

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО "Новосибирский национальный
исследовательский государственный университет"**

Факультет естественных наук

УТВЕРЖДАЮ



Декан ФЕН НГУ, профессор

Резников В.А.

«29» августа 2014 г.

**Физические методы в катализе и адсорбции:
Исследование катализаторов рентгеновскими
методами**

**Модульная программа лекционного курса,
практикума и самостоятельной работы студентов**

Курс 1-й, II семестр

Учебно-методический комплекс

Новосибирск, 2014

Учебно-методический комплекс предназначен для студентов IV курса факультета естественных наук, направление подготовки 020100 «Химия (магистр)». В состав пособия включены: программа курса лекций, структура курса и правила ИКИ, программа практикума по применению рентгеновских методов для изучения катализаторов и других материалов. Кроме того, приведен набор задач для самостоятельной работы студентов с использованием учебной литературы и персонального компьютера.

Составитель

к.ф.-м.н Канажевский В.В.

© Новосибирский государственный университет, 2014 **Содержание**

Аннотация рабочей программы.....	3
1. Цели освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ООП.....	5

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения модуля «Исследование катализаторов рентгеновскими методами»:	6
4. Структура и содержание дисциплины	7
4.1. Программа курса лекций	11
4.2. Практикум	12
4.3. Зачет	13
5. Образовательные технологии	14
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	14
Рекомендованная литература к теоретическому курсу... 15	
Примеры вариантов типовых задач, предлагаемых к самостоятельному решению	16
Перечень вопросов к зачету	17
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	18
а) основная литература:	18
б) дополнительная литература:	18
в) информационно-поисковые системы:	19
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	19

Аннотация рабочей программы

Модуль «Исследование катализаторов рентгеновскими методами» входит в состав дисциплины «Физические методы в катализе и адсорбции» и относится к вариативной части (профильные дисциплины) профессионального (специального) цикла ООП по направлению подготовки «020100 ХИМИЯ» (квалификация (степень) магистр). Дисциплина реализуется на Факультете естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (НГУ) кафедрой катализа и адсорбции.

Содержание модуля охватывает круг вопросов, связанных с исследованием различных объектов, в том числе катализаторов, рентгеновскими методами, среди которых рентгеновская дифракция, малоугловое рентгеновское рассеяние, электронная микроскопия, электронная эмиссионная спектроскопия, рентгеновская эмиссионная спектроскопия, рентгеновская спектроскопия поглощения и другие.

Модуль нацелен на формирование у выпускника общекультурных компетенций: ОК-5, ОК-6; профессиональных компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6.

Преподавание модуля предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия (практикум), консультации, сдача зачета, самостоятельная работа студента.

Программой модуля предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль. В течение курса контролируется посещаемость студентами лекций и практических занятий. Предоставляется возможность самостоятельно решить предлагаемый набор задач для контроля усвоения материала курса и формирования вопросов для консультации.

Итоговый контроль. Итоговую оценку за курс студент может получить на письменном зачете в конце курса.

Общая трудоемкость модуля составляет 1,5 зачетных единицы. Всего 54 академических часа. Программой модуля предусмотрены 14 часов лекционных, 12 часов практических занятий, 2 часа прохождения зачета, а также 26 часов самостоятельной работы студентов.
1. Цели освоения дисциплины

Модуль «Исследование катализаторов рентгеновскими методами» предназначен для того, чтобы ознакомить студентов с теоретическими основами и накопленными к настоящему времени некоторыми наиболее значимыми экспериментальными результатами применения рентгеновских методов исследования. Изучаемы в рамках курса рентгеновские методы это:

- рентгеновская дифракция,
- диффузное рассеяние рентгеновского излучения (метод РРА),
- малоугловое рентгеновское рассеяние,

- просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия,
- электронная спектроскопия для химического анализа (ЭСХА),
- Оже-спектроскопия,
- рентгеновская эмиссионная спектроскопия,
- рентгеновская спектроскопия поглощения: EXAFS и XANES спектроскопия.

