

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИФВТ  
А.Н. Яковлев

«29» февраля 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)**

ДИСЦ.В.М1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА В  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ  
НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП **22.04.01** **Материаловедение и технологии материалов**

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ, ПРОГРАММА) ДИСЦ.В.М.3  
**Производство изделий из наноструктурных материалов**

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) **магистр**

БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА **2016 г.**

КУРС **1** СЕМЕСТР **1**

КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ **6**

ПРЕРЕКВИЗИТЫ **нет**

КОРЕКВИЗИТЫ **нет**

ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:

Лекции - 8 час.

Лаб. работы – 32 час.

Практики – 24 час.

Сам. работа – 152 час.

ИТОГО 216 час.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ **очная**

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ **экзамен**

ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ **кафедра НМНТ ИФВТ**

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

 О.Л. Хасанов  
 С.В. Панин  
 Ю.Ф. Иванов

2016 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели освоения дисциплины .....	3
2. Место дисциплины в структуре ООП .....	4
3. Результаты освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины .....	7
5. Образовательные технологии .....	8
5.1. Работа в команде (или обучение в сотрудничестве) .....	8
5.2. Case-study .....	9
5.3. Обучение на основе опыта .....	10
5.4. Опережающая самостоятельная работа .....	11
5.5. Поисковый (исследовательский) метод .....	12
6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	13
6.1. Формы организации самостоятельной работы студентов .....	13
6.2. Содержание самостоятельной работы студентов .....	14
6.3. Контроль самостоятельной работы .....	14
6.4. Учебно-методическое обеспечение СРС .....	14
7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины .....	15
8. Рейтинг качества освоения дисциплины .....	17
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	23

### 1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «Современные методы структурного анализа в материаловедении» в области обучения, воспитания и развития, соответствующие целям ООП, указаны в таблице 1.

Таблица 1.

#### Соответствие целей дисциплины целям ООП

Код цели	Цели освоения дисциплины	Цели ООП
Ц1	Подготовка студентов в вопросах применения современных методов структурного анализа в изучении наноматериалов.	Ц2. Магистр должен быть подготовлен к деятельности, обеспечивающей использование современных методов структурного анализа, востребованных на мировом рынке в области диагностики наноматериалов и покрытий.
Ц2	Подготовка студентов в вопросах выбора оптимальных методов структурного анализа наноматериалов и покрытий.	Ц2. Магистр должен быть подготовлен к научно-исследовательской деятельности, обеспечивающей внедрение новых наукоемких разработок, востребованных на мировом рынке в области производства, применения и диагностики наноматериалов и покрытий.
Ц3	Формирование навыков работы с литературными источниками в области применения современных методов структурного анализа в материаловедении.	Ц1. Подготовка выпускника к научно-исследовательской работе в области современного материаловедения, создания новых материалов, исследования их свойств, разработки технологии их получения, конструирования материалов с заданными свойствами на базе компьютерных технологий. Ц5. Подготовка выпускника к самостоятельному обучению и освоению новых профессиональных знаний и умений, непрерывному профессиональному самосовершенствованию в условиях автономии и самоуправления.
Ц4	Формирование навыков написания, оформления и защиты реферата по заданной проблеме.	Ц4. Магистр должен быть подготовлен обосновывать и отстаивать собственные заключения и выводы в аудиториях разной степени профессиональной ориентации, заниматься организационно-управленческой деятельностью в междисциплинарных областях

Код цели	Цели освоения дисциплины	Цели ООП
		производства, осознавать ответственность за принятие своих профессиональных решений, работать в интернациональной команде.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Современные методы структурного анализа в материаловедении» является частью профессионального цикла дисциплин ООП подготовки магистров по направлению 150100 «Материаловедение и технология материалов».

Дисциплина является обязательной для освоения студентом дисциплиной. Дисциплина основывается на знаниях, полученных студентами при изучении общей теоретической физики, высшей математики, общего материаловедения и технологии материалов; основ физики твердого тела. Также дисциплина основывается на базовых знаниях, полученных студентами при изучении физики и математики в курсе средней школы. Студенты владеют основной терминологией в области термодинамики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики, атомной и ядерной физики, а также знаниями об атомно-молекулярном учении, химическом взаимодействии, химической кинетики, электрохимии. Также они владеют общефизической и материаловедческой терминологией, понимают основные химические и физические явления.

## 3. Результаты освоения дисциплины

Результатами обучения в процессе освоения дисциплины являются компетенции, представленные в таблицах. Результаты обучения приведены в соответствии с результатами обучения ООП направления подготовки **22.04.01** **Материаловедение и технологии материалов**.

Таблица 2.

### Компетенции

Компетенции	Результаты
1. готовностью самостоятельно выполнять исследования на современном оборудовании и приборах (в соответствии с целями магистерской программы) и ставить новые исследовательские задачи (ОК-7); готовностью проводить экспертизу процессов, материалов, методов испытаний (ОПК-8); готовностью к внедрению системы управления качеством продукции в сфере профессиональной деятельности (ПК-18); способностью самостоятельно использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, структуры и свойств материалов и изделий из них, планирования и реализации исследований и разработок (ПК-11)	<b>Р.7.</b> Внедрять системы управления качеством продукции в области материаловедения, эксплуатировать оборудование, позволяющее диагностировать материалы и изделия из них, в том числе наноматериалы.
2. готовностью к использованию современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов (ПК-1); способностью самостоятельно осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разрабатывать и использовать техническую документацию в профессиональной деятельности (ПК-5);	Р.1. Осуществлять сбор, анализ и обобщение научно-технической информации в области материаловедения и технологии материалов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов

Таблица 3.

