

2016

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор\*  
по учебно-методической работе

\_\_\_\_\_ А.А.Панфилов

« 14 » 01 \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	4 / 144	18	36	-	90	зачет
Итого	4 / 144	18	36	-	90	зачет

Владимир 2016

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Код цели	Формулировка цели
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 (Б1.Б.25).

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 4 зачетных единицы, 144 час.

№ 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	2	4	-	-	10	-	3 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>
1.2	Адсорбция и десорбция кластеров и молекул. Молекулярные кластеры. Коллоидные и твердотельные кластеры		3-4	2	4	-	-	10	-	3 / 50%	
1.3	Основы нанохимии. Хемосорбция и реакции в газовой фазе. Катализ. Крионанохимия		5-6	2	4	-	-	10	-	3 / 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	2	4	-	-	10	-	3 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №2</i>
2.2	Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ)		9-10	2	4	-	-	10	-	3 / 50%	
2.3	Процессы атомного силового микроскопа (АСМ)		11-12	2	4	-	-	10	-	3 / 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	2	4	-	-	10	-	3 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №3</i>
3.2	Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке		15-16	2	4	-	-	10	-	3 / 50%	
3.3	Гетерогенные химические реакции в условиях ННПП: основные понятия и подходы к анализу		17-18	2	4	-	-	10	-	3 / 50%	
Всего				18	36	-	-	90	-	27 / 50%	Зачет

## Практические занятия

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-столлик. Установка образца для АСМ-режима. Подвод и сканирование в АСМ-режиме.
6. Молекулярно-кинетические свойства нанодисперсных систем с жидкой и газовой дисперсной средой.
7. Оптические свойства нанодисперсных частиц.
8. Дисперсионный анализ полидисперсных систем.
9. Физико-химические закономерности процессов, протекающих в нанопористых системах.
10. Физико-химические закономерности образования нанокластеров.

## 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;

- 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

### *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 зачету*

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.

### **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.



## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

1. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Электронный ресурс] / Андриевский Р.А. - М.: БИНОМ, 2014. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325177.html>.
2. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Старостин В.В. - М.: БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.html>.
3. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроение, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.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. — ISBN 978-5-98704-812-2.

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

1. 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.
2. 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>>.
3. 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. 2: Нанопленки, нанопокртия, 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>>.
4. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / Неволин В.К. - Издание 2-е, исправленное. - М.: Техносфера, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363820.html>.
5. Трифонова, Т.А. Экологическая безопасность наночастиц, наноматериалов и нанотехнологий: учебное пособие / Т.А. Трифонова, Л.А. Ширкин; Владимирский госу-

- дарственный университет (ВлГУ). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2009. — 62 с. — ISBN 978-5-89368-933-4.
6. 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.
  7. 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.

*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.

*г) 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 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/>
3. 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 микрометров в случае поля 100x100 мм
- диаметр пучка от 0,5 микрометров (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.

## Особенности

- Острые АСМ зонда и фокус лазерного пучка могут быть спозиционированы друг относительно друга с высокой точностью (необходимо для получения максимального эффекта КР-TERS).
- При использовании оптической схемы "на просвет" высокотемпературный объектив жестко встроен в основание АСМ. Это обеспечивает долговременную стабильность системы, необходимую для работы со слабыми сигналами.
- Часть отраженного излучения используется для построения конфокального лазерного отражения.
- Низкошумящая CCD камера с охлаждением до  $-70^{\circ}\text{C}$  (квантовая эффективность до 90%) служит высокочувствительным детектором.
- В качестве альтернативного детектора можно использовать лавинный фотодиод.
- Гибкий выбор поляризационных устройств.
- Все компоненты системы (АСМ, оптические и механические устройства) интегрированы с помощью единого программного обеспечения. Большинство ключевых узлов и устройств системы (лазеры, решетки, диафрагмы, поляризаторы и т.д.) можно выбирать и / или настраивать прямо из программы.
- Три разных схемы для работы с TERS.

Применяется для исследования биологических объектов, контроля качества поверхностей оптических деталей, излучающих полупроводниковых структур, характеристик нанооптических и интегрально-оптических элементов, исследования характеристик наноэлектронных 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  $300^{\circ}\text{C}$ . Существует большой выбор держателей под самые разные типы образцов. Полупрозрачный отсекающий первичного пучка позволяет точно определить нулевой угол рассеяния и измерить интенсивность первичного пучка для определения коэффициента пропускания образца можно получать данные о мало- и широкоугловом рассеянии за одно измерение на одном и том же образце. Система SAXSess предлагает две высококлассные системы детектирования, которые можно использовать аль-

тернативно на одном приборе SAXSess без необходимости изменения его настроек или конфигурации: • Система детектирования чувствительными пластинами обладает широким линейным динамическим диапазоном и покрывает углы рассеяния 2 до 40°. • Система детектирования CCD даёт возможность проводить автоматизированные измерения SAXS и измерения онлайн процессов во времени. Мощное и простое в работе программное обеспечение. Вместе с прибором SAXSess поставляется мощный пакет программ для сбора и оценки данных малоуглового рентгеновского рассеяния (SAXS). Оценка данных включает базовую обработку данных (получение средних значений, вычитание фона и т.д.), моделирование, устранение размытий и аппроксимацию.

#### 5) *Двухлучевой сканирующий УФ/Вид 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.

#### 6) *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 времени; 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 мо-

гут работать как самостоятельно, так и в составе многофункциональных роботизированных комплексов.

Технологии детекции *Флюоресценция*: Измерение соотношения флюоресценции на двух длинах волн, Измерение флюоресценции снизу и сверху планшеты; *Поляризационная флюоресценция*; *Флюоресценция, отсроченная по времени (TRF)*: Двухоконная TRF, Измерение эмиссии на двух длинах волн; *Люминесценция*: Постоянная люминесценция (Glow), Импульсная люминесценция (Flash), Двойная (комбинированная) люминесценция; *Фотометрия в видимой области*; *УФ-фотометрия*

*Формат планшет*: 1 - 1536-луночные планшеты *Встроенный шейкер*: три режима: линейный орбитальный, двойной орбитальный *Встроенный температурный контроль*: от + 2°C выше тем-ры окр. среды до 50°C *Опции*: диспенсеры 1-4 канала; стекеры на 20 или 50 планшет; считыватель штрих-кодов; различные фильтры; ФЭУ красной области спектра для усовершенствования работы по технологиям LANCE и TR-FRET

## **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>P</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 к.т.н., доцент Жаюпов 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 № 5/1 от 14.01.2016 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 № 5/1 от 14.01.2016 года

Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В.

(ФИО, подпись)

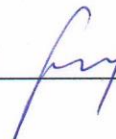


**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 7 от 6.08.2017 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. \_\_\_\_\_

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

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

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