небольшого числа атомов или молекул. Кластеры имеют наноразмеры по трем направлениям.
- в) Кластерами называются нанообъекты, состоящие из небольшого числа атомов или молекул. Кластеры имеют наноразмеры по двум направлениям.

10. Кластерами называются нанообъекты, состоящие из большого числа атомов или молекул. Кластеры имеют наноразмеры по двум направлениям.

11. Магическими числами называются:

- а) Число атомов или молекул, при котором кластеры, состоящие из них, наиболее устойчивы.
- б) Число кластеров из атомов или молекул, при котором они наиболее устойчивы.
- в) Число атомов или молекул, при котором кластеры, состоящие из них, не устойчивы.
- г) Число кластеров из атомов или молекул, при котором они не устойчивы.

12. Набор магических чисел позволяет определить:

- а) Только число атомов или молекул в кластере.
- б) Путь формирования структуры и свойств макроскопического тела, начиная от отдельных кластеров.
- в) Путь формирования структуры макроскопического тела.
- г) Путь формирования структуры и свойств макроскопического тела, начиная от отдельных атомов и молекул.

13. Квантовые точки представляют собой:

- а) Двумерные квантовые ямы для электронов.
- б) Трехмерные квантовые ямы для атомов.
- в) Трехмерные квантовые ямы для молекул.
- г) Трехмерные квантовые ямы для электронов.

14. Полупроводниковые квантовые точки имеют размер:

- а) В несколько нанометров и содержат десятки и сотни атомов.
- б) В несколько десятков нанометров и содержат тысячи и сотни тысяч атомов.
- в) В несколько сотен нанометров и содержат сотни тысяч атомов.
- г) В несколько десятков нанометров и содержат миллионы атомов.

15. Квантовые точки представляют собой:

- а) Нерегулярные «островки» полупроводника на поверхности другого полупроводника, близкого по составу и структуре.
- б) Регулярные «островки» полупроводника на поверхности другого полупроводника, сильно отличающегося по составу и структуре.
- в) Нерегулярные «островки» полупроводника на поверхности металла, близкого по составу и структуре.
- г) Регулярные «островки» полупроводника на поверхности другого полупроводника, близкого по составу и структуре.

16. Квантовые точки называют «искусственными атомами» из-за:

- а) Дискретности энергетического спектра электрона в квантовой яме.
- б) Дискретности энергетического спектра атомов в кластере.
- в) Непрерывности энергетического спектра электрона в квантовой яме.
- г) Дискретности энергетического спектра электрона в атоме.

17. Вводя в кластер атомы других элементов, можно менять:

- а) Ничего.
- б) Только химические свойства.
- в) Только физические свойства.
- г) Физические и химические свойства.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*а) основная литература (библиотечная система ВлГУ):*

1. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроение, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.html>.
2. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Электронный ресурс] / Андриевский Р.А. - М.: БИНОМ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325177.html>.
3. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Старостин В.В. - М.: БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html>.
4. Особенности электропроводности наноструктурированных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. М. Аракелян [и др.]; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ). – Электронные текстовые данные (1 файл: 1,5 Мб). – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2015. – 108 с. ISBN 978-5-9984-0585-3.
5. Введение в фемтонанофотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов: учебное пособие/ С.М. Аракелян [и др.]; под общ. ред. С.М. Аракеяна. – Москва: Логос, 2015. – 743 с.: ил., табл. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (211 Мб). – С.М. Аракелян, А.О. Кучерик, В.Г. Прокошев, В.Г. Рау, А.Г. Сергеев - преподаватели ВлГУ. – ISBN 978-5-98704-812-2.

*б) дополнительная литература (библиотечная система ВлГУ):*

1. Физические и химические основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] / Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109888.html>.
2. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М.: БИНОМ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323784.html>.
3. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / Неволин В.К. - Издание 2-е, исправленное. - М.: Техносфера, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363820.html>.
4. Морозов В.В. Нанотехнологии в керамике: монография: в 2 ч. / В.В. Морозов, Э.П. Сысоев; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010-2011. — ISBN 978-5-9984-0075-9.  
Ч. 1: Наночастицы [Электронный ресурс]. — Электронные текстовые данные (1 файл: 18,5 Мб). — 2010. — 274 с.: ил. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 262-269. — Свободный доступ. — Adobe Acrobat Reader 4.0. — ISBN 978-5-9984-0056-8. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3076/1/00687.pdf>>.  
Ч. 2: Нанопленки, нанопокрyтия, наномембраны, нанотрубки, наностержни, нанопроволока [Электронный ресурс]. — Электронные текстовые данные (1 файл: 24,9 Мб). — 2011. — 167 с.: ил. — В надзаг.: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 159-165. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. — ISBN 978-5-9984-0137-4. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3055/1/00633.pdf>>.
5. Лазерное наноструктурирование материалов: методы реализации и диагностики [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.М. Аракелян [и др.]; Владимирский