### Результаты обучения по дисциплине

Профессиональный опыт (владеть)	Уметь	Знать
16. Опытом установления структуры материалов методами электронной микроскопии	<b>У.16.6.1.</b> Эксплуатировать оборудование, позволяющее исследовать морфологию поверхности материала	<b>З.16.6.1.1.</b> Знать принцип работы и устройство сканирующего электронного микроскопа <b>З.16.6.1.2.</b> Знать условия выбора материалов для анализа методами сканирующей электронной микроскопии <b>З.16.6.1.3.</b> Знать методы подготовки поверхности материала для выполнения исследований методами сканирующей электронной микроскопии
	<b>У.16.6.2.</b> Выявлять элементы морфологии поверхности материалов: зеренную структуру, микрократеры, микропоры, микротрещины.	<b>З.16.6.2.1.</b> Знать методы, позволяющие выявлять и анализировать зеренную структуру материала. <b>З.16.6.2.2.</b> Знать методы, позволяющие выявлять и анализировать пористую структуру материала. <b>З.16.6.2.3.</b> Знать методы, позволяющие выявлять и анализировать поверхность разрушения материала.
	<b>У.16.6.3.</b> Эксплуатировать	<b>З.16.6.3.1.</b> Знать принцип работы и устройство просвечивающего электронного дифракционного микроскопа

Профессиональный опыт (владеть)	Уметь	Знать
	оборудование, позволяющее исследовать дефектную субструктуру, элементный и фазовый состав материала. <b>У.16.6.4.</b> Определять элементы дефектной субструктуры материала: плотность дислокаций; распределение,;	<b>З.16.6.3.2.</b> Знать условия выбора материалов для анализа методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии
		<b>З.16.6.1.3.</b> Знать методики приготовления объектов исследования методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии
		<b>З.16.6.4.1.</b> Знать методы, позволяющие выявлять и анализировать дислокационную субструктуру материала
		<b>З.16.6.4.2.</b> Знать методы, позволяющие выявлять и анализировать фазовый состав материала
	<b>З.16.6.4.3.</b> Знать методы, позволяющие выявлять и определять размеры и объемную долю частиц второй фазы	
	<b>З.16.6.4.4.</b> Знать методы, позволяющие выявлять и анализировать внутренние поля напряжений.	
	<b>У.16.6.5.</b> Оценивать величину упрочнения материала структурными элементами.	<b>З.16.6.5.1.</b> Знать закономерности, позволяющие проводить оценку величины упрочнения материала, вносимую дислокационной субструктурой
		<b>З.16.6.5.2.</b> Знать закономерности и механизмы, позволяющие проводить оценку величины упрочнения материала, вносимую дислокационной субструктурой
		<b>З.16.6.5.3.</b> Знать закономерности, позволяющие проводить оценку величины упрочнения материала, вносимую внутренними полями напряжений.
<b>1.</b> Опыт составления критических литературных обзоров в области технологии материалов и наноматериалов, исследования структуры материалов методами электронной микроскопии.	<b>У.1.6.1.</b> Собирать данные для составления обзора по исследованию структуры материалов методами электронной микроскопии	<b>З.1.6.1.1.</b> Знать современные базы данных научных публикаций в России и за рубежом по исследованию структуры материалов методами электронной микроскопии
		<b>З.1.6.1.2.</b> Знать условия использования данных, содержащихся в научных публикаций
	<b>У.1.6.2.</b> Анализировать и обобщать научно-техническую информацию по исследованию структуры материалов методами электронной микроскопии	<b>З.1.6.2.3.</b> Знать методологию составления аналитического обзора, включающего описание научных достижений и критический анализ по исследованию структуры материалов методами электронной микроскопии

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### **Введение**

Цель и актуальность чтения дисциплины. Основной набор физических методов как единая система, позволяющая измерить или вычислить большинство из известных свойств, характеристик и параметров твердых тел: основные знания и навыки, приобретаемые студентами; физические явления, лежащие в основе методов; принципиальные и реальные возможности различных методов; особенности методик, требования к исследуемым образцам и используемой аппаратуре (приборам).

- *Взаимодействие электронного пучка с веществом (2ч. лк., 4ч. лб, 2 ч. пр.).*
- *Детекторы вторичных сигналов (2ч. лк., 4ч. лб., 2ч. пр.).*
- *Сканирующая микроскопия (2ч. лк., 8ч. лб, 8 ч. пр.).*
- *Просвечивающая электронная дифракционная микроскопия (2ч. лк., 16ч. лб, 12 ч. пр.)*

##### **Модуль 1. Взаимодействие электронного пучка с веществом**

Рассеяние электронов. Генерация вторичных электронов. Медленные и быстрые вторичные электроны. Оже-электроны. Генерация тормозного и характеристического рентгеновского излучения. Генерация электронно-дырочных пар и катодоллюминесценция. Генерация плазмонов и фононов.

##### **Модуль 2. Детекторы вторичных сигналов**

Принцип действия и конструкция детекторов обратно рассеянных электронов, вторичных электронов, Оже-электронов, характеристического рентгеновского излучения, катодоллюминесценции, плазмонов и фононов.

##### **Модуль 3. Сканирующая микроскопия**

Виды сканирующих микроскопов. Принцип работы и конструкция сканирующего электронного микроскопа. Принцип работы и конструкция атомно-силового сканирующего микроскопа. Принцип работы и конструкция туннельного микроскопа. Методы исследования. Приготовление образцов.

##### **Модуль 4. Просвечивающая электронная дифракционная микроскопия.**

Оптическая схема и принцип действия. Техника электронной микроскопии. Электронография. Принципы дифракции быстрых электронов. Локальный фазовый анализ. Определение ориентационного соотношения кристаллов. Исследование дислокационной структуры. Исследование гетерофазных структур. Влияние частиц второй фазы на картину дифракции. Методы и способы изготовления объектов исследования в просвечивающей электронной микроскопии.

