

2013, 2014

**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-МЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ НАНОСИСТЕМ**  
 (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	3 / 108	18	36		54	зачет
Итого	3 / 108	18	36		54	зачет

Владимир 2016

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Физико-механические компоненты наносистем» 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

Целями освоения дисциплины «Физико-механические компоненты наносистем» являются отработанные знания студентам для успешного изучения других дисциплин специального цикла, предусмотренных учебным планом. Ее содержание составляют теоретические и экспериментально проверенные закономерности процессов, происходящих 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-механические компоненты наносистем» относится к обязательным дисциплинам вариативной части.

При ее освоении используются знания, полученные при изучении курсов «Введение в наноинженерию», «Информатика», «Основы математического моделирования», «Химия».

Знания в области названных наук необходимы бакалаврам для понимания и полного освоения вновь появившихся сравнительно недавно 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, Р4, Р5** (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:

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

способностью в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно- измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов (ПК-1):

*знать* основные физико-механические компоненты нано-систем, тенденции микроминиатюризации изделий, микро и нано-техники, микро- и нано- обработки;

*уметь* использовать основные виды микро- и нано- обработки для разработки макетов изделий и их модулей и определения технических характеристик макетов;

*владеть* способностью использовать базовые физико-механические компоненты нано- систем при построении макетов изделий и их модулей, для определения технических характеристик макетов;

способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические) (ПК-6):

*знать* основы расчетов физико-механических компонентов наносистем при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий;

*уметь* выделить необходимые методики расчетов физико-механических компонентов наносистем при проектировании электронных, механических, оптических изделий;

*владеть* в составе коллектива методиками расчетов физико-механических компонентов наносистем при проектировании электронных, механических, оптических изделий.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Семестр	Номер недели семестра	Раздел дисциплины	Вид учебной работы и трудоемкость (час)				Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах/%)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа		
1.	4-й		<b>Основные физико- механические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.</b>						
1.1		1	Основные понятия и определения.	2	4	-	6	1,5/25%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>
1.2		3	Тенденции микроминиатюризации изделий, появление микро- и нанотехники (микродатчики, микродвигатели, микросборки). Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники	2	4	-	6	1,5/25%	
1.3		5	Понятия: микро- и нанотехнология, микрообработка, элионные процессы и оборудование.	2	4	-	6	1,5/25%	
2.			<b>Микротехнологии и нанотехнологии.</b>						
2.1		7	Микротехнология - технология планарной обработки конструкционных материалов с возможностью локализации воздействий в микронном и субмикронном диапазоне.	2	4	-	6	1,5/25%	<i>Рейтинг-контроль №2</i>
2.2		9	Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0-мерных и 1-мерных	2	4	-	6	1,5/25%	
2.3		11	Получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных и 3- мерных, а также приборов и устройств на их основе.	2	4	-	6	1,5/25%	
3.			<b>Основы микро- и нанообработки.</b>						
3.1		13	Микрообработка - виды групповой размерной обработки материалов с локализацией зон воздействия.	2	4	-	6	1,5/25%	<i>Рейтинг-контроль №3</i>
3.2		15	Основные виды: микроудаление материала, модификация свойств поверхности, нанесение микрослоев материала.	2	4	-	6	1,5/25%	
3.3		17	Примеры технологических процессов с использованием микро- и нанообработки.	2	4	-	6	1,5/25%	
<b>Всего</b>				<b>18</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>13,5/25%</b>	<b>зачет</b>

## **Практические занятия**

*Практические работы* предусматривают:

Практическая работа № 1. Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники.

Практическая работа № 2. Микрообработка, элионные процессы и оборудование.

Практическая работа № 3. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0-мерных (наночастицы и квантовые точки).

Практическая работа № 4. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) 1-мерных (нанопроволка, нанотрубки, квантовые линии).

Практическая работа №5. Основные виды: микроудаление материала, модификация свойств поверхности, нанесение микрослоев материала.

## **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 практических занятий реализуется технология коллективной мыследеятельности: создаются малые группы студентов (2-3) человека, которые разрабатывают различные варианты прогрессивных лезвийных и абразивными инструментом, схемы абразивной нанотехнологии и др. После этого представитель каждой группы обосновывает разработанный вариант практических действий, направленных на решение 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 работает параллельно над разными модулями практических занятий;

- экскурсии по лабораториям НОЦ «Нанотехнологии» университета, где установлены и функционируют установки для напыления режущих инструментов износостойкими покрытиями и эксплуатируется реактор для производства углеродных нанотрубок, действует лаборатории нанодиагностики и фемтосекундной лазерной техники и рентгеновской диагностики материалов. В ходе экскурсии обучающиеся знакомятся с современными приборами диагностики наноматериалов, устройством основных установок для получения наноструктурированных покрытий и объемных материалов, технологической оснасткой и контрольно-измерительными приборами и организуются встречи обучающихся со специалистами, обслуживающими современное диагностическое оборудование и технологические аппараты для выпуска наноматериалов.

