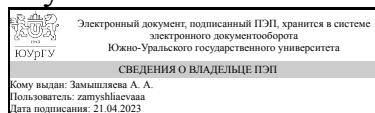


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Институт естественных и точных
наук

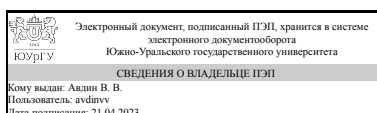


А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

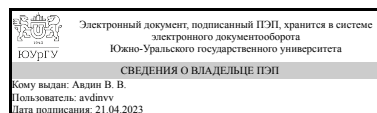
дисциплины 2.1.36.1 Специальная дисциплина
для научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Экология и химическая технология

Зав.кафедрой разработчика,
д.хим.н., проф.



В. В. Авдин

Разработчик программы,
д.хим.н., проф., заведующий
кафедрой



В. В. Авдин

1. Цели и задачи дисциплины

Основная цель данной учебной дисциплины заключается в формировании у аспирантов комплекса фундаментальных представлений, составляющих основу востребованных научно-технических направлений, связанных с нанотехнологиями и наноматериалами. 2. Задачи дисциплины: - Изучить закономерности, обуславливающие изменения физических и химических свойств вещества в наномире, - обеспечить формирование у аспирантов умения проводить теоретический анализ, компьютерное моделирование и экспериментальные исследования физических процессов на основе современных знаний, - раскрыть междисциплинарный характер современных нанотехнологий и выработать навыки планирования условий синтеза наноматериалов с новыми свойствами - усилить степень и эффективность самостоятельности при работе с литературой; аппаратными и методическими средствами экспериментального исследования.

Краткое содержание дисциплины

Направлениями профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры по научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы, являются: 1. Экспериментальные исследования процессов получения и технологии наноматериалов, формирования наноструктур на подложках, синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, индивидуальных металлов и сплавов, в том числе редких и платиновых металлов. 2. Выявление влияния размерного фактора на функциональные свойства и качества наноматериалов. 3. Исследование фазовых равновесий и поверхностных явлений в наноматериалах. 4. Моделирование структуры, свойств и процессов получения наноматериалов. 5. Исследование процессов нанесения покрытий из наноструктурированных материалов на различные наполнители. 6. Совершенствование существующих и разработка новых методов анализа структуры и свойств наноматериалов. 7. Исследование структуры, свойств и технологии композиционных наноструктурированных материалов. 8. Исследование физико-химических свойств неорганических наполнителей. 9. Новые технологические процессы с участием наноструктурированных сред и наноматериалов. 10. Подготовка кадров высшего профессионального образования в области нанотехнологии и наноматериалов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Знать:

- структурные, морфологические и механические свойства наноматериалов и композитных структур на их основе; - основы теории фазовых равновесий и поверхностных явлений в наноматериалах; - методы научно-исследовательской деятельности в том числе в области нанотехнологии и наноматериалов; - сложившиеся практики решения исследовательских задач по тематике проводимых исследований и (или) разработок; - методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках; - современные наукометрические, информационные, патентные и иные базы данных и знаний; - требования к

оформлению научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, к представлению научных результатов.

Уметь:

- проводить исследования наноматериалов и композитных структур; - выявлять влияние размерного фактора на функциональные свойства и качества наноматериалов; - проводить масштабирование процессов с участием наноструктурированных систем и наноматериалов; - использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований; - проводить информационный поиск для решения исследовательских задач; - формулировать задачи исследования, составлять план исследований; - формулировать результаты, полученные в ходе решения исследовательских задач; - проводить научные дискуссии на научных (научно-практических) мероприятиях; - представлять научные результаты в форме публикаций в рецензируемых научных изданиях и на научных (научно-практических) мероприятиях.

Владеть:

- навыками моделирования структуры, свойств и процессов получения наноматериалов; - методами диагностики наноматериалов и наноструктур; - навыками анализа методов и способов решения исследовательских задач; - навыками использования информационных ресурсов, научной, опытноэкспериментальной и приборной базы по тематике проводимых исследований и (или) разработок; - навыками критического анализа научной литературы с целью самостоятельного выбора направления исследования; - навыками определения необходимых средств и методов для выполнения исследования; - навыками формулировки выводов по итогам проведенных исследований, экспериментов, наблюдений, измерений; - навыками представления научных результатов в отечественных и зарубежных базах данных и системах учета; - навыками организации самостоятельной исследовательской работы менее квалифицированных работников.

3. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к Образовательному компоненту программы аспирантуры.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|-------------------------------|-------------|------------------------------------|
| | | Номер семестра |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 72 | 72 |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 36 | 36 |
| Лекции (Л) | 36 | 36 |

| | | |
|--|----|---------|
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 0 | 0 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 36 | 36 |
| подготовка к экзамену | 30 | 0 |
| подготовка к контрольным работам | 40 | 0 |
| Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | |
|-----------|----------------------------------|---|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ |
| 1 | Введение | 2 | 2 | 0 |
| 2 | Наноматериалы | 17 | 17 | 0 |
| 3 | Нанотехнологии | 17 | 17 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1 | 1 | Основные понятия, термины и определения. Предмет, цели и задачи курса наноматериалов и нанотехнологий. Основные классы наноматериалов и нанотехнологий. Перспективы применения наноматериалов и нанотехнологий. | 2 |
| 2 | 2 | Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур. | 2 |
| 3 | 2 | Углеродные нанокластеры, наноструктуры и наноматериалы. | 3 |
| 4 | 2 | Оптические, электронные и магнитные свойства наносистем и наноматериалов. | 3 |
| 5 | 2 | Самосборка и катализ. Поверхностные эффекты. | 3 |
| 6 | 2 | Принципы разработки наноматериалов с новыми свойствами. | 3 |
| 7 | 2 | Методы исследований и измерений в нанонауке. | 3 |
| 8 | 3 | Определение технологии и нанотехнологий. Классификации нанотехнологий. Основные представления о современных технологиях синтеза наноматериалов и основные методы диагностики наноматериалов. | 2 |
| 9 | 3 | Методы измерения, исследования и формирования наноструктур. | 2 |
| 10 | 3 | Материалы и технологии изготовления оптических волокон. | 2 |
| 11 | 3 | Применения наноматериалов и нанотехнологий. | 2 |
| 12 | 3 | Устройства с нанокристаллическими материалами в (опто)электронике и фотонике. | 3 |
| 13 | 3 | Наномашины и наноприборы. | 3 |
| 14 | 3 | Перспективы наноматериалов, наноструктур и нанотехнологий. | 3 |

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Самостоятельная работа аспиранта

| Выполнение СРС | | |
|---------------------------------|---|--------------|
| Вид работы и содержание задания | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) | Кол-во часов |
| | | |

| | | |
|----------------------------------|--|----|
| подготовка к экзамену | <p>Суздаев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Изд2-е -М.:»Либроком 2009.-592с. 2. Мир материалов и технологий. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах).М: ТЕХНОСФЕРА,2010- 858 с.] 3. Головин, Ю.И. Введение в нанотехнику. Учебное пособие. – М. : Машиностроение, 2007. — 496 с. [Электронная учебно-методическая документация, основная литература] 4. Вохминцев, К.В. Исследование методом пэм динамики формирования частиц наноструктурированного ZnO в ходе прокаливания / К.В. Вохминцев, Е.А. Трусова, С.А. Писарев, Е.В. Юртов. // Успехи в химии и химической технологии, 2009. – № 9(102). – Т. 23. – С. 59–64. [Электронная учебно-методическая документация, дополнительная литература]</p> | 16 |
| подготовка к контрольным работам | <p>1. Вайтулевич Е.А., Бабкина О.В., Светличный В.А. Термический анализ органических полимерных материалов и композитов. Учебное пособие. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2011. – 56с. [Электронная учебно-методическая документация, основная литература]. 2. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2014. – 600 с. [Электронная учебно-методическая документация, основная литература] 3. Головин, Ю.И. Введение в нанотехнику. Учебное пособие. – М. : Машиностроение, 2007. — 496 с. [Электронная учебно-методическая документация, основная литература] 4. Вохминцев, К.В. Исследование методом пэм динамики формирования частиц наноструктурированного ZnO в ходе прокаливания / К.В. Вохминцев, Е.А. Трусова, С.А. Писарев, Е.В. Юртов. // Успехи в химии и химической технологии, 2009. – № 9(102). – Т. 23. – С. 59–64. [Электронная учебно-методическая документация, дополнительная литература]</p> | 20 |