Структура дисциплины по разделам и видам учебной деятельности (лекция, лабораторная работа, практическое занятие, семинар, коллоквиум, курсовой проект и др.) представлена в таблице 6.

Таблица 6.

#### **Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения**

№ п/п	Название модуля	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Колл, Контр.Р.	Итого
		ЛК	ПЗ	ЛБ			

№ п/п	Название модуля	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Колл, Контр.Р.	Итого
		ЛК	ПЗ	ЛБ			
1)	Взаимодействие электронного пучка с веществом	2	2	2	20	Инд. задание	26
3)	Детекторы вторичных сигналов	2	6	4	22	Инд. задание	34
4)	Сканирующая микроскопия	2	6	10	40	колл. 1	58
5)	Просвечивающая электронная дифракционная микроскопия	2	10	16	40	колл. 2	68
	Современные методы структурного анализа в материаловедении				30	Экз.	30
	Итого	8	24	32	152		216

### 5. Образовательные технологии

Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражена в таблице 7. Перечень методов обучения и форм организации обучения может быть расширен.

Таблица 7.

#### Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО \ Методы	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ Сем.,	Тренин г Мастер-класс	СРС	К. пр.
Работа в команде			+			
<i>Case-study</i>			+			
Обучение на основе опыта	+	+			+	
Опережающая самостоятельная работа			+		+	
Поисковый (исследовательский) метод	+	+	+		+	

#### 5.1. Работа в команде (или обучение в сотрудничестве)

Технология обучения в группе относится к типу активных методов обучения. Эффективность обучения по такой технологии была доказана многими лекторами в ТПУ. Согласно этому методу успех может быть достигнут только в результате самостоятельной работы каждого члена группы (команды) в постоянном взаимодействии с другими членами этой же группы при работе над темой (проблемой или вопросом), подлежащими изучению.

В основе данного метода лежит использование следующих подходов:

- обучение студентов в малых группах (не более 4-х человек);

- постановка перед студентами "групповых целей";
- студенты получают ОДНО на всех задание;
- материал объясняется после того, как студенты разобьются в группы;
- студентам отводится время на выполнение задания;
- отсутствие соревнований между студентами;
- оценивание не индивидуальных достижений (ошибок), но успех (неуспех) всей группы;
- результатом совместного обучения является общий отчет или выступление на семинаре;

Таким образом, задача каждого учащегося состоит не только в том, чтобы сделать что-то вместе, а в том, чтобы познать что-то вместе, чтобы каждый, участник команды овладел необходимыми знаниями, сформировал нужные навыки и при этом, чтобы вся команда знала, чего достиг каждый. Вся группа заинтересована в усвоении учебной информации каждым ее членом, поскольку успех команды зависит от вклада каждого, совместном решении поставленной перед ними проблемы.

Пример задания с применением данной технологии в курсе – *Группа из двух студентов должна разработать и подготовить доклад на тему изучаемой дисциплины. Для выполнения задание указывается конкретная тема разработки. Самостоятельно осуществляется поиск и осмысление объема знаний и способ оформления отчета.*

## 5.2. Case-study

**Анализ конкретных учебных ситуаций (case study)** — метод обучения, предназначенный для совершенствования навыков и получения опыта в следующих областях: выявление, отбор и решение проблем; работа с информацией — осмысление значения деталей, описанных в ситуации; анализ и синтез информации и аргументов; работа с предположениями и заключениями; оценка альтернатив; принятие решений; слушание и понимание других людей - навыки групповой работы [Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения. Источник: [http://www.vshu.ru/lections.php?tab\\_id=3&a=info&id=2600](http://www.vshu.ru/lections.php?tab_id=3&a=info&id=2600)].

Метод case-study является методом активного проблемно-ситуационного анализа, основанный на обучении путем решения конкретных задач – ситуаций (решение кейсов). Метод конкретных ситуаций (метод case-study) относится к неигровым имитационным активным методам обучения.

Непосредственная цель метода case-study – совместными усилиями группы студентов проанализировать ситуацию – case, возникающую при конкретном положении дел, и выработать практическое решение; окончание процесса – оценка предложенных алгоритмов и выбор лучшего в контексте поставленной проблемы.

Case-studies – учебные конкретные ситуации специально разрабатываемые на основе фактического материала с целью последующего разбора на учебных занятиях. В ходе разбора ситуаций обучающиеся учатся действовать в «команде», проводить анализ и принимать управленческие решения.

Идеи метода case-study (метода ситуационного обучения) достаточно просты:

1. Метод предназначен для получения знаний по дисциплинам, истина в которых плюралистична, т.е. нет однозначного ответа на поставленный вопрос, а есть несколько

ответов, которые могут соперничать по степени истинности; задача преподавания при этом сразу отклоняется от классической схемы и ориентирована на получение не единственной, а многих истин и ориентацию в их проблемном поле.

2. Акцент обучения переносится не на овладение готовым знанием, а на его выработку, на сотворчество студента и преподавателя; отсюда принципиальное отличие метода case-study от традиционных методик – демократия в процессе получения знания, когда студент по сути дела равноправен с другими студентами и преподавателем в процессе обсуждения проблемы.

3. Результатом применения метода являются не только знания, но и навыки профессиональной деятельности.

4. Технология метода заключается в следующем: по определенным правилам разрабатывается модель конкретной ситуации, произошедшей в реальной жизни, и отражается тот комплекс знаний и практических навыков, которые студентам нужно получить; при этом преподаватель выступает в роли ведущего, генерирующего вопросы, фиксирующего ответы, поддерживающего дискуссию, т.е. в роли диспетчера процесса сотворчества.

