

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«22» мая 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Методы синтеза и исследования твердофазных материалов

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки (специальность):
04.04.01 Химия

Направленность (профиль) ОПОП:
Химия твердого тела

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №3 от 12.05.2020)

Москва 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры), утвержденного приказом МГУ от 30 августа 2019 года № 1033.

Год (годы) приема на обучение 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>ПК-2.М Способен в рамках задачи, поставленной специалистом более высокой квалификации, проводить исследования в избранной области химии и (или) смежных наук, учитывая актуальные тенденции в соответствующей области науки; оценивать научную новизну, достоверность и практическую значимость результатов научных исследований.</p>		<p>Знать: Возможности и ограничения применения физических методов исследования химических объектов. Знать: Основные программные продукты и специализированное программное обеспечение, используемое в научно-исследовательской работе Уметь: проводить обработку экспериментальных данных, обобщать полученные результаты.</p>
<p>СПК-2.М. Способен применять теоретические основы методов исследования, знание устройства и принципов работы современного оборудования для изучения строения и свойств твердых веществ и материалов; разрабатывать новые методики получения и обработки данных</p>	<p>СПК-2.М.1. обоснованно выбирает методы и приборы для изучения состава, строения и свойств твердых веществ и материалов;</p>	<p>Знать: теоретические основы методов исследования состава, строения и свойств твердых веществ и материалов; Знать: Принципы работы и устройства приборов и установок, используемых для изучения строения и свойств твердотельных неорганических материалов.</p>
<p>СПК-3.М. Способен планировать и осуществлять синтез конструкционных и функциональных материалов с заданными свойствами на основе представлений химической термодинамики и кинетики, прогнозировать и оценивать их поведение при воздействии различных эксплуатационных факторов</p>	<p>СПК-3.М. 1. на основе информации о диаграммах состояния многокомпонентных систем определяет условия синтеза конструкционных и функциональных материалов с определенными эксплуатационными характеристиками СПК-3.М.3. обоснованно выбирает методы химического модифицирования твердо-</p>	<p>Знать: современные методы синтеза конструкционных и функциональных материалов с определенными эксплуатационными характеристиками; Уметь: подобрать условия синтеза конструкционных и функциональных материалов на основе информации о диаграммах состояния многокомпонентных систем</p>

	тельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств и защиты от коррозионных разрушений	Знать: методы химического модифицирования твердотельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств
--	--	---

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных единицы, всего 252 часа, из которых 162 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (76 часов занятия лекционного типа, 68 часов – занятия семинарского типа, 8 часов – текущий контроль успеваемости, 4 часа – групповые консультации, 6 часов – промежуточный контроль успеваемости), 90 часов составляет самостоятельная работа студента.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

Знать: теорию строения кристаллов и частично упорядоченных конденсированных фаз, основные понятия и положения химической термодинамики и кинетики;

Уметь: находить взаимосвязи между составом, строением, физическими и химическими свойствами твердых тел и объяснять их.

Владеть: навыками использования базовых физических знаний при решении химических проблем.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттеста-	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы из них

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1. Методы синтеза композиционных и функциональных материалов	40	16	16				32	8		8
Тема 1.1. Классификация материалов	6	2	2				4	2		2
Тема 1.2. Методы синтеза металлических сплавов	10	4	4				8	2		2
Тема 1.3. Основные технологии приготовления катализаторов	14	6	6				12	2		2
Тема 1.4. Термическая обработка катализатора	10	4	4				8	2		2
Раздел 2. Методы исследования состава, структуры и свойств твердофазных материалов	82	32	26			4	62			20
Тема 2.1. Методы металлографического исследования металлических сплавов	6	4					4	2		2
Тема 2.2. Термические методы анализа	16	6	6				12	4		4