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

| Инновационные формы учебных занятий | Вид работы (Л, ПЗ, ЛР) | Краткое описание | Кол-во ауд. часов |
|--|---------------------------------|--|-------------------|
| Наблюдение за исследованием реальных образцов наноматериалов на современном оборудовании и анализ полученных результатов | Самостоятельная работа студента | Аспиранты наблюдают за исследованием образцов на оборудовании: сканирующий электронный микроскоп с микроанализом (EDS, WDS), просвечивающий электронный микроскоп высокого разрешения, термический анализатор с масс-спектрометрией и ИК-спектроскопией газообразных продуктов термолиза, рентгеновский порошковый дифрактометр, рентгеновский монокристалльный дифрактометр, ИК-спектрометр). Полученные данные самостоятельно анализируются, делается заключение о свойствах наноматериалов, выполняется доклад с обсуждением. | 8 |

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: 1. Получение и исследование свойств металлоксидных функциональных материалов. 2. Получение и исследование свойств органических фотосенсибилизаторов. 3. Получение и исследование свойств элементоорганических функциональных соединений.

7. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт оценочных средств

| Наименование разделов дисциплины | Контролируемая компетенция ЗУНы | Вид контроля (включая текущий) | №№ заданий |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------|
| Все разделы | | устный опрос | 1.1. - 1.19. |
| Все разделы | | устный опрос | 1.1. - 1.19. |
| Все разделы | | устный опрос | 1.1. - 1.19. |
| Все разделы | | устный опрос | 1.1. - 1.19. |
| Все разделы | | контрольная работа | 2.1. - 2.17. |
| Все разделы | | контрольная работа | 2.1. - 2.17. |
| Все разделы | | контрольная работа | 2.1. - 2.17. |
| Все разделы | | контрольная работа | 2.1. - 2.17. |
| Все разделы | | экзамен | 3.1. - 3.15. |
| Все разделы | | экзамен | 3.1. - 3.15. |
| Все разделы | | экзамен | 3.1. - 3.15. |
| Все разделы | | экзамен | 3.1. - 3.15. |

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

| Вид контроля | Процедуры проведения и оценивания | Критерии оценивания |
|--------------------|--|--|
| устный опрос | аспирант делает устный доклад по одной из предложенных тем, либо по результатам анализа экспериментальных данных изучения наноматериалов, полученных на предыдущем занятии | Зачтено: правильное понимание сути излагаемых вопросов, логичные выводы из проанализированного материала Не зачтено: неправильное понимание сути излагаемых вопросов, нелогичные выводы из проанализированного материала или неполностью проанализированный материал |
| контрольная работа | контрольная работа (КР) включает 3-4 варианта заданий, каждый вариант включает 2 вопроса. КР проводятся в течение 30 мин. | Зачтено: правильное изложение 50% и более материала, рассмотренного на лекциях и рассмотренного на практических занятиях Не зачтено: правильное изложение менее 50% материала, рассмотренного на лекциях и рассмотренного на практических занятиях |
| экзамен | Аспирант вытягивает билет, содержащий 2 вопроса, готовится не более 40 минут, отвечает устно. | Отлично: Полное понимание сути вопросов, правильное изложение 90% и более необходимого материала Хорошо: Понимание основной сути вопросов, правильное изложение 75-89% и более необходимого материала Удовлетворительно: Понимание основной сути вопросов, правильное изложение 50-74% и более необходимого материала Неудовлетворительно: Непонимание основной сути вопросов или правильное изложение менее 50% необходимого материала |

7.3. Типовые контрольные задания

| Вид контроля | Типовые контрольные задания |
|--------------|--|
| устный опрос | <p>1.1. Морфология. Структура. Постановка структурной задачи.</p> <p>1.2. Метода ДСК и ДТА. Сущность методов. Типы кривых. Основные параметры, влияющие на ход процесса.</p> <p>1.3. Термогравиметрия. Сущность метода. Типы кривых. Основные параметры, влияющие на ход процесса.</p> <p>1.4. Сущность СТА. Недостатки и достоинства.</p> <p>1.5. Электронная микроскопия: виды (СЭМ и ПЭМ), достоинства и ограничения методов.</p> <p>1.6. Сканирующая электронная микроскопия: принцип работы, определяемые характеристики (с учётом дополнительных приставок), достоинства и недостатки.</p> <p>1.7. Просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ и ТЕМ HR): принцип работы, определяемые характеристики (с учётом дополнительных приставок), достоинства и недостатки.</p> <p>1.8. Дополнительные методы электронной микроскопии (EDS, WDS, картирование, электронная дифракция): принципы реализации, определяемые характеристики, достоинства и недостатки.</p> <p>1.9. Схема и принцип работы масс-спектрометра. Масс-спектры, массовые числа.</p> <p>1.10. Результаты масс-спектрометрического анализа, возможности и ограничения метода.</p> <p>1.11. Применение Фурье-преобразования для спектроскопических методов.</p> |

