

**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**

**«Оборудование нанотехнологичного производства»**

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)
7	4, 144	18	-	36	54	экзамен (36ч)
Итого	4, 144	18	-	36	54	экзамен (36ч)

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Оборудование нанотехнологического производства» 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

**Целью** освоения дисциплины «Оборудование нанотехнологического производства» являются: получение студентами знаний о новых разработках и типах отечественного и импортного оборудования, используемого в технологических процессах получения наноматериалов, устройстве и принципах действия оборудования, предназначенных для различных технологических процессов.

На лабораторных работах студенты закрепляют знания теоретического материала, полученного на лекционных занятиях, и приобретают практические навыки проведения небольших по объему экспериментальных исследований по изучаемым темам в условиях научно-исследовательских лабораторий кафедры технологии машиностроения университета.

**Задачи** изучения дисциплины:

- изучение математического аппарата, используемого в САПР наносистем;
- изучение автоматизированного проектирования наносистем на основе различных моделей элементов наносистем (классические модели, полуклассические модели; модели, основанные на квантовой механике);
- изучение автоматизированного проектирования наносистем на основе макромоделей;
- изучение конструкторского проектирования наносистем.

**Виды** учебной работы: лекции, лабораторная работы. Изучение дисциплины заканчивается экзаменом в 7-м семестре.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Оборудование нанотехнологического производства» относится к обязательным дисциплинам вариативной части.

Данная дисциплина по своему содержанию и логическому построению в учебном процессе подготовки бакалавра связана непосредственно с такими дисциплинами как «Автоматизированное проектирование наносистем», «Обработка материала с использованием инструмента с нанопокрытием» и др. Студенты должны знать основы математики, физики, владеть знаниями в области химии, иметь навыки анализа и обобщения научной информации. Изучение данной дисциплины необходимо для выполнения выпускной квалификационной работы.

### 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, 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:

- готовностью в составе коллектива исполнителей участвовать во внедрении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики (ПК-2):

**знать:**

- методики внедрения результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок;

**уметь:**

- в составе коллектива исполнителей участвовать во внедрении результатов проектирования;

**владеть:**

- навыками внедрения результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок;

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

**знать:**

- особенности проведения проектных работ;

**уметь:**

- в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении проектных работ;

**владеть:**

- навыками проведения проектных работ.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7 семестр: общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Контрольная работа	СРС		
1	<b>Раздел 1.</b> 1.1. Введение, основные понятия и определения. Основы оборудования нанотехнологического производства. 1.2. Оборудование для получения нанотрубок и фуллеренов 1.3. Лазерное оборудование (покрытия, перфорация, спекание и др.)	7	1-6	6	12			18	9 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>
2	<b>Раздел 2.</b> 2.1. Оборудование для получения нанопорошков. 2.2. Оборудование для получения объемных наноматериалов 2.3. Оборудование для нанесения наноструктурированных покрытий.	7	7-12	6	12			18	9 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №2</i>
3	<b>Раздел 3.</b> 3.1. Оборудование для измерения и диагностики нанопокровтий. 3.2. Оборудование для получения устройств электроники	7	13-18	6	12			18	9 / 50%	<i>Рейтинг-контроль №3</i>
	<b>Всего за 7-й семестр</b>			<b>18</b>	<b>36</b>			<b>54</b>	<b>27 / 50%</b>	<b>Экзамен (36 ч.)</b>

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

На лекциях и лабораторных работах используются активные формы обучения, включающие компьютерные симуляции, деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, проблемное изложение материала, постановку и разрешение проблем при активном участии студентов, а также такие формы активизации студентов как защита рефератов, презентации и доклады на студенческих научных конференциях, выполнение индивидуальных заданий, участие в НИРовских работах, выполняемых на кафедре.

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

### **Вопросы для проведения рейтинг-контроля №1**

1. Оборудование – это.
2. Нанотехнологии – это.
3. Что представляют нанообъекты.
4. Классификация нанооборудования.
5. Какое оборудование подходит для нанообъектов.
6. Виды оборудования для получения нанообъектов.
7. Технологические процессы получения нанообъектов.
8. Лазерное оборудование.
9. Виды лазерного оборудования для обработки нанообъектов.
10. Спектр практического применения лазерного нанооборудования.
11. Характеристики лазерного оборудования для обработки нанообъектов.