Тема 2.3. Дифракционные методы фазового анализа и определения структуры	22	8	8			2	18	4		4
Тема 2.4. Электронная микроскопия	12	6	4				10	2		2
Тема 2.5. Микрорентгеноспектральный анализ	6	2	2				4	2		2
Тема 2.6. Масс-спектрометрические исследования	20	6	6			2	14	6		6
Раздел 3. Методы исследования структуры и состава поверхностного слоя твердых тел.	62	22	20			2	44	18		18
Тема 3.1. Адсорбционные методы измерения поверхности катализатора	16	6	6				12	4		4
Тема 3.2. Спектральные методы.	10	4	4				8	2		2
Тема 3.3. Спектральные методы. Инфракрасная спектроскопия.	10	4	4				8	2		2
Тема 3.4. Спектральные методы. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.	6	2	2				4	2		2
Тема 3.5. Спектральные методы. Электронный парамагнитный резонанс	6	2	2				4	2		2
Тема 3.6. Спектральные методы. Спектроскопия ЯМР	6	2	2				4	2		2
Тема 3.7. Люминесцентные методы	8	2				2	4	4		4

Раздел 4. Теория и практика хроматографического метода исследования	22	8	6			2	16	6		6
Промежуточная аттестация <u>зачет, экзамен</u>	48			4		6		38		38
Итого	252	76	68	4		14	162	90		90

Содержание тем:

Раздел 1. Методы синтеза композиционных и функциональных материалов

Тема 1.1. Классификация материалов, по составу, структуре, областям применения, функциональным свойствам. Конструкционные материалы, жаростойкие, жаропрочные, антифрикционные, коррозионностойкие, жаростойкие, жаропрочные, магнитные материалы. наноматериалы. Микро- и мезопористые носители. Металлорганические каркасные соединения (MOF).

Тема 1.2. Методы синтеза металлических сплавов. Выплавка сплавов. Спекание порошков. Механохимическое сплавление. Равновесные и неравновесные сплавы. Методы закалки и отжига (отпуска).

Тема 1.3. Основные технологии приготовления катализаторов. Общие принципы приготовления катализаторов традиционными методами осаждения, нанесения и механического смешения, а также новыми методами, основанными на использовании нанотехнологий. Способы модификации и промотирования катализаторов. Зависимость основных характеристик катализаторов от условий приготовления. Роль и требования к носителям в катализаторах. Физико-химические основы золь-гель метода. Темплатный синтез химических объектов с заданными текстурными характеристиками. СВЧ-методы синтеза катализаторов.

Тема 1.4. Термическая обработка катализатора Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении солей и гидроксидов. Спекание пористых тел. Полиморфные превращения. Твердофазные реакции.

Раздел 2. Методы исследования состава, структуры и свойств твердофазных материалов.

Тема 2.1. Методы металлографического исследования металлических сплавов. Приготовление образцов. Изучение микроструктур на оптических и электронных микроскопах: возможности, достоинства и недостатки. Примеры анализа микроструктур.

Тема 2.2. Термические методы анализа. Установки термического и дифференциально-термического анализа, дифференциальной сканирующей калориметрии. ТГ-ДТА/ДСК (термогравиметрия). Температурные кривые нагревания. Термогравиметрическая и дифференциальная термогравиметрическая кривая. Построение диаграмм состояния по кривым нагревания. Количественный термический анализ ДТА-ДСК. Термопрограммируемые реакции. Температурно-программируемые восстановление и окисление. Температурно-программируемая десорбция.

Тема 2.3. Дифракционные методы фазового анализа и определения структуры. Рентгеновский дифрактометр. Рассеяние рентгеновских лучей сложным кристаллом. Интенсивность рефлексов. Метод порошка. Функции фона и профиля. Индицирование дифрактограмм. Уточнение структур методом Ритвелда. Определение структур по монокристалльным данным.

Тема 2.4. Электронная микроскопия. Сканирующий электронный микроскоп. Просвечивающий (трансмиссионный) электронный микроскоп. Устройство электронного микроскопа, вакуумная система, электронные пушки, апертуры, детекторы. Принцип действия СЭМ, взаимодействие электронов с веществом, вторичные электроны. Вторичные и обратно-рассеянные электроны, характеристическое рентгеновское излучение, оже – электроны. Подготовка образцов для исследования электронной микроскопией.