На лекциях по каждому методу рассматриваются его физические основы, получаемые фундаментальные и прикладные данные, принцип действия экспериментальной аппаратуры, погрешности определяемых величин, пределы применимости и чувствительности, требуемые количества образца, характеристики предоставляемых образцов, основные методики и особенности проведения исследований. Практические занятия направлены на знакомство с работающими установками, их применением к исследованию модельных систем, обработке данных, получаемых методами рентгеновской дифракции, ЭСХА, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии и EXAFS.

Основной целью освоения модуля является усвоение студентами по каждому методу набора получаемых данных и их достоверности, ограничений применимости, требований к подготовке образцов.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Модуль «Исследование катализаторов рентгеновскими методами» входит в состав дисциплины «Физические методы в катализе и адсорбции» и относится к вариативной части (профильные дисциплины) профессионального (специального) цикла ООП по направлению подготовки «020100 ХИМИЯ» (квалификация (степень) магистр).

Модуль «Исследование катализаторов рентгеновскими методами» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Физическая химия (строение и свойства атома, природа химической связи);
- Неорганическая химия (строение и свойства элементов и их соединений, химическая связь);

- Органическая химия (основы современной теории строения органических соединений, электронные представления, пространственное строение органических молекул);
- Строение вещества (теория групп, электронные конфигурации и термы сложных молекул, теория кристаллического поля, теория поля лигандов);
- Химия твердого тела (основные принципы описания строения периодических структур с позиций симметрии, экспериментальные методы изучения идеального атомного и электронного строения кристаллов и их колебательного спектра);
- Основы компьютерной грамотности (навыки обращения с ПК).

Результаты освоения модуля используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Научно-исследовательская практика;

**Итоговая государственная аттестация.3.
Компетенции обучающегося, формируемые в
результате освоения модуля «Исследование
катализаторов рентгеновскими методами»:**

- **общекультурные компетенции:**
 - *владением современными компьютерными технологиями, применяемыми при обработке результатов научных экспериментов и сборе, обработке, хранении и передачи информации при проведении самостоятельных научных исследований (ОК-5);*
 - *пониманием принципов работы и умением работать на современных научных приборах и оборудовании при проведении научных исследований (ОК-6);*
- **профессиональные компетенции:**
 - *наличием представления об актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии (синтез и применение веществ в наноструктурных технологиях, исследования в критических условиях, химия жизненных процессов, химия и экология и другие) (ПК-1);*

- *знанием основных этапов и закономерностей развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков (ПК-2);*
- *владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии (в соответствии с профильной направленностью магистерской диссертации) (ПК-3);*
- *умением анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по предлагаемой научным руководителем теме и самостоятельно составлять план исследования (ПК-4);*
- *способностью анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения (ПК-5);*
- *наличием опыта профессионального участия в научных дискуссиях (ПК-6).*

В результате освоения модуля обучающийся должен:

- иметь представление о физических явлениях, лежащих в основе рассматриваемых в курсе рентгеновских методов, о принципах действия экспериментальной аппаратуры, о погрешности определяемых величин;
- знать области применения рассматриваемых в курсе рентгеновских методов в применении к изучению катализаторов;
- уметь планировать эксперимент по комплексному изучению катализаторов рентгеновскими методами.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость модуля составляет 1,5 зачетных единицы. Всего 54 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)		
				Лекция	Практические занятия	Лабор. работа	Контр. работа	Коллоквиумы	Домашние задания	Самост. работа	Зачет		Экзамен	
1	Элементы теории рентгеновского излучения и теории рассеяния электронов	8	5	2						3				
2	Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ	8	5 11 14	2		2				3				
3	Рентгеновская дифракция, диффузное рассеяние рентгеновских лучей	8	6 11 14	2		2				3				
4	Электронная микроскопия	8	6 12 16	2		2				3				
5	Малоугловое рентгеновское рассеяние	8	7 13 15	2		2				3				
6	Рентгеновская эмиссионная спектроскопия, фотоэлектронная и Оже-спектроскопия	8	7 12 16	2		2				3				
7	Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES	8	8 13 15	2		2				3				
		8	17							5		2	Зачет	
Всего:				14		12				26		2	Всего 54 ч	