5. Несомненным достоинством метода ситуационного анализа является не только получение знаний и формирование практических навыков, но и развитие системы ценностей студентов, профессиональных позиций, жизненных установок, своеобразного профессионального мироощущения и миропреобразования.

6. В методе case-study преодолевается классический дефект традиционного обучения, связанный с «сухостью», неэмоциональностью изложения материала – эмоций, творческой конкуренции и даже борьбы в этом методе так много что хорошо организованное обсуждение кейса напоминает театральный спектакль.

Метод case-study – инструмент, позволяющий применить теоретические знания к решению практических задач. Метод способствует развитию у студентов самостоятельного мышления, умения выслушивать и учитывать альтернативную точку зрения, аргументированно высказать свою. С помощью этого метода студенты имеют возможность проявить и усовершенствовать аналитические и оценочные навыки, научиться работать в команде, находить наиболее рациональное решение поставленной проблемы.

Пример применения метода в курсе: *Оценить достоинства и недостатки зондовых методов исследования наноматериалов.*

### 5.3. Обучение на основе опыта

Концепция *обучения на основе опыта* предлагает эффективное использование имеющегося жизненного и профессионального опыта студентов в их образовании и развитии. Согласно этой технологии авторитарная позиция преподавателя сводится по возможности к нулю, при этом только студент принимает решения и берет ответственность за выбор содержания материала, которое по его мнению нужно усвоить.

Это связано с тем, что чем больше студент имеет знаний, навыков и опыта по какому-либо предмету, тем больше он самостоятелен в его изучении и тем больше преподаватель выполняет роль консультанта и помощника. При этом в одной и той же группе могут быть студенты с разным уровнем самостоятельности, что требует от преподавателя применения индивидуального подхода к каждому и организации процесса обучения на основе опыта.

Интегрирование опыта обучаемых в процесс обучения предлагается при помощи таких форм обучения, как дискуссии, проблемные ситуации (в процессе профессиональной деятельности или в ходе производственной практики реальные проблемные ситуации

обуславливают необходимость приобретения новых знаний), методы разбора случаев и т. д. Важную роль при этом играет взаимодействие участников группы, команды.

Опыт показал, что студенты часто не готовы принять некоторые новые формы организации занятий, например, такие, как групповые дискуссии, дебаты, обсуждение вопросов, требующих критического мышления. Большую роль в успехе таких форм занятий играет мастерство преподавателя.

При обучении в рамках курса преподаватель создает учебные ситуации, которые позволяют студентам применять свой опыт и учиться на основе опыта других.

Примером может служить: *доклад студента по своей научной работе (т.к. несколько студентов из группы занимаются научной работой по теме курса). Также примером является рассказ студента о работе на конференции по теме курса.*

#### 5.4. Опережающая самостоятельная работа

Опережающая самостоятельная работа (ОПС) играет ключевую роль в планировании индивидуальной траектории обучения студента. Такой тип обучения предлагается в замену традиционной репродуктивной самостоятельной работе (самостоятельное повторение учебного материала и рассмотренных на занятиях алгоритмов действий, выполнение по ним аналогичных заданий).

ОПС предполагает следующие виды самостоятельных работ:

- познавательно-поисковая самостоятельная работа, предполагающая подготовку сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по учебной проблеме, написание рефератов и др.;
- творческая самостоятельная работа, к которой можно отнести выполнение специальных творческих и нестандартных заданий.

Задача преподавателя на этапе планирования самостоятельной работы – организовать ее таким образом, чтобы максимально учесть индивидуальные способности каждого студента, развить в нем познавательную потребность и готовность к выполнению самостоятельных работ все более высокого уровня.

Целесообразно представлять оценочные средства в виде различных тестовых заданий. Всё множество применяемых в практике тестирования форм заданий можно свести к четырем, каноническим, формам:

- задания с выбором одного или нескольких ответов;
- задания открытой формы;
- задания на установление соответствия;
- задания на установление правильной последовательности.

На уровне организации познавательно-поисковой самостоятельной работы наиболее продвинутым студентам можно предложить так называемую опережающую самостоятельную работу, когда теория для выполнения расчетных заданий осваивается студентом самостоятельно до чтения лекций. Роль лекции при этом видоизменяется, цель преподавателя в этом случае – не просто изложить содержание темы, а акцентировать внимание студента на основных моментах, особенностях темы.

К очень эффективным формам самостоятельной работы можно отнести синтезирование самими студентами заданий и задач для самостоятельной работы для реализации конкретных заданных алгоритмов с учетом их особенностей. Такую форму организации можно отнести уже к творческой самостоятельной работе.

На каждом уровне организации самостоятельной работы особую роль в современных условиях играет использование компьютерных и телекоммуникационных технологий. Помимо расчетных, моделирующих, контролирующих программ в самостоятельной работе целесообразно использовать гиперссылочные учебники, получают распространение заочные консультации преподавателя через Internet.

Таким образом, многообразие организационных форм и методов самостоятельной работы, используемые при этом современное методическое обеспечение, информационные технологии дают преподавателю широкие возможности для определения индивидуальной траектории обучения студента с учетом его личностных способностей, запросов, стремления к достижению учебных целей, профессиональному росту и самосовершенствованию.

Примером заданий по данной технологии обучения в курсе является:

- 1) *Самостоятельный выбор темы реферата, при этом темы реферата опережают лекционный материал. Ко времени чтения лекции по данному вопросу, студент уже намного лучше понимает материал.*
- 2) *Раздача на дом тестовых заданий для проработки материала лекций.*
- 3) *Раздача на дом тестовых заданий для подготовки к следующей лекции.*

### **5.5. Поисковый (исследовательский) метод**

Поисковые методы применяются в основном в ходе проблемного обучения. При использовании проблемно-поисковых методов обучения преподаватель использует такие приемы: создает проблемную ситуацию (ставит вопросы, предлагает задачу, экспериментальное задание), организует коллективное обсуждение возможных подходов к решению проблемной ситуации, подтверждает правильность выводов, выдвигает готовое проблемное задание. Обучаемые, основываясь на прежнем опыте и знаниях, вызывают предположения о путях решения проблемной ситуации, обобщают ранее приобретенные знания, выявляют причины явлений, объясняют их происхождение, выбирают наиболее рациональный вариант решения проблемной ситуации.