Тема 2.5. Микрорентгеноспектральный анализ. Количественный анализ состава образца. Матричные поправки: на поглощение, на атомный номер, на флуоресценцию.

Тема 2.6. Масс-спектрометрические исследования. Эффузионный метод Кнудсена. Определение сечения ионизации. Исследование ионно-молекулярных процессов в парах неорганических веществ, определение термодинамических характеристик этих процессов.

Раздел 3. Методы исследования структуры и состава поверхностного слоя твердых тел.

Тема 3.1. Адсорбционные методы измерения поверхности катализатора. Адсорбция как стадия гетерогенно-каталитической реакции. Природа адсорбционного взаимодействия. Адсорбция и пористая структура. Основы адсорбции на плоской поверхности. Адсорбция на неоднородной поверхности. Физическая адсорбция и хемосорбция. Виды адсорбционных кривых. Капиллярная конденсация и гистерезис. Простейшие типы адсорбционных слоев. Термодинамика адсорбции на твердом адсорбенте. Изостерические и калориметрические теплоты адсорбции. Адсорбционные методы измерения поверхности катализатора и концентрации каталитически-активных центров. ИК- и УФ- спектроскопия в адсорбции и катализе. Роль текстуры в катализе. Ртутная порометрия. Низкотемпературная адсорбция азота.

Тема 3.2. Спектральные методы. Рамановская спектроскопия. Мессбауэровская спектроскопия. Спектроскопия в УФ и видимой области. Исследование оптических материалов. Полосы с переносом заряда, d-d переходы.

Тема 3.3. Спектральные методы. Инфракрасная спектроскопия. Спектры пропускания, диффузного рассеяния, нарушенного полного внутреннего отражения, испускания. ИК-Фурье-спектроскопия, Фурье преобразование, выигрыши Жакино, Фелджета, Конна. Возможности колебательной спектроскопии в области обертонов и составных колебаний.

Тема 3.4. Спектральные методы. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Поверхностный состав неорганических материалов. Эффекты электронного переноса в случае нанесенных наночастиц металлов. Исследование дисперсности нанесенных наночастиц. Анализ асимметрии линий в РФЭ спектрах. Оже-электронная спектроскопия.

Тема 3.5. Спектральные методы. Электронный парамагнитный резонанс и его использование для изучения материалов, содержащих переходные металлы. Сверхтонкая структура и анизотропия спектров. Двойной парамагнитный резонанс. Эффекты релаксации. Метод парамагнитного зонда. Ферромагнитный резонанс.

Тема 3.6. Спектральные методы. Спектроскопия ЯМР, возможности и ограничения. Исследования твердых тел с применением вращения образцов под магическим углом. Химический сдвиг.

Тема 3.7. Люминесцентные методы исследования неорганических материалов (флуоресценция, фосфоресценция).

Раздел 4. Теория и практика хроматографического метода исследования

Тема 4.1. Сущность хроматографии. Основные принципы и разновидности хроматографических методов. Теоретические основы газовой хроматографии. Классификация хроматографов по типу используемого элюента. Устройство и принцип работы газового хроматографа. Оснащение хроматографа (краны, обогреваемые линии, автосемплеры и тд.) Основные механизмы разделения. Подвижные и неподвижные фазы. Схема газового хроматографа. Способы ввода проб. Хроматографические колонки: типы, области применения. Хроматографические сорбенты и неподвижные жидкие фазы, их разновидности. Хроматографические детекторы (неселективные, селективные; концентрационные, потоковые; катарометр, ПИД, ДЭЗ). Хроматограмма. Элюиционные характеристики (удерживаемый объем, характеристика эффективности и селективности разделения). Определение качественного состава смесей, индексы Ковача. Компьютерная программа для управления прибором и обработки данных. Определение количественного состава смесей. Примеры использования метода в нефтехимии, экологии и медицине. Сравнение и характеристика современных российских и зарубежных приборов.