- государственный университет (ВлГУ). — Электронные текстовые данные (1 файл: 11,2 Мб). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010. — 140 с.: ил., табл. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 138-139. — Свободный доступ. — Adobe Acrobat Reader 4.0. — ISBN 978-5-9984-0083-4. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2105/3/00698.pdf>>.
6. Микроструктуры, наноструктуры и гидродинамические неустойчивости, индуцированные лазерным излучением на поверхности твердых тел [Электронный ресурс]: монография / С.М. Аракелян [и др.]; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Электронные текстовые данные (1 файл: 11,7 Мб). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010. — 145 с.: ил., табл. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 133-144. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. — ISBN 978-5-9984-0094-0. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3067/1/00698.pdf>>.
  7. Сидоров Е.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Физико-химические основы литейного производства. Физическая химия систем и процессов" / Е.В. Сидоров). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010. — 44 с.
  8. Сидоров Е.В. Физико-химические основы литейного производства. Процессы кристаллизации и структурообразования [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Е. В. Сидоров; - Владимир: Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых (ВлГУ), 2011. — 229 с.: ISBN 978-5-9984-0166-4.
  9. Беляев И.В. Информационный каталог современного экспериментального оборудования и научных приборов на базе научно-образовательных организаций и ведущих предприятий Владимирской области / И.В. Беляев, В.А. Кечин, Г.А. Гладкий; Владимирская область, Администрация; НОЦ "Функциональные наноматериалы и ресурсосберегающие технологии" ВлГУ. — Владимир: Владимирский государственный университет Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых (ВлГУ), 2011. — 44 с.
  10. Кечин В.А. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине "Физико-химические основы синтеза сплавов" [Электронный ресурс] / В.А. Кечин, Е.С. Прусов; — Электронные текстовые данные (1 файл: 643 Кб). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2011. — 50 с.
  11. Пул, Чарльз П. (младший). Нанотехнологии: учебное пособие по направлению "Нанотехнологии": пер. с англ. / Ч.П. Пул-мл., Ф.Дж. Оуэнс. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: Техносфера, 2009. — 335 с.: ил., цв. ил. — (Мир материалов и технологий). — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-94836-201-4.
  12. Волков Г.М. Объемные наноматериалы: учебное пособие / Г.М. Волков. — Москва: КноРус, 2011. — 168 с.: ил., табл. — Библиогр.: с. 159. — ISBN 978-5-406-00866-9.
  13. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. — Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2008. — 365 с.: ил. — (Нанотехнология). — Библиогр.: с. 363. — ISBN 978-5-94774-724-9.
  14. Кечин В.А., Прусов Е.С. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физико-химические основы синтеза сплавов» / Владим. гос. ун-т; сост. В.А. Кечин, Е.С. Прусов. — Владимир, 2011. — 50 с

*в) периодические издания (библиотечная система ВлГУ):*

1. Нанотехнологии: наука и производство: информационно-аналитический журнал. — Москва: Образование плюс.
2. Нанотехнологии. Экология. Производство: научно-производственный журнал. — Санкт-Петербург: Издательский дом "Нанотех".
3. Российские нанотехнологии. — Москва: Парк-медиа.

