

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

ФГОС введен в действие приказом №10 от 13.01.2010 г., регистрационный номер: 16378, дата утверждения: 11.02.2010 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: М2, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ММ, протокол заседания кафедры № 5 от 28.05.2015 г.

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Никулина А.А.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Батаев А.А.

Ответственный за основную образовательную программу:

доцент, д.т.н. Батаев В.А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенции ФГОС	
ОК7	<p>Способен к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями ООП магистратуры) и формулированию новых исследовательских задач на основе возникающих проблем</p> <p>в частности следующие результаты обучения: У5. использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач</p>
ПК3	<p>Использует на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем направления "Материаловедение и технологии материалов", умеет выдвигать и применять идеи, вносить оригинальный вклад в данную область науки, техники и технологии</p> <p>в частности следующие результаты обучения: У14. определять физические, химические, механические свойства материалов при различных видах испытаний</p>
ПК4	<p>Способен к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного, научно-педагогического и производственного профиля своей профессиональной деятельности</p> <p>в частности следующие результаты обучения: У6. в проведении структурного анализа материалов с помощью рентгеновского, электронно-микроскопического, парамагнитного, акустического, спектрального, микрорентгено-спектрального и др. методов У7. навыками использования методов структурного анализа и определения физических и физико-механических свойств материалов, техники проведения экспериментов и статистической обработки экспериментальных данных</p>
ПК7	<p>Понимает и самостоятельно использует физические и химические основы, принципы и методики исследований, испытаний и диагностики веществ и материалов, имеет навыки комплексного подхода к исследованию материалов и технологий их обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и процессов</p> <p>в частности следующие результаты обучения: З2. Взаимосвязь физических явлений и методов исследования и контроля качества материалов и изделий</p>
ПК8	<p>Способен самостоятельно использовать современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и наномасштаба на механические, физические, поверхностные и другие материалов, взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками</p> <p>в частности следующие результаты обучения: У5. использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач</p>
ПК.12	<p>владеет навыками самостоятельного использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, структуры и свойств материалов и изделий из них, планирования и реализации исследований и разработок</p> <p>в частности следующие результаты обучения: З9. методы проведения структурного анализа (рентгеновского, электронно-микроскопического, парамагнитного, акустического, спектрального, микрорентгено-спектрального и др.)</p>
ПК.14	<p>способен к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с целями ООП магистратуры</p> <p>в частности следующие результаты обучения: У8. современными методами анализа и определения физических, химических и механических свойств перспективных материалов</p>

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)		Формы организации занятий	Компетенция
знать			
1	Возможности современной приборной базы для исследования наноматериалов	Самостоятельная работа, Семинары Практические занятия	ОК7, ПК4, ПК12, ПК14
2	Основные методики рентгеноструктурного анализа наноматериалов	Самостоятельная работа, Семинары Практические занятия	ОК7, ПК4, ПК8, ПК12
3	Принципы формирования изображения и основные области применения просвечивающей и растровой электронной микроскопии	Самостоятельная работа, Семинары Практические занятия	ПК7, ПК4, ПК8, ПК12
4	Теоретические основы микрозондовых методов исследования наноматериалов и их области применения	Самостоятельная работа, Семинары	ПК4, ПК8, ПК12
5	Основы методов исследования физических свойств		ПК4, ПК8, ПК12
уметь			
6	Ориентироваться в основных методах исследования наноматериалов	Самостоятельная работа, Семинары Практические занятия	ОК7, ПК3, ПК4
иметь опыт (владеть)			
7	Осуществлять планирование, проводить эксперименты и анализировать результаты исследований по исследованию строения и свойств наноматериалов, выбирать методы анализа для решения различных задач материаловедения	Самостоятельная работа, Семинары Практические занятия	ОК7, ПК3, ПК4, ПК7, ПК8, ПК12, ПК14

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1 Индивидуальная работа - семинары, практические занятия в малых группах (22 ч.)