6. Образовательные технологии:

- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ. Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций, а также лекции-демонстрации проблемного характера, посвященные современным методам физико-химического анализа;
 - использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
 - в ходе семинарских занятий студенты решают задачи, нацеленные на практическое усвоение лекционного материала, обсуждают предложенные преподавателем проблемы, а также отвечают на вопросы преподавателя;
- Усвоению дисциплины способствует проходящий параллельно спецпрактикум "Химия твердого тела", программа которого согласована с программой данного спецкурса.

7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Студентам предоставляется программа курса, план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. По каждой теме указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Дополнительные материалы размещаются на сайте кафедры общей химии:
www.chem.msu.ru/rus/teaching/general-spec.html

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Физические методы исследования неорганических веществ: Учеб. пособие для студентов / Баличева Т.Г., Безрукова Л.П., Звинчук Р.А. и др.; под ред. А.Б. Никольского. – М.: Академия, 2006. – 442 с.
2. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. – М.: Техносфера, 2004. – 377 с.
3. Емелина А.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия. – М.: МГУ, 2009. – 42 с.

4. Физико-химический анализ многокомпонентных систем: Учеб. пособие для студентов вузов / Афиногенов Ю.П., Гончаров Е.Г., Семенова Г.В.; Воронеж. Гос. ун-т. – М.: Моск. физ.-техн. ин-т (Гос. ун-т), 2002. – 264 с.
5. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем: Учеб. пособие для студентов вузов / Афиногенов Ю.П.; Воронеж. Гос. ун-т. – М.: МФТИ, 2005. – 204 с.
6. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения: Учеб. пособие для студентов вузов / Криштал М.М., Ясников И.С., Полуниин В.И. и др. – М.: Техносфера, 2009. – 206 с.
7. Калмыков К.Б., Дмитриева Н.Е. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный анализ неорганических материалов: Метод. пособие для студентов хим. факультета МГУ. – М.: МГУ, 2017. – 58 с.
8. А.Л. Кустов, П.В. Прибытков, М.А. Тедеева, А.А. Медведев, С.Ф. Дунаев. Методические разработки к спецкурсу по изучению каталитических процессов методом газовой хроматографии. М.: Отдел оперативной печати и информации Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 2019.
9. Е.А. Паукштис. Оптическая спектроскопия в адсорбции и катализе. Применение ИК спектроскопии. –Новосибирск, 2010.– 55 с.
10. О.В. Крылов. Гетерогенный катализ. М. ИКЦ. «Академкнига», 2004. – 679 с.

Дополнительная литература

1. Богомолова Н.А. Практическая металлография. М.: Высшая школа, 1978. –272 с.
2. Сидоров Л.Н., Коробов М.В., Журавлева Л.В. Масс-спектральные термодинамические исследования. М.: МГУ, 1985. –208 с.
3. Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П. и др. Электронно-зондовые методы изучения материалов. Руководство к лабораторным занятиям. М.: МГУ, 1987. –140 с.
4. Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Методы испытания на микротвердости. Приборы. М.: Наука, 1965. –224 с.
5. Царев Н.И., Царев В.И., Катраков И.Б. Практическая газовая хроматография: Учебно-методическое пособие для студентов химического факультета по спецкурсу «Газохроматографические методы анализа». — Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2000. – 156 с.
6. Ю. А. Филоненко. Адсорбция: теоретические основы, адсорбенты, адсорбционные технологии. Липецк: ЛЭГИ, 2004. – 103 с.
7. Х. М. Миначев, Г.В. Антошин, Е.С. Шпиро. Фотоэлектронная спектроскопия и ее применение в катализе. М.: Наука, 1981. – 216 с.
8. О. М. Петрухин. Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа. М.: Химия, 2001. – 496 с.
- Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы:
 1. Springer Materials Landolt-Börnstein Database: www.springermaterials.com/docs/index.html
 2. База данных «Термические Константы Веществ»: www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html
 3. База структурных и термодинамических данных для бинарных систем Pauling File
 4. Сайт разработки программы FullPROF: www.ill.eu/sites/fullprof

Материально-техническое обеспечение: занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами), персональным компьютером и мультимедийным проектором