| | |
|---------------------------|---|
| | <p>1.12. Виды колебательной спектроскопии и принципы их реализации.</p> <p>1.13. Принцип и реализация рентгенофлуоресцентной спектроскопии.</p> <p>1.14. Спектроскопия ультрафиолетового и видимого диапазонов. Возможности метода, особенности реализации.</p> <p>1.15. Динамическое светорассеяние. Принцип реализации метода, получаемая информация, техника проведения эксперимента.</p> <p>1.16. Принцип спектроскопии ЯМР. Возникновение резонанса, мешающие факторы. Ограничения методов ЯМР.</p> <p>1.17. Принцип спектроскопии ЭПР. Возникновение резонанса, мешающие факторы. Ограничения методов ЭПР.</p> <p>1.18. Рентгеновские методы анализа структуры.</p> <p>1.19. Электронная и нейтронная дифракция.</p> |
| <p>контрольная работа</p> | <p>2.1. Формы и материалы тиглей для ТГА. Эффект неравномерного прогрева. Скорость нагревания.</p> <p>2.2. Особенности ТГА: весовая часть, атмосфера. Характеристики, изучаемые методом ТГ.</p> <p>2.3. Особенности кривых ДТА и ДСК. Ограничения ДСК. Термический анализ высокого разрешения.</p> <p>2.4. Взвешивание и пробоподготовка при ДТА и ДСК, держатели, тигли, атмосфера для ДСК.</p> <p>2.5. Тигли, держатели, весовая часть, атмосфера в СТА.</p> <p>2.6. Методы электронной микроскопии. Принципы создания электронного луча, управления им и взаимодействия его с веществом.</p> <p>2.7. Сканирующая электронная микроскопия. Виды рассеянного излучения и получаемая информация.</p> <p>2.8. Просвечивающая электронная микроскопия. Принцип реализации, преимущества перед сканирующей электронной микроскопией.</p> <p>2.9. Применение масс-спектрометрического детектора в других видах анализа.</p> <p>2.10. Модификация спектрометров Фурье-преобразователями: принцип, возможности, преимущества.</p> <p>2.11. Виды ИК спектроскопии. Реализация ИК спектроскопии при падении луча на образец под прямым углом.</p> <p>2.12. Принцип и реализация методов ИК спектроскопии отражения.</p> <p>2.13. ИК спектроскопия испускания.</p> <p>2.14. Принцип и реализация спектроскопии комбинационного рассеяния.</p> <p>2.15. Условия записи спектров ЯМР. Химический сдвиг. Структурная информация метода ЯМР.</p> <p>2.16. Условия записи спектров ЭПР. Структурная информация метода ЭПР.</p> <p>2.17. Условия записи рентгеновских дифракционных кривых. Виды излучения и их особенности.</p> |
| <p>экзамен</p> | <p>3.1. Нулевая и базовая линии: определения, чем обусловлены, что учитывают.</p> <p>3.2. Особенности нулевой и базовой линий в ТГА, ДТА-ДСК и СТА.</p> <p>3.3. Динамический механический анализ: принцип измерения, измеряемые величины, особенности работы, применение.</p> <p>3.4. Дилатометрия: принцип измерения, измеряемые величины, особенности работы, применение.</p> <p>3.5. Условия проведения сканирующей электронной микроскопии, разрешающая способность, ограничения метода.</p> <p>3.6. Информация, получаемая методом просвечивающей электронной микроскопии. Разрешающая способность, ограничения метода.</p> <p>3.7. Пробоподготовка для просвечивающего микроскопа: требования к образцу, механическое утонение, электрохимическое травление, ионное травление.</p> <p>3.8. Пробоподготовка для сканирующего микроскопа: требования к образцу, шлифовка, напыление.</p> <p>3.9. Пробоподготовка для XRF и XRD: требования к образцам, остеклование, прессование, диспергирование.</p> |

| |
|--|
| <p>3.10. Весы, их типы, особенности устройства и эксплуатации.</p> <p>3.11. Применение ИК спектроскопии в качестве дополнительного метода к термическому анализу.</p> <p>3.12. Применение ИК спектроскопии в качестве дополнительного метода к хроматографии.</p> <p>3.13. Применение КР спектроскопии в качестве дополнительного метода для различных видов микроскопии.</p> <p>3.14. Масс-спектрометрические детекторы в качестве дополнительного метода для термического анализа.</p> <p>3.15. Масс-спектрометрические детекторы в качестве дополнительного метода для хроматографии.</p> |
|--|