Рабочий план (по неделям семестра)

Неделя	Темы занятий
МАРТ 5-я неделя семестра	Учебный класс в Институте катализа СО РАН: Лекция 1. Элементы теории рентгеновского излучения и теории рассеяния электронов Лекция 2. Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ
6-я неделя се-	Учебный класс в Институте катализа СО РАН:

местра	Лекция 3. Рентгеновская дифракция, диффузное рассеяние рентгеновских лучей Лекция 4. Электронная микроскопия
7-я неделя семестра	Лекция 5. Малоугловое рентгеновское рассеяние Лекция 6. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия, фото-электронная и Оже-спектроскопия
8-я неделя семестра	Учебный класс в Институте катализа СО РАН: Лекция 7. Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES
АПРЕЛЬ 11-я неделя семестра	Лаборатория структурных методов исследования и учебный класс в Институте катализа СО РАН: Практическое занятие для подгруппы 1. Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ, диффузное рассеяние рентгеновских лучей Практическое занятие для подгруппы 2. Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ, диффузное рассеяние рентгеновских лучей
12-я неделя семестра	Лаборатория структурных методов исследования и учебный класс в Институте катализа СО РАН: Практическое занятие для подгрупп 1. Электронная микроскопия Практическое занятие для подгрупп 2. Электронная микроскопия Группа исследования нанесенных металл-оксидных катализаторов и учебный класс в Институте катализа СО РАН: Практическое занятие для подгрупп 1. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия Практическое занятие для подгрупп 2. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия
13-я неделя семестра	Лаборатория структурных методов исследования класс в Институте катализа СО РАН: Практическое занятие для подгрупп 1. Малоугловое рентгеновское рассеяние Практическое занятие для подгрупп 2. Малоугловое рентгеновское рассеяние Лаборатория спектральных методов Института катализа СО РАН:

	<p>Практическое занятие для подгрупп 1. Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 2. Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES</p>
14-я неделя семестра	<p>Лаборатория структурных методов исследования и учебный класс в Институте катализа СО РАН:</p> <p>Практическое занятие для подгруппы 3. Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ, диффузное рассеяние рентгеновских лучей</p> <p>Практическое занятие для подгруппы 4. Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ, диффузное рассеяние рентгеновских лучей</p>
15-я неделя семестра	<p>Лаборатория структурных методов исследования и учебный класс в Институте катализа СО РАН:</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 3. Малоугловое рентгеновское рассеяние</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 4. Малоугловое рентгеновское рассеяние</p> <p>Лаборатория спектральных методов Института катализа СО РАН:</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 3. Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 4. Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES</p>
16-я неделя семестра	<p>Лаборатория структурных методов исследования и учебный класс в Институте катализа СО РАН:</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 3. Электронная микроскопия</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 4. Электронная микроскопия</p> <p>Группа исследования нанесенных металл-оксидных катализаторов и учебный класс в Институте катализа СО РАН:</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 3. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия</p> <p>Практическое занятие для подгрупп 4. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия</p>
17-я неделя семестра	Учебный класс в Институте катализа СО РАН:

местра	Зачет. Самостоятельная письменная работа о применении рентгеновских методов исследования к объектам исследования квалификационной работы бакалавра
--------	---

4.1. Программа курса лекций

Лекция 1. Элементы теории рентгеновского излучения и теории рассеяния электронов

Элементы теории рентгеновского излучения. Распространение излучения. Поглощение. Рассеяние. Дифракция. Рентгеновская флуоресценция. Фотоионизация. Рентгеновские спектры молекул.

Элементы теории рассеяния электронов. Упругое рассеяние. Неупругое рассеяние. Приближение Борна. Рассеяние назад и вперед. Дифракция электронов. Коллективные процессы.