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

К.х.н., в.н.с. Кузнецов Виктор Николаевич, vnk@general.chem.msu.ru, 8(495)939-35-38;
 д.х.н., профессор Яценко Александр Васильевич, yatsenko@struct.chem.msu.ru, 8(495)939-34-56;
 к.х.н., н.с. Арутюнян Наталья Анриевна, naarutyunyan@gmail.com, 8(495)939-18-40;
 к.х.н., в. н.с. Калмыков Константин Борисович, kbkalmykov@mail.ru, 8(495)939-18-40;
 д.х.н., профессор Кустов Леонид Модестович, lmkustov@mail.ru, 8(495) 939-52-61;
 к.х.н., с.н.с. Кустов Александр Леонидович, kyst@list.ru, 8(495) 939-52-61.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение ЗУВ, перечисленных в п.2.

Вопросы для зачета:

1. Методы получения сплавов с переводом компонентов в жидкое состояние.
2. Методы получения сплавов без перевода компонентов в жидкое состояние. Охарактеризуйте эти методы.
3. Какие печи используются в лаборатории для получения сплавов? От чего зависит выбор печи для эксперимента?
4. Какие печи используются для получения сплавов с температурой плавления ниже 1400°C и выше указанной температуры?
5. Устройство печи индукционного нагрева. Преимущества данного метода получения сплавов.
6. Устройство дуговой печи. Преимущества данного метода получения сплавов.
7. Методы нанесения покрытий: химический, электрохимический, наплавка, напыление и др.
8. Методы подготовки поверхности для нанесения покрытий. Требования к поверхностям.
9. Основные технологии приготовления катализаторов. Общие принципы приготовления катализаторов традиционными методами осаждения, нанесения и механического смешения
10. Методы приготовления катализаторов с использованием нанотехнологий. Способы модификации и промотирования катализаторов.
11. Зависимость основных характеристик катализаторов от условий приготовления. Роль и требования к носителям в катализаторах.
12. Термическая обработка сплавов. Выбор режима термообработки.

13. Подготовка образцов для исследования микроструктуры. Методы выявления структуры (микроструктуры) шлифов.
14. Методы измерения твердости и микротвердости как методы ФХА. Сведения получаемые из результатов измерения микротвердости.
15. Взаимосвязь между твердостью и другими механическими характеристиками (например, прочностью, пластичностью).
16. Методы динамического и статического испытания твердости. Преимущества каждого из них.
17. Методы измерения твердости при статическом нагружении. Определение твердости по Бринеллю, по Виккерсу и по Роквеллу. В чем преимущества каждого метода?
18. Связь между типом диаграммы состояния и зависимостью твердости от состава сплава. Связь между составом сплава и микротвердостью.
19. Преимущества и недостатки метода измерения микротвердости перед методом измерения твердости.
20. Как с помощью микроструктурного анализа определить:
 - химическую неоднородность, вызванную процессом кристаллизации из жидкости;
 - фазы, выделившиеся при первичной кристаллизации;
 - тип межфазного взаимодействия (эвтектика, перитектика, монотектика);
 - количество фаз в сплаве?
21. Способы выявления микроструктуры (химическое травление, электрохимическое травление, тепловое травление, катодное травление в вакууме). В чем преимущества и недостатки каждого метода?
22. Определение фазовых границ с помощью микроструктурного анализа. Перечислите существующие методы. Какова погрешность каждого из них?
23. Методы термического анализа. Их применение.
24. Какие физические параметры регистрируются в методах термогравиметрии (ТГА), дифференциально-термического анализа (ДТА) и дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК)?
25. Как влияют физические и химические процессы (фазовые переходы, плавление, диссоциация и разложение, окисление и восстановление) на вид термической кривой нагревания?
26. Последовательность построения фазовых диаграмм состояния методом ДСК.
27. Калибровка приборов термоанализа. Калибровка по температуре. Калибровка по теплоте. Калибровка по тепловому потоку.
28. Калибровка приборов термоанализа. Требования к стандартам.
29. Формирование электронного зонда. Ток зонда. Зависимость диаметра электронного зонда от его тока.
30. Подготовка образцов для исследования с помощью электронного сканирующего микроскопа. Выбор материала непроводящего покрытия.
31. Виды излучения, образующиеся при взаимодействии электронного зонда с образцом. Вторичные электроны. Обратные рассеянные (отраженные) электроны. Характеристическое рентгеновское излучение.
32. Основные принципы количественного анализа, матричные эффекты и стандарты. Приборные поправки в количественном анализе.