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность Семинар/практика	Часы Семинар/практика	Ссылки на цели
Семестр: 3			
Дидактическая единица: Структурные исследования			
Растровая электронная микроскопия	Обсуждение РГЗ/ работа на оборудовании	2/2	1, 3, 6, 7
Просвечивающая электронная микроскопия	Обсуждение РГЗ /работа на оборудовании	2/4	1, 3, 6, 7

Рентгеноструктурный анализ	Обсуждение РГЗ / работа на оборудовании	2/4	1, 2, 6, 7
Сканирующая зондовая микроскопия	Обсуждение РГЗ	2/0	1, 2, 4, 6, 7
Дидактическая единица: Методы анализа физических свойств			
Термический анализ. Калориметрический анализ. Дилатометрический анализ	Обсуждение РГЗ	2/0	1,5, 6, 7
Методы измерения электрических свойств и магнитных свойств наноматериалов	Обсуждение РГЗ	2/0	1,5, 6, 7

4. Самостоятельная работа студентов

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение
Семестр: 1			
1	РГЗ	1-5	20
2	Подготовка к занятиям	1-4	12

Семестр- 3, Подготовка к зачету

Для подготовки к зачету в 3 семестре необходимо изучить весь материал по темам, представленным в разделе "подготовка к семинарам"

Семестр- 3, Подготовка к семинарам

Темы для самостоятельного изучения (20 ч.)			
Семестр № 3			
Трансмиссионная электронная микроскопия. Взаимодействие электронов с веществом. Устройство микроскопа. Увеличение и разрешение просвечивающих электронных микроскопов. Контраст и формирование изображения. Рассеяние электронов веществом. Образование дифракционной картины в электронном микроскопе.			
Растровая электронная микроскопия. Особенности растрового электронного микроскопа. Подготовка образцов для исследования. Применение растровой электронной микроскопии.			
Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Зонды для туннельной микроскопии. Перемещение пьезосканеров. Устранение дефектов при работе зондовых микроскопов. Перспективы развития сканирующей зондовой микроскопии.			
Рентгеноструктурный анализ. Возникновение и природа рентгеновских лучей. Сплошной спектр и характеристическое рентгеновское излучение. Поглощение рентгеновского излучения. Фильтры излучения. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгеновская аппаратура. Регистрация рентгеновских лучей и измерение их интенсивности. Индицирование рентгенограмм.			
Микрорентгеноспектральный анализ. Принципы метода. Устройство			

<p>рентгеноспектрального микроанализатора. Характеристики и возможности микрорентгеноспектрального анализа. Техника применения рентгеноспектрального микроанализатора.</p>
<p>Термический анализ. Простой термический анализ. Дифференциальный термический анализ. Дифференциальные термограммы. Аппаратура для дифференциального термического анализа. Факторы, влияющие на характер термограмм. Определение теплоты фазового превращения методом дифференциального термического анализа. Применение термического анализа.</p>
<p>Калориметрический анализ. Прямая калориметрия. Методы обратной калориметрии. Метод Смита. Метод Сайкса. Дифференциальная адиабатическая калориметрия. Импульсная калориметрия. Применения калориметрии.</p>
<p>Дилатометрия. Некоторые закономерности теплового расширения. Методы исследования теплового расширения металлов и объемных эффектов фазовых превращений в них. Разновидности дилатометров. Дилатометрический датчик. Индикаторные дилатометры. Дифференциальный оптико-механический дилатометр Шевенара. Обработка дилатограмм. Совмещение дилатометрии с термическим анализом. Некоторые применения дилатометрии.</p>
<p>Методы определения плотности. Определение плотности методом трехкратного взвешивания. Метод гидростатического взвешивания.</p>
<p>Методы измерения удельного электрического сопротивления. Методы измерения электрического сопротивления. Метод вольтметра-амперметра. Мостовые методы измерения электросопротивления. Компенсационный метод. Измерения электрического сопротивления бесконтактными методами. Электрическое сопротивление металлических сплавов. Электросопротивление твердых растворов. Электрическое сопротивление интерметаллических соединений и промежуточных фаз. Электрическое сопротивление гетерогенных сплавов. Применения резистометрии в металлофизических исследованиях.</p>
<p>Методы измерений и исследований магнитных свойств веществ. Методы измерения магнитной восприимчивости. Образцы и намагничивающие устройства. Измерение статических магнитных параметров материалов в замкнутой магнитной цепи. Автоматизированные установки для измерения статических магнитных параметров материалов. Измерение коэрцитивной силы и остаточной индукции. Измерение магнитострикции. Механооптический метод. Тензометрический метод. Магнитные свойства ферромагнитных металлов и сплавов. Температурная зависимость статических магнитных параметров. Концентрационная зависимость статических магнитных параметров ферромагнитных сплавов. Исследование фазовых превращений и структурных изменений магнитными методами.</p>