Лекция 2. Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ

Формирование дифракционной картины в методе порошка. Основные уравнения порошковой рентгеновской дифракции (уравнение Вульфа-Брэгга, формула структурной амплитуды, интенсивность дифракционного максимума), области применения и ограничения метода. Рентгенофазовый анализ, базы структурных и дифракционных данных. Экспериментальные методики. Дифрактометры с фокусировкой по Брэггу-Брентано. Планирование эксперимента: выбор излучения, детектора, параметров съемки. Построение теоретических рентгенограмм и уточнение структурных параметров и интерпретация полученных значений. Количественный фазовый анализ. Взаимосвязь между объемной долей фазы и интенсивностью рефлекса. Анализ уширения дифракционных линий. Инструментальное уширение, коррекция. Уширение, обусловленное малым размером областей когерентного рассеяния (ОКР). Формула Шерера, её ограничения. Уширение, обусловленное микронапряжениями. Разделение вкладов, метод Вильямсона-Холла.

Лекция 3. Рентгеновская дифракция, диффузное рассеяние рентгеновских лучей

Диффузионное рассеяние рентгеновского излучения. Формула Дебая и расчёты с её использованием. Методы моделирования полного профиля дифракционных картин для ультрадисперсных и несовершенных поликристаллов. Дифракционный метод радиального распределения. Кривые РРА. Определяемые параметры. Мето-

дика эксперимента, расчёты. Анализ экспериментальных данных. Моделирование кривых РРА. Примеры исследований жидкостей, аморфных и разупорядоченных материалов. Аномальное диффузное рассеяние.

Лекция 4. Электронная микроскопия

Электронная микроскопия. Методы просвечивающей микроскопии. Темнопольное и светлопольное изображение. Фазовый контраст. Разрешающая способность. Оже и рентгеновская микроскопия. Сканирующая микроскопия. Обработка и анализ EDX-спектров и ЭМ изображений. Приготовление образцов.

Лекция 5. Малоугловое рентгеновское рассеяние

Малоугловое рассеяние. Модель явления. Экспериментальные методы. Определение формы частиц. Радиус Гинье. Распределение частиц по размерам. Область когерентности. Исследование многокомпонентных систем. Метод маскирования. Метод вычитания фона. Приближение Порода. Определение степени анизотропии наночастиц.

Лекция 6. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия, фотоэлектронная и Оже-спектроскопия

Электронная и Оже спектроскопия. Теория фотоионизации. Глубина выхода фотоэлектронов. Химические сдвиги основных уровней. Оже - процесс. Работа выхода. Энергия Ферми. Определение зарядового состояния элемента. Количественный анализ элементного состава поверхности. Многоэлектронные процессы. Сателлиты. Форма валентных полос. Спектры адсорбированного состояния. Методика эксперимента.

Лекция 7. Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES

EXAFS и XANES. Теория спектров поглощения. Автоионизационные состояния. Физические основы метода. Потенциал ионизации. Фактор Дебая - Валлера. Сечение рассеяния назад. Фазовый сдвиг. Определяемые параметры. Экспериментальные методы.

4.2. Практикум

Программа практикума по каждому из рентгеновских методов:

- Рентгеновская дифракция, рентгенофазовый анализ, диффузное рассеяние рентгеновских лучей,
- Электронная микроскопия,
- Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия,
- Малоугловое рентгеновское рассеяние,
- Спектроскопия рентгеновского поглощения, EXAFS, XANES,

включает:

- знакомство с действующей экспериментальной установкой,
- повторение основных возможностей метода и его ограничений,
- получение данных для модельного или реального образца исследования с участием студентов,
- обработку полученных данных, их интерпретацию и анализ.

Практикум проводится на работающих установках подразделений Института катализа СО РАН:

- Лаборатория структурных методов исследования,
- Лаборатория спектральных методов,
- Группа исследования нанесенных металл-оксидных катализаторов,

а также в учебном классе Института катализа СО РАН.

4.3. Зачет

Зачет проходит в форме письменного эссе.