з) Интернет-ресурсы

<a href="http://www.mashportal.ru/">http://www.mashportal.ru/</a>	<a href="http://www.soyuzmash.ru/">http://www.soyuzmash.ru/</a>
<a href="http://www.portalnano.ru/">http://www.portalnano.ru/</a>	<a href="http://www.ru-tech.ru/pub/nano">http://www.ru-tech.ru/pub/nano</a>
<a href="http://www.ntsр.info/">http://www.ntsр.info/</a>	<a href="http://www.nanotech.ru/">http://www.nanotech.ru/</a>
<a href="http://www.nanonewsnet.ru/">http://www.nanonewsnet.ru/</a>	<a href="http://nano-info.ru/">http://nano-info.ru/</a>
<a href="http://www.rusnanoforum.ru/">http://www.rusnanoforum.ru/</a>	<a href="http://www.iacnano.ru/">http://www.iacnano.ru/</a>
<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a>	<a href="http://www.nanoprom.net/">http://www.nanoprom.net/</a>
<a href="http://www.rusnano.com">www.rusnano.com</a>	<a href="http://www.nanobusiness.fi/">http://www.nanobusiness.fi/</a>
<a href="http://www.ntmdt.ru">http://www.ntmdt.ru</a>	<a href="http://www.nanoscopy.net">http://www.nanoscopy.net</a>

**Учебно-методические издания**

1. Жданов А.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Жданов А.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
3. Жданов А.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
4. Жданов А.В. Оценочные средства по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

- 1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
- 2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

**8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения учебного процесса по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» предусмотрено использование следующих лабораторий кафедры ТМС и НОЦ «Нанотехнологии» ВлГУ

**1. Лаборатория нанодиагностики и фемтосекундной лазерной техники (ауд. 118-4)**

*Краткая характеристика помещения:*

Общая площадь – 102 кв.м (2 этажа). 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), компьютерный класс на 16 посадочных мест; 2 этаж – вспомогательные помещения, кондиционер. Соответствуют нормам СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03,

СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.4.3.1186-03, ППБ 01-03, СНИП 21-01-97, СНИП 23-05, НПБ 104-03

*Оборудование:*

1) Чистая комната:

2) установка фемтосекундная лазерная "упорядоченного наноструктурирования"

(РФ):

- имеет 3 рабочих длины волны, ультрафиолет, зеленый, и инфракрасный луч.
- 2 участка обработки (100x100 мм; 20x20 мм с возможностью позиционирования с точностью до 2 нм)
- диаметр пучка около 60 микрон в случае поля 100x100 мм
- диаметр пучка от 0,5 микрон (зависит от используемого объектива)
- возможность обработки и диагностики проводящих, диэлектрических, прозрачных, непрозрачных материалов.

3) зондовая лаборатория "Интегра спектра" (РФ)

Уникальная интеграция Сканирующего Зондового Микроскопа с конфокальной микроскопией/спектроскопией люминесценции и комбинационного рассеяния (КР). Благодаря эффекту гигантского усиления КР позволяет проводить КР спектроскопию и получать изображения с разрешением в плоскости до 50 нм.

Система для конфокальной оптической микроскопии представляет собой комбинированную систему, включающую конфокальный сканирующий лазерный спектрометр высокого пространственного разрешения, оптический микроскоп и универсальный сканирующий зондовый микроскоп. Система способна работать в режиме регистрации пространственного, трехмерного распределения спектров люминесценции и комбинационного рассеяния света, а также в различных режимах сканирующей зондовой микроскопии, включая наноиндентацию, наноманипуляцию и нанолитографию.

Система для сканирующей зондовой микроскопии. Одновременно с оптическим наблюдением, ИНТЕГРА Спектра позволяет исследовать объект с помощью арсенала методов сканирующей зондовой микроскопии — АСМ, МСМ, СТМ, сканирующей ближнепольной микроскопии, силовой спектроскопии. Уникальное совмещение оптических и зондовых методов в одном приборе позволяет ставить комплексные эксперименты, в которых информация о распределении оптических свойств образца и его химического состава может быть наложена на распределение его механических, электрических, магнитных и других свойств.

Система для исследования оптических свойств объекта за пределом дифракции (флуоресценция, спектроскопия комбинационного рассеяния). Отличительной чертой Нанолaborатории ИНТЕГРА Спектра является возможность исследовать оптические свойства объектов за пределом дифракционных ограничений. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия и эффекты локального усиления комбинационного рассеяния (TERS — tip enhanced Raman scattering), дают возможность картировать распределение оптических свойств (пропускание, рассеяние, поляризация света и др.), а также осуществлять спектроскопию комбинационного рассеяния с разрешением до 50 нм в плоскости XY.

Применяется для исследования биологических объектов, контроля качества поверхностей оптических деталей, излучающих полупроводниковых структур, характеристик нанооптических и интегрально-оптических элементов, исследования характеристик нанoeлектронных элементов, в частности, спектров квантовых точек.