Семестр 3, РГЗ

В третьем семестре студенты выполняют РГЗ (20 ч.) по одной из тематик:

1. Просвечивающая электронная микроскопия
2. Растровая электронная микроскопия
3. Рентгенофазовый анализ
4. Рентгенографический анализ
5. Рентгенофлуоресцентный анализ
6. Спектроскопия поглощения света
7. Атомная силовая микроскопия
8. Туннельная микроскопия
9. Наноиндентирование
10. Нановесы
11. Дилатометрия
12. 3D-технологии
13. Системы нанопозиционирования

14. Золь-гель технологии
15. Трение и износ на атомарном уровне

Выбор темы РГР производится студентом произвольно в рамках обозначенных тематик. Тему утверждает преподаватель.

Объем пояснительной записки 20-25 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, номер и наименование темы РГЗ, фамилия, имя и группа студента. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному на рисунке 1. Основные составляющие РГЗ: содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки должны быть сделаны в векторном графическом редакторе (CorelDraw, AutoCAD, BCAD и т.п.) и могут быть расположены на отдельной странице. Подрисуночная подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.

РГЗ в печатном виде сдаются преподавателю на последней учебной неделе 3 семестра.

Контроль выполнения РГЗ проводится на каждой четной неделе в виде семинарских занятий.

Министерство образования и науки Российской Федерации НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАФЕДРА МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
Расчетно-графическое задание по курсу «Методы исследования наноматериалов»	
Тема _____	
Факультет	механико-технологический
Группа	_____
Студент	_____
Преподаватель	_____
Новосибирск _____ г.	

Рисунок 1 – Титульная страница РГЗ.

5. Технология обучения

Таблица 5.1

№	Технология обучения	Формируемые компетенции	Форма обучения
1	Дискуссия	ПК7, ПК12	Интерактивное
2	Дебаты	ПК7, ПК12	Интерактивное
3	Обучение в малых	ОК7, ПК3, ПК4, ПК7, ПК8,	Интерактивное

группах	ПК12, ПК14	
---------	------------	--

Преподаватель помогает студентам в выполнении их РГЗ, направляя их в выборе методов исследования в зависимости от анализируемых материалов, объясняет этапы выполнения. Защиты расчетно-графических заданий проходят на семинарах с представлением результатов в виде презентаций, при этом используются активные и интерактивные формы обучения в виде дискуссий и дебатов. Все студенты активно участвуют в обсуждениях, учатся задавать вопросы. В качестве помощи студентам разработаны электронные курсы по темам самостоятельной работы студентов.

Для индивидуальной работы (практические занятия) студенты разбиваются на малые группы (2 - 3 человека). Интерактивное обучение помогает установлению эмоциональных контактов между студентами, приучает к работе в команде, развивает творчество и коммуникабельность.

Для организации и контроля самостоятельной работы студентов, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Информирование	e-mail: корпоративная почтовая система; Портал НГТУ: DiSpace; Социальные сети: В контакте Skype
Контроль	e-mail: корпоративная почтовая система; Портал НГТУ: DiSpace; Социальные сети: В контакте
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ:DiSpace; ЭБС

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Аттестация проводится в соответствии с планом ООП. Для аттестации студентов по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

В третьем семестре студенты выполняют РГЗ по темам, представленным в разделе 4 Самостоятельная работа студентов, результаты которой оформляют в виде презентации и обсуждаются на семинарских занятиях (защищаются). Выполненная и защищенная РГЗ является допуском к зачету. Контроль выполнения РГЗ проводится на каждой четной неделе в виде семинарских занятий.

Работа в течение семестра оценивается в соответствии с таблицами 1 и 2. При аттестации используются контролирующие материалы, образцы которых приведены в п. 10. Для зачета в 3 семестре билет состоит из четырех вопросов.

Таблица 6.1 – Оценка деятельности студента в течение семестра и при аттестации в 3 семестре.