33. Зона генерации рентгеновского излучения (локальность). Процессы, приводящие к образованию характеристического рентгеновского излучения.
34. Принципы получения и оптимизации изображения.
35. Типы детекторов, особенности изображения при использовании различных детекторов.
36. Для чего нужна количественная оптимизация при EDX анализе? Зачем проводится стандартизация и оптимизация профиля?
37. Основные принципы масс-спектрометрии. Схема и основные характеристики масс-спектрального прибора.
38. Типы и основные характеристики масс-анализатора.
39. Основные типы детекторов. Принцип их работы. Регистрация ионных токов в масс-спектрометрии.
40. Эффузионный метод Кнудсена. Измерение парциальных давлений компонентов пара.
41. Схема высокотемпературного масс-спектрального эксперимента
42. Способы ионизации. Определение сечения ионизации.
43. Расчет парциального давления компонента пара по интенсивности ионного тока
44. Расчет констант равновесия и энтальпий реакций ионно-молекулярных процессов в парах неорганических веществ
45. Способы расчета термодинамических свойств сплавов с использованием результатов высокотемпературных масс-спектрометрических измерений.
46. Принцип работы, устройство и спектр рентгеновской трубки.
47. Типы дифрактометров, их оптические схемы.
48. Типы детекторов в дифрактометрии и принципы их работы.
49. Рассеяние рентгеновских лучей электроном и атомом. Фактор атомного рассеяния. Аномальное рассеяние рентгеновских лучей, дисперсионные поправки.
50. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Формула Вульфа-Брэгга. Индексы рефлексов.
51. Порошковая дифрактограмма. Положения на ней дифракционных линий. Интенсивность линий на порошковой дифрактограмме.
52. Определение неизвестных параметров элементарной ячейки по порошковым дифракционным данным. Представления о методах индцирования, лежащих в основе трех важнейших программ: DICVOL, TREOR и ITO.
53. Уточнение структур методом Ритвелда. Уточняемые параметры. Критерии уточнения, стандартные ошибки определения уточняемых параметров и проблема серийных корреляций.

Вопросы для экзамена:

1. Классификация материалов, по составу, структуре, областям применения, функциональным свойствам.
2. Методы синтеза металлических сплавов.
3. Основные технологии приготовления катализаторов. Традиционные методы (осаждение, нанесение и механического смешение- Роль и требования к носителям в катализаторах.
4. Приготовление катализаторов. Термическая обработка катализатора. Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении солей и гидроксидов.