- Исследование соединительной ткани, ДНК, вирусов.
- Определение характеристик оконечных оптических устройств.
- Спектроскопические измерения.
- Контроль химических реакций.

4) дифрактометр малоуглового рассеяния SAXSess

Предназначен для анализа тонких пленок или жидкостей, может строить кристаллические решетки вещества, определять размер частиц от 10 до 100 нанометров в растворе. SAXSess позволяет исследовать нанометровые структуры от 0.2 нм до 150 нм. SAXSess

может работать в режиме линейной коллимации для быстрого сбора данных изотропных образцов и в режиме точечной коллимации для изучения анизотропных (ориентированных) образцов. Две системы могут работать одновременно в режимах линейной и точечной коллимации, используя один рентгеновский источник и одну систему детектирования. Широкий набор держателей образцов позволяют исследовать практически любые типы образцов от очень низких до высоких температур. Система TrueSWAXS™ делает возможным получение информации о наноструктуре и фазовом состоянии образца за одно измерение. Системы детектирования SAXSess не нуждаются в сервисном обслуживании и обеспечивают превосходное разрешение. Быстрый сбор и совершенная обработка экспериментальных данных. Система SAXSess включает в себя специальный пакет программного обеспечения для быстрого сбора и всесторонней обработки данных. Источник рентгеновского излучения используемый в SAXSess имеет следующие особенности: долговременная стабильность работы и минимальную стоимость эксплуатации. Современная многослойная фокусирующая оптика обеспечивает высокоинтенсивный монохроматический рентгеновский пучок. Улучшенная система блока коллимации даёт сформированный первичный рентгеновский пучок и эффективно убирает паразитное рассеяние. Она определяет разрешение системы и гарантирует низкий фон. температура очень точно контролируется в диапазоне от -150 до 300°C. Оценка данных включает базовую обработку данных (получение средних значений, вычитание фона и т.д.), моделирование, устранение размытий и аппроксимацию.

#### 5) *Двухлучевой сканирующий УФ/В спектрофотометр LAMBDA 25*

Двухлучевые сканирующие УФ/Вид спектрофотометры для рутинных и автоматических измерений. Эти приборы предназначены для различных промышленных, учебных, биологических и биохимических лабораторий и лабораторий по контролю окружающей среды. Они отличаются высокой стабильностью, гибкостью в выборе методов анализа, удобством представления и обработки полученных данных.

Ключевые особенности спектрофотометров серии Lambda:

Широкий выбор методов измерения – сканирование по длине волны, сканирование по времени (кинетические исследования) и количественный анализ (фотометрия)

Двухлучевая оптическая схема – высокие технические характеристики, точность и воспроизводимость получаемых данных

Высокая фотометрическая точность и низкий уровень шума – правильные и надежные результаты измерений при низких концентрациях аналита

Низкий уровень рассеянного света – измерения при высоких оптических плотностях

Встроенная система поверки прибора (IPV) – тестирование спектрофотометра на соответствие техническим характеристикам и требованиям GLP

Lambda 25 – спектрофотометр с фиксированной спектральной шириной щели 1 нм, соответствующий требованиям Американской, Европейской и другим национальным фармакопеям. Управление приборами, получение и обработка данных осуществляется с персонального компьютера с помощью ПО UV WinLab

Приборы могут комплектоваться кюветами различной длины и объема, системами автоматической смены кювет и термостатирования кювет (водяное и Пельтье); автодозатором, держателями для твердых образцов и гелей, интегрирующей сферой и волоконно-оптической системой для дистанционного анализа, приставками для анализа зеркального отражения и другими приставками и аксессуарами. Кроме того, на базе спектрофотометров могут быть сконфигурированы специальные системы для анализа растворимости лекарственных препаратов и проточно-инжекционная система для непрерывного поточного анализа.