### **Вопросы для проведения рейтинг-контроля №2**

1. Разновидности оборудования для получения нанопорошков.
2. Виды оборудования для нанесения подложек.
3. Виды оборудования для нанесения наноструктурированных покрытий.
4. Виды нанопорошков.
5. Виды наноструктурированных покрытий.
6. Характеристики оборудования для нанесения наноструктурированных покрытий.
7. Характеристики оборудования для нанесения подложек.
8. Характеристики оборудования для получения нанопорошков.

### **Вопросы для проведения рейтинг-контроля №3**

1. Виды измерительного оборудования нанообъектов.
2. Характеристики оборудования для измерения нанообъектов.
3. Разновидности оборудования для измерения нанообъектов.
4. Технические характеристики сканирующих зондовых микроскопов.
5. Основные характеристики анализаторов размеров частиц.
6. Погрешность и неопределенность наноизмерений.
7. Автоматизированные измерительные комплексы нанообъектов.
8. Характеристика автоматизированных измерительных комплексов нанообъектов.

### **Вопросы к экзамену**

1. Оборудование – это.
2. Нанотехнологии – это.
3. Что представляют нанообъекты.
4. Классификация нанооборудования.
5. Какое оборудование подходит для нанообъектов.
6. Виды оборудования для получения нанообъектов.

7. Технологические процессы получения нанообъектов.
8. Лазерное оборудование.
9. Виды лазерного оборудования для обработки нанообъектов.
10. Спектр практического применения лазерного наноборудования.
11. Характеристики лазерного оборудования для обработки нанообъектов.
12. Разновидности оборудования для получения нанопорошков.
13. Виды оборудования для нанесения подложек.
14. Виды оборудования для нанесения наноструктурированных покрытий.
15. Виды нанопорошков.
16. Виды наноструктурированных покрытий.
17. Характеристики оборудования для нанесения наноструктурированных покрытий.
18. Характеристики оборудования для нанесения подложек.
19. Характеристики оборудования для получения нанопорошков.
20. Виды измерительного оборудования нанообъектов.
21. Характеристики оборудования для измерения нанообъектов.
22. Разновидности оборудования для измерения нанообъектов.
23. Технические характеристики сканирующих зондовых микроскопов.
24. Основные характеристики анализаторов размеров частиц.
25. Погрешность и неопределенность наноизмерений.
26. Автоматизированные измерительные комплексы нанообъектов.
27. Характеристика автоматизированных измерительных комплексов нанообъектов.

#### **Темы для самостоятельной работы студентов**

1. Классификация наноборудования;
2. Оборудование для измерения нанообъектов;
3. Оборудование для получения нанопорошков;
4. Оборудование для нанесения подложек;
5. Виды оборудования для получения нанообъектов;
6. Виды оборудования для нанесения наноструктурированных покрытий.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Основная литература:

1. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях [Электронный ресурс] / В.А. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; под ред. С.П. Тимошенко. - М.: БИНОМ, 2015. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321292.html>
2. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением [Электронный ресурс] / Берлин Б.В., Сейдман Л.А. - М.: Техносфера, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363691.html>
3. Современное металлообрабатывающее оборудование [Электронный ресурс] / Сибикин М.Ю. - М.: Маш-ние, <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942757120.html>
4. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч. 1. Инженерно-физические основы [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.Х. Хаблянян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров. - Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214474.html>
5. "Технология и оборудование лазерной обработки: метод. указания к лаб. работам по курсу "Технология лазерной обработки". В 2 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс] / Б.М. Федоров, Н.А. Смирнова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703838310.html>