3 семестр		
Учебная деятельность	Максимальный балл	Максимальный общий балл
выступление на семинарском занятии (полнота охвата темы, ответы на вопросы)	20	20
оформление презентации	7	7
участие в обсуждении, вопросы к докладчику	3	18 (6 семинаров)

РГЗ в печатном виде в том числе: актуальность полнота охвата темы информативность объем используемой литературы оформление	20 4 4 4 4	20
Практические занятия	5	15
Работа в семестре		80
Зачет	Максимальный балл за вопрос	Максимальный общий балл
2 вопроса	10	20
Итого по предмету		100

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Компетенции ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита РГЗ	Практические занятия	Зачет
ОК7	У5. использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач		+	
ПК3	У14. определять физические, химические, механические свойства материалов при различных видах испытаний		+	
ПК4	У6. в проведении структурного анализа материалов с помощью рентгеновского, электронно-микроскопического, парамагнитного, акустического, спектрального, микрорентгено-спектрального и др. методов		+	
	У7. навыками использования методов структурного анализа и определения физических и физико-механических свойств материалов, техники проведения экспериментов и статистической обработки		+	
ПК7	З2. Взаимосвязь физических явлений и методов исследования и контроля качества материалов и изделий	+		+
ПК8	У5. использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач	+	+	
ПК.12	З9. методы проведения структурного анализа (рентгеновского, электронно-микроскопического, парамагнитного, акустического, спектрального, микрорентгено-спектрального и др.)	+	+	+
ПК.14	У8. современными методами анализа и определения физических, химических и механических свойств перспективных материалов		+	

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. М. : Физматлит, 2007. - 416 с.

2. Батаев В.А. Материалы с нанокристаллической структурой : учебное пособие / В. А. Батаев, З. Б. Батаева. Новосибирск : Изд-во НГТУ , 2007. - 262 с.
3. Батаев В. А. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей : учебное пособие / В. А. Батаев, А. А. Батаев, А. П. Алхимов. - Новосибирск, 2006. - 219 с. : ил. - Рекомендовано УМО. Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/bataev.pdf>
4. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям. (В 3 т.) / Федер. гос. учреждение Науч.-произв. комплекс "Технологический центр" Моск. гос. ин-та электрон. техники ; под ред. Б. Бхушана ; пер. с англ. под общ. ред. А. С. Саурова. М. : Техносфера , 2010.

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Металловедение и термическая обработка стали. В 3 т.. Т. 1. Методы испытаний и исследования. В 2 кн., кн. 1 : справочник / [Б. А. Клыпин и др.] ; под ред. М. Л. Бернштейна, А. Г. Рахштадта. - М., 1991. - 303 , [1] с. : ил., табл.
2. Тушинский Л. И. Структурная теория конструктивной прочности материалов : [монография] / Л. И. Тушинский. - Новосибирск, 2004. - 399 с. : ил.
3. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для вузов / В. Миронов ; Ин-т физики микроструктур. - М., 2005. - 143 с. : цв. ил.
4. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учебное пособие по направлению "Прикладные математика и физика" / Д. Брандон, У. Каплан ; пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова с доп. О. В. Егоровой. - М., 2006. - 377 с. : ил.
5. Егорова О. В. Техническая микроскопия : практика работы с микроскопами для технических целей / О. Егорова. - М., 2007. - 357 с., 16 с. цв. вклейка : ил.. - Данная книга представляет собой развитие темы технической микроскопии, поднятой автором в книге "С микроскопом на "ты" (СПб. : Интерлаб, 2000).
6. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение : справочник / Л. Энгель, Г. Клингеле ; пер. с нем. Б. Е. Левина ; под ред. М. Л. Бернштейна. - М., 1986. - 230, [1] с. : ил.
7. Синдо Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия / Д. Синдо, Т. Оикава ; пер. с англ. С. А. Иванова. - М., 2006. - 249, [5] с. : ил.
8. Чечерников В. И. Магнитные измерения : учебное пособие. - М., 1963. - 284, [1] с.
9. Васильева Л. А. Электронная микроскопия в металловедении цветных металлов : справочник / Л. А. Васильева, Л. М. Малашенко, Р. Л. Тофпенек ; под ред. С. А. Астапчика ; Акад. наук БССР, Физико-технический ин-т. - Минск, 1989. - 206, [2] с. : ил., табл.
10. Микроанализ и растровая электронная микроскопия / под ред. Ф. Морис, Л. Мени, Р. Тиксье ; пер. с фр. Г. Д. Стельмаковой ; под ред. И. Б. Боровского. - М., 1985. - 406, [2] с.
11. Неразрушающий контроль. [В 5 кн.]. Кн. 2. Акустические методы контроля : [практическое пособие] / Ермолов И. Н. , Алешин Н. П. , Потапов А. И. ; под ред. Сухорукова В. В. - М., 1991. - 283 с. : ил., схем
12. Выборнов Б. И. Ультразвуковая дефектоскопия / Б. И. Выборнов. - М., 1985. - 255, [1] с. : ил.
13. Блейкмор Д. Физика твердого тела : пер. с англ. / Дж. Блейкмор; пер. с англ. под ред. Д. Г. Андрианова, В. И. Фистуля. - М., 1988. - 608 с. : ил.
14. Лившиц Б. Г. Физические свойства металлов и сплавов : учебник для металлургических специальностей вузов / Б. Г. Лившиц, В. С. Крапошин, Я. Л. Линецкий ; под ред. Б. Г. Лившица. - М., 1980. - 319, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Просвечивающая электронная микроскопия : методические указания к лабораторным работам по курсу "Методы исследования материалов и процессов" для 3 курса МТФ (специальность 150501 "Материаловедение в машиностроении" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Смирнов, А. А. Никулина]. - Новосибирск, 2010. - 19, [1] с. : ил.
2. Исследование строения металлов и сплавов методами макро- и микроанализа : методические указания к лабораторной работе № 1 по курсу "Материаловедение" для 2 курса МТФ и 1 курса ФЛА дневного обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Н. В. Плотникова и др.]. - Новосибирск, 2007. - 14, [1] с. : ил.