#### б) *Многофункциональный планшетный анализатор VICTOR X3 (PerkinElmer)*

Многофункциональные анализаторы предназначены для различных видов детекции оптических сигналов в планшетном формате, за исключением радиометрических методов: фотометрия; УФ-фотометрия; флюоресценция; флюоресценция с разрешением по време-

ни; поляризационная флюоресценция; люминесценция; AlphaScreen; Label-Free. Анализаторы PerkinElmer обладают превосходной чувствительностью, гибкостью по предлагаемым конфигурациям под различные пользовательские задачи и многофункциональностью, непревзойденными техническими характеристиками. Анализаторы PerkinElmer широко известны во всем мире и завоевали неоспоримую репутацию. Анализаторы могут использоваться как для рутинных лабораторных исследований в научных и медицинских лабораториях, так и для высокопроизводительных приложений в фармацевтических и биотехнологических лабораториях. Области применения: молекулярная и клеточная биология; генетический анализ и генотипирование; иммуноферментный анализ и ферментативные реакции; анализ активности рецепторов и молекулярных взаимодействий; квантификация; токсикологические и бактериологические исследования и т.д. Анализаторы могут работать как самостоятельно, так и в составе многофункциональных роботизированных комплексов.

## **2. Лаборатория рентгеновской диагностики материалов (ауд. 108-4)**

*Оборудование:*

### *1. Рентгеновский дифрактометр Bruker D8 ADVANCE*

D8 ADVANCE – это самый современный, на сегодняшний день, лабораторный дифрактометр из представленных на рынке. D8 ADVANCE позволяет решать практически весь комплекс существующих задач в области порошковой дифрактометрии. В приборе реализована принципиально новая концепция построения модульных систем DAVINCI.DESIGN, которая существенно упрощает процесс конфигурирования дифрактометра. Переход от геометрии Брегг-Брентано к параллельно-лучевой оптике происходит максимально быстро благодаря новой рентгенооптической TWIN-системе, в которой совмещены традиционные щели и зеркало Гёбеля, переключение между которыми происходит автоматически. Новая рентгеновская TWIST-трубка позволяет осуществлять переключение между точечным и линейным фокусом.

Дифрактометр D8 ADVANCE дает возможность проводить исследования материалов в различных условиях: охладить до температуры 10 К, нагревать до 2000°C, создавать условия с повышенной влажностью. При анализе в комнатных условиях специальные загрузчики образцов позволяют автоматизировать процесс измерения.

Важной составляющей частью современного дифрактометра является детектор. Решения от Bruker AXS включают в себя полный спектр точечных и позиционно-чувствительных детекторов. В дифрактометре D8 ADVANCE можно использовать энергодисперсионный детектор нового поколения SOL-XE и уже зарекомендовавшие себя в различных дифрактометрах от Bruker AXS динамические сцинтилляционные детекторы и линейные детекторы LynxEye и VANTEC-1.

- Качественный и количественный анализ кристаллических фаз.
- Структурный анализ.
- Определение размеров кристаллитов.
- Анализ структурных изменений кристаллических фаз при изменении температуры, влажности и давления с использованием соответствующих камер.
- Быстрый анализ с применением позиционно-чувствительного детектора.
- Автоматический режим сбора данных и дальнейшая обработка результатов программным пакетом DIFFRAC<sup>®</sup>

### *2. Рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL ADVANT X Thermo Scientific (USA)*

Технические характеристики:

- высокоэффективная рентгеновская трубка 4-го поколения с Rh анодом и тонким торцевым Be окном (0,075 мм);
- максимальная мощность 5 кВт;
- пропорциональный проточный детектор (3000 имп/сек);
- системы вращения проб и программируемых коллиматорных масок;
- диапазон анализируемых концентраций от 0,0001 до 100 %;

- двухкоординатный пробоподатчик на 98 кодированных позиций для проб в кассетах.

Направления использования:

- элементный анализ от Be до U (от ppb до 100%) образцов в виде металлов, прессованного и свободного порошка, стёкол и жидких проб;
- анализ масел, полимеров, цемента, горных пород, стёкол, металлов, руд, огнеупоров, геологических материалов.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС  
ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

Рабочую программу составил Жданов А.В.   
(ФИО, подпись)

Рецензент (представитель работодателя):  
ЗАО «Рост-Плюс», генеральный директор

  
Заморников А.А.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

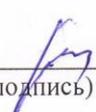
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 9/1 от 21.04.2016 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В.   
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 9/1 от 21.04.2016 года

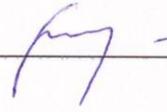
Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В.   
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 29.08.2017 года

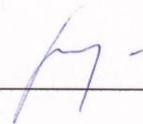
Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 2018/2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 3.09.2018 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_



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

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

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_