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника: Мировые достижения за 2005 год Сб. Под ред. П. П. Мальцева. - М.: Техносфера, 2006. - 149 с. ил.
2. Гочжун Цао Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение [Текст] Гочжун Цао, Ин Ван ; пер. со 2-го англ. изд. А. И. Ефимова и др.; науч. ред. В. Б. Зайцев ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Науч.-образоват. центр по нанотехнологиям. - М.: Научный мир, 2012. - 520 с. ил.
3. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии А. И. Гусев. - М.: Физматлит, 2005. - 410, [1] с. ил.
4. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы [Текст] учеб. пособие для старших курсов по специальности 020101 (011000) - Химия А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М.: Физматлит, 2010. - 452 с. ил., цв. ил.; портр.; табл.
5. Раков, Э. Г. Нанотрубки и фуллерены [Текст] учеб. пособие по специальности 210602 "Наноматериалы" Э. Г. Раков. - М.: Логос, 2006. - 374 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Жеребцов, Д. А. Нанотехнологии и наноматериалы [Текст] монография Д. А. Жеребцов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2009. - 114, [1] с. ил.
2. Медведев, А. Ю. Разработка научных основ технологии получения твердофазных соединений высокопрочных титановых сплавов методом линейной сварки трением за счет эффекта наноструктурирования [Текст] автореф. дис. ... д-ра техн. наук : специальность 05.16.08 - Нанотехнологии и наноматериалы (металлургия и материаловедение) А. Ю. Медведев ; Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа, 2019. - 38 с. ил.
3. Раков, Э. Г. Нанотрубки и фуллерены [Текст] учеб. пособие по специальности 210602 "Наноматериалы" Э. Г. Раков. - М.: Логос, 2006. - 374 с. ил.
4. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы [Текст] учеб. пособие Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. - 365 с. ил. 22 см.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Журнал неорганической химии
2. Журнал органической химии
3. Журнал физической химии
4. Неорганические материалы
5. Вестник "ЮУрГУ". Серия "Химия"
6. Нано- и микросистемная техника междисциплинар. теорет. и приклад. науч.-техн. журн. Изд-во "Новые технологии" журнал. - М., 2000-

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Авдин ВВ Мембранные технологии. Учебное пособие.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Авдин ВВ Мембранные технологии. Учебное пособие.

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---------------------------|---|--|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2014. — 600 с. https://e.lanbook.com/book/166756 |
| 2 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Вохминцев, К.В. Исследование методом пэм динамики формирования частиц наноструктурированного ZnO в ходе прокаливания / К.В. Вохминцев, Е.А. Трусова, С.А. Писарев, Е.В. Юртов. // Успехи в химии и химической технологии, 2009. — № 9(102). — Т. 23. — С. 59–64. https://e.lanbook.com/journal/issue/292865 |

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -Thr Cambridge Cristallographic Data Centre(бессрочно)
2. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|-------------|----------|--|
| Лекции | 307 (1а) | Доска, маркеры, компьютер, мультимедийный проектор. |

| | | |
|--------|-----------|---|
| Лекции | 04 (1) | 1. Определитель поровых характеристик ASAP-2020. 2. Анализаторы размера частиц в суспензии (комплекс) Microtrac S-3500, Nanotrac 253 Ultra. 3. Система термического анализа в составе синхронного термического анализатора (ТГ-ДСК) Netzsch STA 449С «Jupiter» и квадрупольного масс-спектрометра QMS 403С «Aëolos». 4. Синхронный термический анализатор (ТГ-ДСК) Netzsch STA 449F1 «Jupiter». |
| Лекции | 03 (1) | 1. Комплекс сканирующей электронной микроскопии Jeol JSM-7001F, EDS Oxford INCA X-max 80, WDS Oxford INCA WAVE, EBSD и НКЛ. 2. Просвечивающий электронный микроскоп высокого разрешения Jeol JEM-2100. 3. Дифрактометр рентгеновский порошковый Rigaku Ultima IV. |