Поисковый принцип предполагает самостоятельную исследовательскую деятельность студентов в процессе обучения, моделирование или повторение процесса реального научного поиска и научного открытия.

Проблемно-поисковые методы обучения очень эффективны для обучения магистров, т.к. в их учебном плане заложено большое количество часов на самостоятельную работу. Также важным аспектом является использование нового материала преподавателем, полученного на конференциях.

Одним из методов проблемного обучения является выведение закономерностей при анализе научных публикаций. В ходе ее преподаватель ставит перед обучаемыми ряд последовательных и взаимосвязанных вопросов, отвечая на которые они должны высказывать какие-либо предложения и пытаться затем самостоятельно доказывать их справедливость, осуществляя тем самым некоторое самостоятельное продвижение вперед в усвоении новых знаний.

Наглядные пособия при проблемно-поисковых методах обучения применяются уже не в целях активизации запоминания, а для постановки экспериментальных задач, которые создают проблемные ситуации на занятиях.

Проблемно-поисковые упражнения применяются в том случае, когда обучаемые могут самостоятельно по заданию преподавателя выполнить определенные виды действий, которые подводят его к усвоению новых знаний. Проблемно-поисковые упражнения могут

применяться не только при подходе к усвоению новой темы, но и во время закрепления ее на новой основе, то есть при выполнении упражнений, углубляющих знаний.

Примером применения данного метода в курсе является задание студенту: *оценить применимость конкретных методик препарирования для подготовки объектов исследования наноматериалов методами электронной микроскопии.*

## **6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **6.1. Формы организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов заключается в работе по следующим направлениям:

**6.1.1. Текущая самостоятельная работа студента** направлена на углубление и закрепление знаний и развитие практических умений студента.

1) **Работа с информационными ресурсами.** Каждый студент в течение семестра использует лекционный материал, а также все имеющиеся информационные ресурсы (библиотека кафедры НМНТ ИФВТ, Научно-техническая библиотека ТПУ (г.Томск, ул.Белинского, 55), ресурсы Internet, в частности электронные библиотек [www.springer.com](http://www.springer.com) и [www.ScienceDirect.com](http://www.ScienceDirect.com) (доступ с сети ТПУ) и при необходимости другие библиотеки г. Томска).

2) **Выполнение индивидуальных заданий.** Каждому студенту выдается тема, вынесенная на самостоятельную проработку, по которой должен быть проведен детальный литературный обзор с использованием доступных информационных ресурсов. Литературный обзор должен быть оформлен в виде реферативной работы и защищен в виде презентации. При подготовке задания используются русскоязычные и англоязычные источники.

3) **Написание реферата.** Реферат должен быть напечатан на компьютере и оформлен по ГОСТ 7.9-95.(ИСО 214-76) «Межгосударственный стандарт». Реферат должен быть выполнен и защищен в запланированное время. Форма защиты – выступление с презентацией. Презентация готовится на компьютере в формате Microsoft Power Point. Методические указания к подготовке, выполнению и оформлению реферата размещены на сайте преподавателя <http://portal.tpu.ru/SHARED/g/GODYMCHUK>.

4) **Подготовка и оформление лабораторных работ.** Для подготовки к лабораторным работам студентам выдается специальная литература, методические указания, размещенные на странице преподавателя. Работа оформляется в соответствии с методическими указаниями.

**6.1.2. Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР)** ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов. Основное направление развития навыков в области творческой проблемно-ориентированной самостоятельной работы связано с переводом, анализом и интерпретацией специальной литературы на иностранном

языке во время подготовки индивидуальных заданий, вынесенных на самостоятельную проработку.

## **6.2. Содержание самостоятельной работы студентов Темы индивидуальных заданий**

Принцип работы прибора, его основные характеристики, для решения каких задач может использоваться в материаловедении, примеры использования данного прибора в изучении наноматериалов

- 1) сканирующий электронный микроскоп,
- 2) просвечивающий электронный микроскоп,
- 3) рентгеновский дифрактометр,
- 4) атомно-силовой микроскоп,
- 5) туннельный микроскоп,
- 6) спектроскопические методы исследования
  1. Классификация наноструктурных материалов;
  2. Методы получения наноматериалов;
  3. Применение наноматериалов в промышленности;
  4. Применение наноматериалов в медицине;
  5. Механические свойства вещества в наноструктурном состоянии;
  6. Электрические и магнитные свойства вещества в наноструктурном состоянии;
  7. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: сканирующая туннельная микроскопия;
  8. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: сканирующая атомно-силовая микроскопия;
  9. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: автоионная микроскопия;
  10. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия;
  11. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: Мессбауэровская спектроскопия;

## **6.3 Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей. Контроль со стороны преподавателей заключается в составлении плана работы после первичного литературного обзора, который сделал студент, в проверке реферативной работы, а также в контроле за подготовкой итоговой презентации.

## **6.4 Учебно-методическое обеспечение СРС**

Методические указания к подготовке, выполнению и оформлению реферата, а также методические указания к подготовке и выполнению лабораторных работ размещены в сети *Intranet* сайта Томского политехнического университета

[www.intranet.tpu.ru](http://www.intranet.tpu.ru).

