ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Институт естественных и точных наук

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Замышляева А. А.
Пользователь: zamyshliaevaaa
Дата подписания: 04.12.2021

А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины П.1.В.07.01 Исследование органических и неорганических материалов при помощи термоаналитических и электронно-микроскопических методов
для направления 04.06.01 Химические науки
уровень аспирант **тип программы**
направленность программы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Экология и химическая технология

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, утверждённым приказом Минобрнауки от 29.07.2014 № 869

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

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Авдин В. В.
Пользователь: avdinvv
Дата подписания: 02.12.2021

В. В. Авдин

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

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Авдин В. В.
Пользователь: avdinvv
Дата подписания: 02.12.2021

В. В. Авдин

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - сформировать компетенции в области постановки и решения задач определения состава, структуры и свойств неорганических и органических материалов. Задачи дисциплины: 1. Ознакомиться с основными прямыми и косвенными методами определения состава, структуры и свойств. 2. Изучить основные принципы работы исследовательского оборудования, применяемого для определения состава, структуры и свойств. 3. Научиться ставиться исследовательские задачи для определения состава, структуры и свойств и выбирать пути их решения. 4. Освоить приёмы обработки данных и анализа полученных экспериментальных результатов.

Краткое содержание дисциплины

Лекционный курс посвящён теоретическим основам прямых и косвенных методов определения состава, структуры и свойств, принципам работы исследовательского оборудования, методам пробоподготовки, знакомству с работой ряда современных высокотехнологичных исследовательских приборов (определитель поровых характеристик ASAP-2020, анализаторы размера частиц в суспензии (комплекс) Microtrac S-3500, Nanotrac 253 Ultra, комплекс сканирующей электронной микроскопии Jeol JSM-7001F, EDS Oxford INCA X-max 80, WDS Oxford INCA WAVE, EBSD и HKL, просвечивающий электронный микроскоп высокого разрешения Jeol JEM-2100, дифрактометр рентгеновский порошковый Rigaku Ultima IV, монокристальный дифрактометр «Bruker» D8 Quest, волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр Rigaku Supermini, аналитический комплекс на базе газового хромато-масс спектрометра Shimadzu GCMS QP2010 Ultra, автоматизированная система жидкостной хроматографии Shimadzu Prominence LC-20, спектрофотометр ультрафиолетового и видимого диапазона спектра Shimadzu UV-2700, спектрофотометр инфракрасного диапазона спектра Shimadzu IRAffinity-1S, система термического анализа в составе синхронного термического анализатора (ТГ-ДСК) Netzsch STA 449C «Jupiter» и квадрупольного масс-спектрометра QMS 403C «Aëolos», синхронный термический анализатор (ТГ-ДСК) Netzsch STA 449F1 «Jupiter»). Также планируется ознакомиться с результатами исследования на данных приборах и подходами к анализу результатов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-2.1 умением определять термодинамические характеристики процессов на поверхности, устанавливать закономерности адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях	Знать:термодинамические и кинетические закономерности процессов на поверхности
	Уметь:определять основные термодинамические характеристики процессов на поверхности, устанавливать закономерности адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях
	Владеть:методами вычисления и прогноза термодинамических характеристик процессов на поверхности

ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знать:современные методы исследования и информационно-коммуникационных технологий
	Уметь:использовать наиболее распространённые методы и подходы исследования состава, структуры и свойств материалов
	Владеть:способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области исследования состава, структуры и свойств материалов
УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знать:современных научных достижений в области физической химии и в междисциплинарных областях
	Уметь:критически анализировать информацию, представленную в литературных источниках, на семинарах и конференциях
	Владеть:способностью к генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
ПК-2.2 знанием общих законов, определяющих строение веществ, свойства химических связей и нековалентных взаимодействий; количественные взаимосвязи между химическим составом, структурой вещества и его физико-химическими свойствами	Знать:общих законов, определяющих строение веществ, свойства химических связей и нековалентных взаимодействий
	Уметь:определять количественные взаимосвязи между химическим составом, структурой вещества и его физико-химическими свойствами
	Владеть:методами определения состава, структуры и физико-химических свойств материалов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
П.1.В.02 Иностранный язык для научных целей, П.1.В.04 Математическое моделирование, П.1.В.03 Статистическая обработка данных, стохастический анализ и планирование эксперимента	Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (6 семестр), Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (7 семестр), Производственная (по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) практика (6 семестр), Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (8 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
П.1.В.02 Иностранный язык для научных целей	знать профессиональные англоязычные термины

П.1.В.04 Математическое моделирование	знать основные приёмы построения математических моделей, уметь разрабатывать собственные модели, иметь навыки моделирования
П.1.В.03 Статистическая обработка данных, стохастический анализ и планирование эксперимента	Знать основные теории статистической обработки данных; знать физический смысл и определения чувствительности методов, пороговых значений, пределов разрешения, погрешности и воспроизводимости. Уметь пользоваться методами статистической обработки результатов исследования. Иметь навыки обработки экспериментальных данных, подчиняющихся разным зависимостям, вычисления доверительного интервала и погрешности