Темы на выбор:

1. «Исследование объектов моей дипломной работы рентгеновскими методами»
 - Применяемые методы
 - Ожидаемые результаты
2. «Зачем я обучаюсь на факультете естественных наук?»

Критерии оценки:

- Последовательность изложения
- Оригинальность и реалистичность предлагаемых экспериментальных подходов
- Полнота раскрытия выбранной темы

5. Образовательные технологии

Наличие короткого лекционного курса и следующего за ним практикума стимулируют студентов к самостоятельной работе. Особенностью курса «Исследование катализаторов рентгеновскими методами» является привлечение к проведению лекций и практических занятий сотрудников Института катализа СО РАН. Привлекаемые сотрудники имеют многолетний опыт применения рассматриваемых экспериментальных методов, поддерживают знания в профессиональной области на передовом уровне. В рамках практических занятий используются как современные, так и классические приборы и установки применяемые в Сибирском отделении РАН для получения передовых научных результатов. Студенты принимают участие в получении и интерпретации экспериментальных данных, имеют возможность предложить собственные образцы для исследования.

Преподаватели, участвующие в проведении курса, регулярно готовят и издают учебно-методические пособия, посвященные различным разделам курса. Эти пособия доступны студентам в электронном виде. Ежегодно обновляется содержание мультимедийных презентаций лекционного курса.

Наличие задач для самостоятельного решения позволяет студентам проверить усвоенные в рамках курса знания. Сформулировать перечень вопросов для уточнения перед зачетом.

Зачет в форме письменного эссе об исследовании рентгеновскими методами объектов дипломной работы позволяет выяснить глубину полученных знаний и способность применять их при планировании реальных научных работ.

По завершении курса проводится сбор обратной связи от студентов. По итогам отзывов о полноте, качестве и содержании курса, в его программу из года в год вносятся изменения и улучшения.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Для текущей оценки успеваемости студентов проводится

мониторинг посещаемости и степень участия в практических занятиях. Основным оценочным средством по курсу является зачет.

Зачет проводится в форме письменного эссе. Результаты эссе оцениваются по трем основным критериям:

- Последовательность изложения,
- Оригинальность и реалистичность предлагаемых экспериментальных подходов,
- Полнота раскрытия выбранной темы.

Используется пятибалльная оценочная система по каждому из критериев. Средний бал по трем критериям формирует итоговую оценку.

Рекомендованная литература к теоретическому курсу

1. Плясова, Л.М. Введение в рентгенографию катализаторов / Новосибирск: Изд-во ИК СО РАН, 2010 – 59 с.
2. Тузиков, Ф.В. Малоугловая рентгеновская дифрактометрия / Новосибирск: Изд-во ИК СО РАН, 2009 – 35 с.
3. Кочубей, Д.И. EXAFS - спектроскопия катализаторов / Новосибирск: ВО «НАУКА», 1992 – 146 с.
4. Методы исследования катализаторов / Ред. Дж.Томас, М.: Мир, 1983.
5. Рентгенография катализаторов / Новосибирск. 1977.
6. Х.М. Миначев, Г.В. Антошин, Е.С. Шпиро. Фотоэлектронная спектроскопия и ее применение в катализе / М.: Наука, 1981
7. К.Зигбан и др. Электронная спектроскопия / М., Мир, 1971.
8. А.Майзель, Г.Леонхардт, Р.Саган. Рентгеновские спектры и химическая связь / Киев, 1981.
9. Г.Б.Бокий, М.А.Порай-Кошиц. Рентгеноструктурный анализ. - М., 1964
10. Д.И.Свергун, Л.А.Фейгин Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние / М.: Наука. Гл. ред. физ. -мат. лит., 1986. - 280 с.

Примеры вариантов типовых задач, предлагаемых к самостоятельному решению

Задача 1.