- 1) Годымчук А.Ю. Подготовка, содержание и оформление реферата // Методические указания для студентов технических и естественнонаучных специальностей.
- 2) Годымчук А.Ю., Двилис Э.С. Исследование поверхности наноматериалов с помощью сканирующей зондовой микроскопии // Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов 2 курса.
- 3) Курзина И.А., Годымчук А.Ю., Качаев А.А. Рентгенофазовый анализ нанопорошков // Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов 2 курса.

## 7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины

Цель текущего контроля – проверка усвоения теоретического и практического материала, излагаемого лектором и преподавателем, ведущим практические занятия.

Цель итогового контроля – оценка качества подготовки студента по данной дисциплине.

Текущий контроль осуществляется путем сдачи и защиты индивидуальных заданий, выполненных в отведенное для самостоятельной работы время, выполнения контрольных работ в виде тестов.

### Примеры тестов для текущего контроля

<b>Действие сканирующего атомно-силового микроскопа основано на сканировании поверхности образца</b>			
<b>А)</b>	лучом лазера	<b>Б)</b>	тонкой иглой
<b>В)</b>	пучком электронов	<b>Г)</b>	пучком ионов

<b>В сканирующей туннельной микроскопии измеряют</b>			
<b>А)</b>	туннельный ток	<b>Б)</b>	напряжение между электродами
<b>В)</b>	оптическую силу света	<b>Г)</b>	поток ионов

<b>Сканирующий зонд показывает картину распределения атомов</b>			
<b>А)</b>	в приповерхностном слое	<b>Б)</b>	на поверхности
<b>В)</b>	в объеме	<b>Г)</b>	на обратной стороне исследуемого образца

<b>Применение туннельной микроскопии ограничено..... материалом</b>			
<b>А)</b>	токопроводящим	<b>Б)</b>	газообразным
<b>В)</b>	диэлектрическим	<b>Г)</b>	жидким

<b>Наноматериалы – это:</b>			
<b>А)</b>	материалы с размерами не менее 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными	<b>Б)</b>	материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие

	характеристиками		качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками
<b>В)</b>	материалы, которые хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и имеющие инновационный потенциал для внедрения.	<b>Г)</b>	материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и сохраняющие функциональные эксплуатационные характеристики

<b>Материал с числом атомов в частице (зерне) более 1500 и менее <math>10^6</math> называется</b>			
<b>А)</b>	наночастица	<b>Б)</b>	кластер
<b>В)</b>	нанообъект	<b>Г)</b>	агломерат

Экзамен по дисциплине «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ» проводится в устной форме по основным модулям курса.

**Вопросы к экзамену:**

1. Принципы растровой электронной микроскопии;
2. Фрактография. Качественные и количественные методы;
3. Использование методов просвечивающей электронной микроскопии для изучения процессов старения;
4. Использование методов просвечивающей электронной микроскопии для исследования структуры деформированного металла;
5. Взаимодействие электронов с веществом;
6. Выбор методов структурного анализа при решении задач материаловедения;
7. Особенности подготовки объектов исследования методами сканирующей электронной микроскопии;
8. Особенности подготовки объектов исследования методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии;
9. Основы метода спектроскопии Оже-электронов;
10. Конструкция Оже-спектрометра;
11. Требования к образцам при использовании метода спектроскопии Оже-электронов;
12. Возможности и примеры применения Оже-электронной микроскопии;
13. Конструкция электронного микроскопа. Оптическая схема и принцип

- действия;
14. Электронография;
  15. Формирование изображений в светлом и темном полях методами электронной микроскопии;
  16. Спектрометры рентгеновского излучения. Полупроводниковые детекторы рентгеновского излучения;
  17. Применение электронной микроскопии. Локальный фазовый анализ;
  18. Применение электронной микроскопии. Исследование дислокационной структуры;
  19. Применение электронной микроскопии. Исследование гетерофазных структур.

### **Пример экзаменационного билета:**

1. Принципы растровой электронной микроскопии.
2. Основы метода спектроскопии Оже-электронов.
3. Применение электронной микроскопии. Исследование дислокационной структуры
4. Выбор методов структурного анализа при решении задач материаловедения

## **8. Рейтинг качества освоения дисциплины**

В таблице 6 приведен рейтинг-план текущей успеваемости студентов в семестре по дисциплине «Современные методы структурного анализа в материаловедении». В соответствии с рейтинговой системой текущий контроль производится еженедельно в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (коллоквиумы 1 и 2) и результатов практической деятельности (работа и оформление отчетов по лабораторным работам, выполнение индивидуальных заданий).

Промежуточная оценка успеваемости студентов производится в установленные сроки учебным отделом института (дважды в семестр).

Итоговая аттестация производится в конце семестра также путем балльной оценки. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов промежуточной аттестации в конце семестра по результатам экзамена. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

**Рейтинг-план освоения дисциплины в течение семестра**

Недели	Текущий контроль												
	Теоретический материал				Практическая деятельность								Итого
	Название модуля	Темы лекций	Контролир. матер.*	Баллы*	Название лабораторных работ*	Баллы*	Темы практических занятий	Баллы*	Индивидуальные задания	Баллы*	Проблемно-ориентированные задания	Баллы*	
1	<b>Взаимодействие электронного пучка с веществом</b>	Взаимодействие электронного пучка с веществом		0	Определение среднего размера зерна	2							2
2				0	Определение степени дисперсности пластинчатого перлита	2	Принцип работы приборов, используемых при исследовании наноматериалов	2					4
3	<b>Детекторы вторичных сигналов</b>	Детекторы вторичных сигналов		0	Определение объемной доли зерен второй фазы	2							2
4				0	Определение степени дисперсности пластинчатого перлита методами электронной микроскопии тонких фольг	2	Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: сканирующая туннельная микроскопия	2	<b>ИНД. ЗАД. 1</b>	5			9
5	<b>Сканирующая микроскопия</b>	Сканирующая микроскопия	<b>Коллокви. 1</b>	5	Определение методами просвечивающей электронной микроскопии параметров структуры материала с наноразмерными частицами второй фазы	2		0		0			7
6				0	Механизмы упрочнения материала частицами второй фазы	2	Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: сканирующая атомно-силовая микроскопия	2					4
<b>Всего по контрольной точке (аттестации) № 1</b>												<b>28</b>	
7	<b>Просвечивающая электронная дифракционная микроскопия</b>	Просвечивающая электронная дифракционная микроскопия		0	Изучение дислокационной субструктуры металлов и сплавов.	2							2
8			<b>Коллокви. 2</b>	5	Упрочнение материала при	2	Методы исследования вещества в нанокристаллическом	2					9