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	38	38
Лекции (Л)	38	38
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	70	70
подготовка к контрольным работам	40	40
подготовка к экзамену	30	30
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	ЛР
1	Структура и морфология, прямые и косвенные методы. Термический анализ	10	10	0	0
2	Электронная микроскопия и совмещённые методы микроанализа	10	10	0	0
3	Масс-спектрометрия и спектроскопия	10	10	0	0
4	Дифракционные и резонансные методы	8	8	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во

			часов
1	1	Структура и морфология. Особенности прямых и косвенных методов анализа. Постановка структурной задачи.	3
2	1	Методы термического анализа. ДСК и ДТА анализ органических и неорганических веществ	2
3	1	ТГА и СТА. Расшифровка полученных данных.	3
4	1	Динамический механический анализ и дилатометрия.	2
5	2	Сканирующая электронная микроскопия.	3
6	2	Просвечивающая электронная микроскопия	3
7	2	Микроанализ. Энерго- и волнодисперсионный методы.	2
8	2	Рентгенофлуоресцентные методы анализа, EBSD и HKL	2
9	3	Методы масс-спектрометрии	2
10	3	Методы колебательной спектроскопии	2
11	3	УФ и видимая спектроскопия	2
12	3	Применение масс-спектрометрии, ИК, КР, УФ-видимой спектроскопии как дополнений к другим видам анализа	4
13	4	Определение структурных характеристик дифракционными методами	4
14	4	Определение структурных характеристик резонансными методами	4

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
подготовка к экзамену	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	30

	пэм динамики формирования частиц наноструктурированого 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]	
подготовка к контрольным работам	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 наноструктурированого 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]	40

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 терамолиза, рентгеновский порошковый дифрактометр, рентгеновский монокристалльный	8

		дифрактометр, ИК-спектрометр). Полученные данные самостоятельно анализируются, делается заключение о свойствах наноматериалов, выполняется доклад с обсуждением.	

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. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	устный опрос	1.1. - 1.19.
Все разделы	ПК-2.1 умением определять термодинамические характеристики процессов на поверхности, устанавливать закономерности адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях	устный опрос	1.1. - 1.19.
Все разделы	ПК-2.2 знанием общих законов, определяющих строение веществ, свойства химических связей и нековалентных взаимодействий; количественные взаимосвязи между химическим составом, структурой вещества и его физико-химическими свойствами	устный опрос	1.1. - 1.19.
Все разделы	УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	устный опрос	1.1. - 1.19.
Все разделы	ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	контрольная работа	2.1. - 2.17.
Все разделы	ПК-2.1 умением определять термодинамические характеристики процессов на поверхности, устанавливать закономерности адсорбции на границе	контрольная работа	2.1. - 2.17.

	раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях		
Все разделы	ПК-2.2 знанием общих законов, определяющих строение веществ, свойства химических связей и нековалентных взаимодействий; количественные взаимосвязи между химическим составом, структурой вещества и его физико-химическими свойствами	контрольная работа	2.1. - 2.17.
Все разделы	УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	контрольная работа	2.1. - 2.17.
Все разделы	ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	экзамен	3.1. - 3.15.
Все разделы	ПК-2.1 умением определять термодинамические характеристики процессов на поверхности, устанавливать закономерности адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях	экзамен	3.1. - 3.15.
Все разделы	ПК-2.2 знанием общих законов, определяющих строение веществ, свойства химических связей и нековалентных взаимодействий; количественные взаимосвязи между химическим составом, структурой вещества и его физико-химическими свойствами	экзамен	3.1. - 3.15.
Все разделы	УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	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	Отлично: Полное понимание сути