5. Методы термического анализа. ТГА, ДТА, ДСК. Их применение.
6. Последовательность построения фазовых диаграмм состояния методом ДСК.
7. Методы термического анализа. Калибровка приборов термоанализа. Калибровка по температуре. Калибровка по теплоте. Калибровка по тепловому потоку. Калибровка приборов термоанализа. Требования к стандартам.
8. Электронная микроскопия. Устройство электронного микроскопа. СЭМ. ПЭМ. Принципы получения и оптимизации изображения.
9. Формирование электронного зонда. Ток зонда. Зависимость диаметра электронного зонда от его тока.
10. Виды излучения, образующиеся при взаимодействии электронного зонда с образцом. Вторичные электроны. Обратное рассеянные (отраженные) электроны. Характеристическое рентгеновское излучение.
11. Взаимодействие электронов с веществом. Зона генерации рентгеновского излучения (локальность). Процессы, приводящие к образованию характеристического рентгеновского излучения.
12. Микрорентгеноспектральный анализ. Основные принципы количественного анализа, матричные эффекты и стандарты.
- 13.
14. Типы детекторов, особенности изображения при использовании различных детекторов.
15. Микрорентгеноспектральный анализ. Количественная оптимизация при EDX анализе. Стандартизация и оптимизация профиля.
16. Основные принципы масс-спектрометрии. Схема и основные характеристики масс-спектрального прибора.
17. Масс-спектрометрия. Типы и основные характеристики масс-анализатора.
18. Масс-спектрометрия. Основные типы детекторов. Принцип их работы. Регистрация ионных токов в масс-спектрометрии.
19. Эффузионный метод Кнудсена. Измерение парциальных давлений компонентов пара.
20. Принцип работы, устройство и спектр рентгеновской трубки.
21. Типы дифрактометров, их оптические схемы.
22. Рассеяние рентгеновских лучей электроном и атомом. Фактор атомного рассеяния. Аномальное рассеяние рентгеновских лучей, дисперсионные поправки.
23. Строение поверхности твердых тел и его влияние на каталитическую активность. Современные методы исследования структуры и состава поверхностного слоя твердых тел. Методы определения элементного состава катализаторов, спектральные и химические методы.
24. Адсорбция как стадия гетерогенно-каталитической реакции. Природа адсорбционного взаимодействия. Физическая адсорбция и хемосорбция.
25. Изотермы адсорбции. Теплота адсорбции и ее зависимость от степени заполнения поверхности. Адсорбция простых молекул на поверхности переходных металлов. Адсорбция CO, C₂H₄, H₂. Простейшие типы адсорбционных слоев (Лэнгмюра, Брунауэра-Эммета-Теллера, Фрейндлиха).
26. Неоднородность поверхности. Адсорбционные методы измерения поверхности катализатора и концентрации каталитически-активных центров.
27. Пористая структура катализаторов, способы ее формирования и методы исследования. Ртутная порометрия. Степень использования поверхности пор катализатора. Оптимальная структура пор катализатора.

28. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций, их признаки и методы экспериментального подтверждения.
29. Спектральные и дифракционные методы in-situ в исследовании каталитических реакций.
30. ИК- и УФ-спектроскопия в адсорбции и катализе.
31. Спектроскопия ЯМР, возможности и ограничения.
32. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Исследование дисперсности нанесенных наночастиц.
33. Люминесцентные методы исследования неорганических материалов (флуоресценция, фосфоресценция).
34. Хроматография. Основные принципы и разновидности хроматографических методов. Основные механизмы разделения.
35. Теоретические основы газовой хроматографии. Классификация хроматографов по типу используемого элюента. Устройство и принцип работы газового хроматографа. Схема газового хроматографа.
36. Хроматографические колонки: типы, области применения. Хроматографические сорбенты и неподвижные жидкие фазы, их разновидности. Хроматографические детекторы.
37. Хроматография. Хроматограмма. Определение качественного состава смесей, индексы Ковача.
38. Хроматография. Определение количественного состава смесей. Примеры использования метода в нефтехимии, экологии и медицине.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
--	-------------------------

<p>Знать: Возможности и ограничения применения физических методов исследования химических объектов;</p> <p>Знать: Основные программные продукты и специализированное программное обеспечение, используемое в научно-исследовательской работе;</p> <p>Знать: теоретические основы методов исследования состава, строения и свойств твердых веществ и материалов;</p> <p>Знать: Принципы работы и устройства приборов и установок, используемых для изучения строения и свойств твердотельных неорганических материалов;</p> <p>Знать: современные методы синтеза конструкционных и функциональных материалов с определенными эксплуатационными характеристиками;</p> <p>Знать: методы химического модифицирования твердотельных материалов с целью оптимизации их функциональных свойств.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете и экзамене</p>
<p>Уметь: проводить обработку экспериментальных данных, обобщать полученные результаты;</p> <p>Уметь: подобрать условия синтеза конструкционных и функциональных материалов на основе информации о диаграммах состояния многокомпонентных систем.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете и экзамене</p>