Недели	Текущий контроль											Итого	
	Теоретический материал				Практическая деятельность								
	Название модуля	Темы лекций	Контрол. матер.*	Баллы*	Название лабораторных работ*	Баллы*	Темы практических занятий	Баллы*	Индивидуальные задания	Баллы*	Проблемно-ориентированные задания		Баллы*
					формировании дислокационной субструктуры		состоянии: сканирующая просвечивающая электронная микроскопия						
9				0	Физические основы зернограничного упрочнение материала	2			ИНД. ЗАД. 2.	5			7
10				0	Физические основы субструктурного упрочнение материала	2	Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: сканирующая электронная микроскопия	2					4
11				0	Физические основы твердорастворного упрочнение материала	2		0					2
12				0	Физические основы дисперсного упрочнение материала	2	Спектроскопические методы исследования вещества	2					4
13				0	Анализ внутренних полей напряжений методами просвечивающей электронной микроскопии	2		0					2
14					Физические основы упрочнение материала внутренними полями напряжений	2	Подготовки объектов для исследования методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии	2		0			4
<b>Всего по контрольной точке (аттестации) № 2</b>												<b>32</b>	
15			<b>Экзамен</b>	40									<b>40</b>
<b>Итоговая аттестация</b>												<b>100</b>	

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 9.1. Основная литература:

1. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия / Я.С. Уманский., Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев - М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
2. Металловедение и термическая обработка стали: Справочник в 3-х томах /Под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта. 4-е изд. Перераб. и доп. Т.1. Методы испытания и исследования. В 2-х книгах. – М.: Металлургия, 1991. – 304 с.
3. Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. М.: Металлургия, 1973. - 584с.
4. Хирш П., Хови А. и др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. – Москва, Мир. - 1968
5. Кришталл М.М., Ясников И.С., Полуниин В.И. и др. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения. – М.: Техносфера, 2009. – 208 с.
6. Евдокимов А.А. и др. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям. – М.: БИНОМ, 2010. – 146 с.
7. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. – М.: Физматлит, 2010. – 456 с.
8. Кобаяси Н.. Введение в нанотехнологию. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 134 с. (*в библиотечном фонде каф. НМНТ*)
9. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам: сборник статей / под ред. П. П. Мальцева. — М.: Техносфера, 2005. — 592 с.
10. Головин Ю.И.. Введение в нанотехнику. — М.: Машиностроение, 2007. — 496 с. (*в библиотечном фонде каф. НМНТ*)
11. Пул Ч. Нанотехнологии: уч. пособие. — М.: Техносфера, 2006. — 336 с. (*в библиотечном фонде каф. НМНТ*)
12. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы - М.: Физматлит, 2000. - 224 с.
13. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Учеб. пособие для вузов. - М.: Академия, 2005. - 192 с.
14. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. – М.: Техносфера, 2006. – 384 с.

### 9.2. Дополнительная литература:

1. Лякишев Н. П. Получение и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов - М.: Элиз, 2007. — 150 с.
2. Генералов М. Б. Криохимическая нанотехнология: уч. пособие для вузов / М. Б. Генералов. — М.: Академкнига, 2006. — 325 с.
3. Валиев Р. З. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. - М. : Академкнига, 2007. - 398 с.
4. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. Мировые достижения за 2005 г. // Сборник под ред. П. П. Мальцева. - М.: Техносфера, 2006. -149 с.
5. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. Мировые достижения за 2008 г. // Сборник под ред. П. П. Мальцева. - М.: Техносфера, 2008. - 432 с.
6. Суздальев И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. - М.: КомКнига, 2006. - 592 с.
7. R.P. Feynman. There's Plenty of Room at the Bottom// [Электронный ресурс]: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html> .
8. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы - М.: Физматлит, 2000. - 224 с.
9. Гречихин Л. И. Физика наночастиц и нанотехнологий. Общие основы, механические,

тепловые и эмиссионные свойства. Монография - Минск: Технопринт, 2004. - 398 с.

10. Nanotechnology: Consequences for Human Health and the Environment. R. E. Hester, R. M. Harrison. - Cambridge: RSCPublishing, 2007. - 134 p.
11. NanoEthics: Ethics for Technologies that Converge at the Nanoscale, Springer, 2007. [Электронный ресурс]: <http://www.springer.com/>.
12. Егорова Е.М. Наночастицы серебра – биоцидное средство нового типа.
13. Drexler К.Е., Peterson С., Pergamit G. 1991. Unbounding the Future: the Nanotechnology Revolution. [Электронный ресурс]: [http://www.foresight.org/UTF/Unbound\\_LBW/index.html](http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/index.html)
14. Белоусов В.П., Будтов В.П., Данилов О.Б., Мак А.А. 1997. Оптический журнал, т.64, №12, с.3.
15. Елецкий А. В., Смирнов Б. М. Фуллерены и структуры углерода. — УФН, 1995, № 9. с.977-1009.
16. Woodrow Wilson Center Project on Emerging Nanotechnologies, Inventory of Consumer Products. 2006. [Электронный ресурс]: <http://www.nanotechproject.org/44>.
17. National Nanotechnology Initiative: leading to the next industrial revolution. A Rep. by Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology. Committee on Technology of Nat.Sci. and Techn. Council, USA, Washington D.C., Feb. 2000.
18. U.S. Department of Agriculture. 2003. Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. Report Submitted to Cooperative State Research, Education, and Extension Service. Norman Scott (Cornell University) and Hongda Chen (CSREES/USDA) Co-chairs.
19. Andrievsky G.V., Burenin I.S. Hydrated C60 Fullerenes as Versatile Bio-Antioxidants, which in Biological Systems Regulate Free-Radical Processes by the "Wise" Manner. Proc.of Nanofair Conf. 2004, September 14-16, 2004, St. Gallen, Switzerland, №261[Электронный ресурс]: (<http://www.nanofair.ch>).