	2 вопроса, готовится не более 40 минут, отвечает устно.	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	1.1. Морфология. Структура. Постановка структурной задачи. 1.2. Метода ДСК и ДТА. Сущность методов. Типы кривых. Основные параметры, влияющие на ход процесса. 1.3. Термогравиметрия. Сущность метода. Типы кривых. Основные параметры, влияющие на ход процесса. 1.4. Сущность СТА. Недостатки и достоинства. 1.5. Электронная микроскопия: виды (СЭМ и ПЭМ), достоинства и ограничения методов. 1.6. Сканирующая электронная микроскопия: принцип работы, определяемые характеристики (с учётом дополнительных приставок), достоинства и недостатки. 1.7. Просвечивающая электронная микроскопия (TEM и TEM HR): принцип работы, определяемые характеристики (с учётом дополнительных приставок), достоинства и недостатки. 1.8. Дополнительные методы электронной микроскопии (EDS, WDS, картирование, электронная дифракция): принципы реализации, определяемые характеристики, достоинства и недостатки. 1.9. Схема и принцип работы масс-спектрометра. Масс-спектры, массовые числа. 1.10. Результаты масс-спектрометрического анализа, возможности и ограничения метода. 1.11. Применение Фурье-преобразования для спектроскопических методов. 1.12. Виды колебательной спектроскопии и принципы их реализации. 1.13. Принцип и реализация рентгенофлуоресцентной спектроскопии. 1.14. Спектроскопия ультрафиолетового и видимого диапазонов. Возможности метода, особенности реализации. 1.15. Динамическое светорассеяние. Принцип реализации метода, получаемая информация, техника проведения эксперимента. 1.16. Принцип спектроскопии ЯМР. Возникновение резонанса, мешающие факторы. Ограничения методов ЯМР. 1.17. Принцип спектроскопии ЭПР. Возникновение резонанса, мешающие факторы. Ограничения методов ЭПР. 1.18. Рентгеновские методы анализа структуры. 1.19. Электронная и нейтронная дифракция.
контрольная работа	2.1. Формы и материалы тиглей для ТГА. Эффект неравномерного прогрева. Скорость нагревания. 2.2. Особенности ТГА: весовая часть, атмосфера. Характеристики, изучаемые методом ТГ. 2.3. Особенности кривых ДТА и ДСК. Ограничения ДСК. Термический анализ высокого разрешения. 2.4. Взвешивание и пробоподготовка при ДТА и ДСК, держатели, тигли, атмосфера

	для ДСК. 2.5. Тигли, держатели, весовая часть, атмосфера в СТА. 2.6. Методы электронной микроскопии. Принципы создания электронного луча, управления им и взаимодействия его с веществом. 2.7. Сканирующая электронная микроскопия. Виды рассеянного излучения и получаемая информация. 2.8. Просвечивающая электронная микроскопия. Принцип реализации, преимущества перед сканирующей электронной микроскопией. 2.9. Применение масс-спектрометрического детектора в других видах анализа. 2.10. Модификация спектрометров Фурье-преобразователями: принцип, возможности, преимущества. 2.11. Виды ИК спектроскопии. Реализация ИК спектроскопии при падении луча на образец под прямым углом. 2.12. Принцип и реализация методов ИК спектроскопии отражения. 2.13. ИК спектроскопия испускания. 2.14. Принцип и реализация спектроскопии комбинационного рассеяния. 2.15. Условия записи спектров ЯМР. Химический сдвиг. Структурная информация метода ЯМР. 2.16. Условия записи спектров ЭПР. Структурная информация метода ЭПР. 2.17. Условия записи рентгеновских дифракционных кривых. Виды излучения и их особенности.
экзамен	3.1. Нулевая и базовая линии: определения, чем обусловлены, что учитывают. 3.2. Особенности нулевой и базовой линий в ТГА, ДТА-ДСК и СТА. 3.3. Динамический механический анализ: принцип измерения, измеряемые величины, особенности работы, применение. 3.4. Дилатометрия: принцип измерения, измеряемые величины, особенности работы, применение. 3.5. Условия проведения сканирующей электронной микроскопии, разрешающая способность, ограничения метода. 3.6. Информация, получаемая методом просвечивающей электронной микроскопии. Разрешающая способность, ограничения метода. 3.7. Пробоподготовка для просвечивающего микроскопа: требования к образцу, механическое утонение, электрохимическое травление, ионное травление. 3.8. Пробоподготовка для сканирующего микроскопа: требования к образцу, шлифовка, напыление. 3.9. Пробоподготовка для XRF и XRD: требования к образцам, остеклование, прессование, диспергирование. 3.10. Весы, их типы, особенности устройства и эксплуатации. 3.11. Применение ИК спектроскопии в качестве дополнительного метода к термическому анализу. 3.12. Применение ИК спектроскопии в качестве дополнительного метода к хроматографии. 3.13. Применение КР спектроскопии в качестве дополнительного метода для различных видов микроскопии. 3.14. Масс-спектрометрические детекторы в качестве дополнительного метода для термического анализа. 3.15. Масс-спектрометрические детекторы в качестве дополнительного метода для хроматографии.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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"

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. АвдинВВ Мембранные технологии. Учебное пособие.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. АвдинВВ 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	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. https://e.lanbook.com/book/44967
2	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
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Базыль, О. К. Введение в курс «Физические методы исследования в химии» : учебное пособие / О. К. Базыль. — 2-е изд. — Томск : ТГУ, 2016. — 132 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. https://e.lanbook.com/book/91951

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 ВИНИТИ 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	03 (1)	1. Комплекс сканирующей электронной микроскопии Jeol JSM-7001F, EDS Oxford INCA X-max 80, WDS Oxford INCA WAVE, EBSD и HKL. 2. Просвечивающий электронный микроскоп высокого разрешения Jeol JEM-2100. 3. Дифрактометр рентгеновский порошковый Rigaku Ultima IV.
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 449C «Jupiter» и квадрупольного масс-спектрометра QMS 403C «Aëolos». 4. Синхронный термический анализатор (ТГ-ДСК) Netzsch STA 449F1 «Jupiter».