В электронном виде

1. Исследование строения металлов и сплавов методами макро- и микроанализа : методические указания к лабораторной работе № 1 по курсу "Материаловедение" для 2 курса МТФ и 1 курса ФЛА дневного обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Н. В. Плотникова и др.]. - Новосибирск, 2007. - 14, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/3355.rar>
2. Просвечивающая электронная микроскопия : методические указания к лабораторным работам по курсу "Методы исследования материалов и процессов" для 3 курса МТФ (специальность 150501 "Материаловедение в машиностроении" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Смирнов, А. А. Никулина]. - Новосибирск, 2010. - 19, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3877.pdf>
3. Методы исследования материалов: электронный учебный комплекс [сост. Никулина А.А., Смирнов А.И., Веселов С.В.]. - Новосибирск, 2012. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000172891
4. Растровая электронная микроскопия и микрорентгеноспектральный анализ: электронный учебный комплекс [сост. Никулина А.А.]. - Новосибирск, 2015. - Режим доступа: <http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/4688>.
5. Инновационные технологии производства наноструктурированной керамики : электронный учебно-методический комплекс [сост. Никулина А.А., Смирнов А.И.]. - Новосибирск, 2014. - Режим доступа: <http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/3856>.
6. Исследование физических свойств материалов. [В 4 ч.] : учебно-методическое пособие [сост. А. В. Шишкин, О. С. Дутова] : Новосибирск, 2010. - Режим доступа http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000136748

8.2 Программное обеспечение

Для проведения индивидуальных занятий (семинаров и практических работ) используется следующее программное обеспечение:

1. SmartSEM® GUI, INCA Energy, Windows XP (растровый электронный микроскоп)
2. Tecnai user and analysis, TEM Imaging and analysis, EDAX Genesis (просвечивающий электронный микроскоп)
3. WinXRD, ICDD PDF-2 2007, ICDD PDF-4 2014
4. DIL402Eon18TaSC414_4, Netzsch Proteus Thermal Analysis (дилатометр)
5. Windows 7, Microsoft Office (семинарские занятия)

9. Материально-техническая база

Для проведения индивидуальных занятий используется следующее аналитическое оборудование: растровый электронный микроскоп Carl Zeiss EVO 50 XVP с микроанализатором EDS X-Act (Oxford Instruments) просвечивающий электронный микроскоп FEI Tecnai G2 20 TWIN с микроанализатором EDAX, рентгеновский дифрактометр дифрактометр ARL X'TRA, дилатометр DIL 402 C.

10. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении к рабочей программе.