## **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. 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.

### *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 (нанопокрyтия).
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 нанообработки.

### *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.
11. Микротехнология - технология планарной обработки конструкционных материалов с возможностью локализации воздействий в микронном и субмикронном диапазоне не менее чем по двум координатам.
12. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0- мерных (наночастицы и квантовые точки).
13. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) 1- мерных (нанопроволока, нанотрубки, квантовые линии).
14. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных (нанопленки).
15. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 2-мерных (нанопокртия).
16. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 3-мерных (наноструктурированные объемные материалы).
17. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами 3-мерных (нанопористые объемные материалы).
18. Нанотехнология – получение приборов и устройств на их основе.
19. Микрообработка - многочисленные виды групповой размерной обработки материалов с локализацией зон воздействия.
20. Основные виды микрообработки: микроудаление материала.
21. Основные виды микрообработки: модификация свойств поверхности.
22. Основные виды микрообработки: нанесение микрослоев материала.
23. Примеры технологических процессов с использованием микрообработки.
24. Примеры технологических процессов с использованием нанообработки.

### **Самостоятельная работа студентов**

*Темы для самостоятельной работы студентов:*

Основные физико- механические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.

Микротехнологии и нанотехнологии.

Основы микро- и нанообработки.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

1. 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. <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4346/1/01453.pdf>.
2. Введение в фемтонанопластику: 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.
3. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроение, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.html>.
4. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Старостин В.В. - М.: БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html>.

### *б) дополнительная литература (библиотечный фонд ВлГУ):*

1. 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>>.
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. 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>>.
3. 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.
4. 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>>.
5. 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>>.
  6. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / Неволин В.К. - Издание 2-е, исправленное. - М.: Техносфера, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363820.html>.
  7. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс] / Шишкин Г.Г. - М.: БИНОМ, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996314430.html>.
  8. 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.
  9. 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.
  10. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. — Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2008. — 365 с.: ил. — (Нанотехнология). — Библиогр.: с. 363. — ISBN 978-5-94774-724-9.
  11. Витязь, П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс]: учеб. пос. / П.А. Витязь, Н.А. Свидунович. - Минск: Выш. шк., 2010. - 302 с. - ISBN 978-985-06-1783-5.

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

1. Научоёмкие технологии в машиностроении: научно-технический журнал — М.: Машиностроение.
2. Наноинженерия: научно-технический журнал. — Москва: Машиностроение.
3. Российские нанотехнологии - научно-технический(электронный) журнал. — [http://www.nanorf.ru/events.aspx?cat\\_id=155](http://www.nanorf.ru/events.aspx?cat_id=155)
4. Нанотехнологии. Экология. Производство научно-технический (электронный) журнал <http://www.nanonewsnet.ru/category>

*в) Интернет-ресурсы:*

- |   |   |
|---|---|
| <a href="http://do.nano.fcior.edu.ru/">http://do.nano.fcior.edu.ru/</a> | <a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a>             |
| <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

**Шинаков И.В.** Методические указания к практическим работам по дисциплине «**Физико-механические компоненты наносистем**» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. **Шинаков И.В.**; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

**Шинаков И.В.** Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «**Физико-механические компоненты наносистем**» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. **Шинаков И.В.**; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

**Шинаков И.В.** Оценочные средства по дисциплине «**Физико-механические компоненты наносистем**» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. **Шинаков И.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-механические компоненты наносистем*» предусмотрено использование следующих лабораторий кафедр 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:*

*1.1. Чистая комната:*

*1.2. 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.

### 1.3. 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 Нанолаборатории 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:

- ✓ Острие 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 нанoeлектронных элементов, в частности, спектров квантовых точек, применяется при

исследованиях соединительной ткани, ДНК, вирусов, определении характеристик оконечных оптических устройств, спектроскопических измерениях, контроле химических реакций.

#### *1.4. 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. 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 альтернативно 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.

#### *1.5. 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 высокая производительность 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.

#### *1.6. 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; флуоресценция; флуоресценция с разрешением по времени; поляризационная флуоресценция; 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. Технологии детекции. *Флуоресценция:* Измерение соотношения флуоресценции на двух длинах волн, Измерение флуоресценции снизу и сверху планшеты; *Поляризационная флуоресценция;* *Флуоресценция, 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:*

### *2.1. 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<sup>o</sup>С, 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>

## 2.2. 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 прободатчик 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 Шеняков С.В.

(ФИО, подпись)

Рецензент (представитель работодателя):  
ЗАО «Рост-Плюс», заместитель директора

Ионов В.В.

(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)