### б) Дополнительная литература:

1. 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; — Владимир: Владимирский гос. университет им. А.Г. и Н.Г.Столетовых (ВлГУ), 2011. 44 с. <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2993/1/00588.pdf>
2. Морозов В. В., Сысоев Э.П. Нанотехнологии в керамике: монография в 2-х частях [Электронный ресурс]. Ч.1. Наночастицы 2010 - 276 с. Ч.2: Нанопленки, нанопокртытия, наномембраны, нанотрубки, наностержни, нанопроволока. 2011 – 167 с. 2011 <http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2226>. <http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2487>
3. Технология и оборудование для получения волокон и нитей специального назначения: Учебное пособие / Л.И.Коротеева, Е.Ю.Коротеева - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 288 с.: <http://znanium.com/bookread2.php?book=488383>
4. Комплексная разработка механических, электронных и программных компонентов технологического оборудования. Ч. 1. Функции, структура и элементная база систем автоматического управления [Электронный ресурс] : Ч.2. Устройство и программирование однокристалльных микроконтроллеров [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.Т. Рябов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0554.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0554.html) [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0540.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0540.html)

### в) периодические издания

1. Журнал ВАК «Наноинженерия»
2. Журнал ВАК «Российские нанотехнологии»

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://www.portalnano.ru/>  
<http://www.ntsр.info/>

<http://www.ru-tech.ru/pub/nano>  
<http://www.nanotech.ru/>

<http://www.nanonewsnet.ru/>  
<http://www.rusnanoforum.ru/>  
<http://www.nanometer.ru/>

<http://nano-info.ru/>  
<http://www.iacnano.ru/>  
<http://www.nanoprom.net/>

### Учебно-методические издания

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

#### **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 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. 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.

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 от-ражения 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 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 могут 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 ADVINCE*

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.

### 3. Лаборатория 2D- и 3D наноструктурированных покрытий (ауд. 119-4).

*Краткая характеристика помещения:*

Общая площадь – 102 кв.м (2 этажа). 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), 2 этаж – учебный класс на 15 посадочных мест (36 кв.м). 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. Установка для нанесения наноструктурированных покрытий UniCoat 600SL+; Производитель – РФ, год выпуска - 2008.

Установка для нанесения покрытий методом PVD с максимальной толщиной многослойного сэндвич-покрытия до 20 мкм на весь диапазон используемого концевого инструмента с системой визуализации, управления и термометрирования технологического процесса в течение всего цикла изготовления. Основные типы

покрытий: традиционные покрытия – TiN, TiCN, Ti-C:H; 3D-нанокompозитные покрытия; 2D-нанокompозитные покрытия и пленки (в том числе алмазоподобные)- суперлаттики. Соответствует требованиям ОСТ 107.444.0001.004 ПДИР440310.002ТУ

*Основные технические характеристики:* размер мишеней, мм - 492x78 , ширина зоны эффективного распыления мишени, мм – 72; габаритные размеры магнетронов, мм - 550x105x60; - возможность работы каждой пары в дуальном режиме; количество магнетронов, шт. – 4; выходная мощность, кВт - 2x12; выходной ток, А - 0.5-20; блок питания магнетронов импульсный с задаваемой частотой 0.1-40 кГц, оснащен системой стабилизации параметров и системой дугогашения; возможность работы блока в дуальном режиме и независимой работы каждого канала; диаметр инструмента, мм - от 2 до 200 мм; размеры вакуумной камеры, мм – 600 x 600 x 600.

2. Стационарная установка для измерения микротвердости HVS 1000

Производитель – Тайвань. Предназначен для измерения микротвердости в том числе и покрытий.

3. Испытательная система на растяжение термокамерой WDW-100.

Жесткость силовой рамы: 100 кН/мм, Наибольшая предельная нагрузка: 100 кН (10 тс); Тип привода: электромеханический, Точность измерения нагрузки:  $\pm 1,0\%$  (по заказу 0,5%), Диапазон измерения нагрузки: 400 Н ~ 100 кН; (0.4%-100% полной шкалы, автоматически переключаемые шкалы), 6 шкал, Разрешение нагрузки: 0,001% FS, Диапазон измерения деформации: 2 – 100%, Точность измерения деформации:  $\pm 1,0\%$ .

4. Калотестер CSM CAT (Модель CAT-S-AE), Производитель: CSM (Швейцария).

5. Микрокомбитестер CSM MCT Производитель: CSM (Швейцария).

6. Трибометр CSM (Модель TRB-S-CE-000). Производитель: CSM (Швейцария).

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

Рабочую программу составил Ваняев А.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

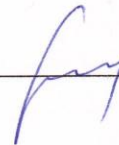
Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.2016 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. \_\_\_\_\_