### 9.3. Internet-издания, мировые издания (в электронном доступе НТБ и кафедры):

- 1) Нано-и микросистемная техника: ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал. [Электронный ресурс]: <http://www.microsystems.ru/>.
- 2) Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]: <http://www.nanoware.ru/>
- 3) Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)
- 4) Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: <http://nanodigest.ru/>
- 5) Нанобиотехнология. [Электронный ресурс]: [http://community.livejournal.com/ru\\_nanobiotech](http://community.livejournal.com/ru_nanobiotech)
- 6) НАНО-это просто! [Электронный ресурс]: <http://popular.rusnano.com/>
- 7) Российский электронный НАНОЖУРНАЛ. [Электронный ресурс]: <http://www.nanorf.ru/>
- 8) R.P. Feynman. There's Plenty of Room at the Bottom [Электронный ресурс]: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- 9) Нанотехнологии: сегодня и будущее. [Электронный ресурс]: <http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina/>
- 10) Нанотехнологии. Научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: <http://nano-info.ru/>
- 11) Труды Второй Всероссийской конференции по наноматериалам «НАНО 2007». 13 - 16 марта 2007 года, Новосибирск// [Электронный ресурс]: <http://www.solid.nsc.ru/nano2007/RUS/tezis.htm>
- 12) Труды Второй Всероссийской конференции по наноматериалам «НАНО 2007». 13 - 16 марта 2007 года, Новосибирск// [Электронный ресурс]: <http://www.solid.nsc.ru/nano2007/RUS/tezis.htm>
- 13) Resnik D. B., Tinkle S. S.. Ethical issues in clinical trials involving nanomedicine // Contaprorary Clivical Trials, 2007. - №28. – P.433–441.
- 14) Нанотехнологии: сегодня и будущее. [Электронный ресурс]: <http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina/>
- 15) Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]: <http://www.nanoware.ru/>

- 16) Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)
- 17) Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: <http://nanodigest.ru/>
- 18) Нанобиотехнология. [Электронный ресурс]:  
[http://community.livejournal.com/ru\\_nanobiotech](http://community.livejournal.com/ru_nanobiotech)
- 19) НАНО-это просто! [Электронный ресурс]: <http://popular.rusnano.com/>
- 20) Российский электронный НАНОЖУРНАЛ. [Электронный ресурс]: <http://www.nanorf.ru/>
- 21) Environmental Chemistry Letters <http://www.springerlink.com/content/1610-3653>
- 22) Journal of Environmental Monitoring <http://www.rsc.org/Publishing/Journals/em/Index.asp>
- 23) Nanoscale <http://www.rsc.org/Publishing/Journals/News/nanoscale.asp>
- 24) Energy & Environmental Science <http://www.rsc.org/Publishing/Journals/EE/About.asp>
- 25) GREEN CHEMISTRY <http://www.rsc.org/Publishing/Journals/gc/index.asp>
- 26) Archives of Environmental Contamination and Toxicology  
<http://www.springer.com/environment/environmental+toxicology/journal/244>
- 27) Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology  
<http://www.springer.com/environment/pollution+and+remediation/journal/128>
- 28) Chemoecology <http://www.springer.com/birkhauser/biosciences/journal/49>
- 29) Environmental Management  
<http://www.springer.com/environment/environmental+management/journal/267>
- 30) Ecotoxicology <http://www.springer.com/environment/journal/10646>
- 31) Environmental Health Perspectives <http://www.ehponline.org/>
- 32) Toxicological Sciences <http://toxsci.oxfordjournals.org/>

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В таблице 9 приведено материально-техническое обеспечение дисциплины (технические средства, лабораторное оборудование).

Таблица 9

#### Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование	Назначение, технические характеристики
1.	Атомно-силовые зондовые микроскопы Nanoeducator10	Учебно-научные атомно-силовые зондовые микроскопы для проведения лабораторных практикумов. Разрешение до 10 нм. Учебный класс из 10 установок
2.	Компьютерный класс моделирования наноматериалов	Учебный класс из 10 установок
3.	Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S	Угловой диапазон сканирования по 2тета - 12град+164град. Минимальный угловой шаг 0,0002 град. Высокотемпературная вакуумная камера (до 2300°C).
4.	Дифракционный электронный микроскоп JEM-2100F	Просвечивающий электронный дифракционный микроскоп высокого разрешения (до 0,5 нм) с энергодисперсионным микроанализатором.
5.	Сканирующий (растровый) электронный микроскоп JSM-7500FA	Сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения (до 1 нм) с энергодисперсионным микроанализатором.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов и профилю подготовки «Производство изделий из наноструктурных материалов»

Программа одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологий ИФВТ протокол № 53 от «09» февраля 2016 г

**Автор:**  
профессор каф. НМНТ

**Рецензент:**  
доцент каф. НМНТ

Иванов Ю.Ф.

Г.В. Лямина