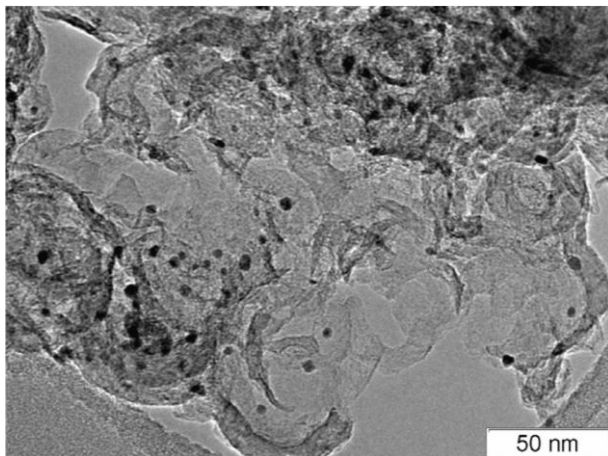
На поверхность Si (111) адсорбирован кислород. Приведены ЭСХА спектры Si $2p_{1/2}$ уровней для следующих условий:

- a. чистая поверхность без кислорода;
- b. напущен 1 ленгмюр O_2 ;
- c. напущено 100 ленгмюр O_2 ;
- d. напущено 1000 ленгмюр O_2 .

Описать определяемые величины и процессы на поверхности по этим данным.

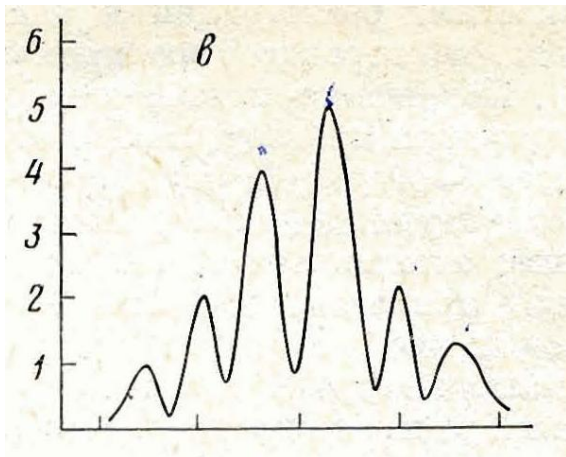
Задача 2.

Построить гистограмму по электронно-микроскопическому снимку, приведенному на рисунке.



Задача 3.

Проинтерпретировать кривую PPA EXAFS Re, приведенную на рисунке, для катализатора Re/SiO₂ полученного путем адсорбции комплекса Re(OC₂H₅)₃.



Задача 4.

На дифрактометре радиусом 1 м с использованием CuK α излучения измерена полуширина Pt (111) рефлекса, которая равна 4.1 см. Определить ОКР частиц платины.

Задача 5.

Начертить и сравнить дифрактограммы (штрих-диаграммы) ГЦК и ОЦК металлов с одинаковыми параметрами решетки.

Перечень вопросов к зачету

Зачет проходит в форме письменного эссе.

Темы на выбор:

1. «Исследование объектов моей дипломной работы рентгеновскими методами»
 - Применяемые методы
 - Ожидаемые результаты
2. «Зачем я обучаюсь на факультете естественных наук?»

Критерии оценки:

- Последовательность изложения
- Оригинальность и реалистичность предлагаемых экспериментальных подходов
- Полнота раскрытия выбранной темы

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Плясова, Л.М. Введение в рентгенографию катализаторов / Новосибирск: Изд-во ИК СО РАН, 2010 – 59 с.
2. Тузиков, Ф.В. Малоугловая рентгеновская дифрактометрия / Новосибирск: Изд-во ИК СО РАН, 2009 – 35 с.
3. Кочубей, Д.И. EXAFS - спектроскопия катализаторов / Новосибирск: ВО «НАУКА», 1992 – 146 с.

б) дополнительная литература:

1. Методы исследования катализаторов / Ред. Дж.Томас, М.: Мир, 1983.
2. Рентгенография катализаторов / Новосибирск. 1977.
3. Х.М. Миначев, Г.В. Антошин, Е.С. Шпиро. Фотоэлектронная спектроскопия и ее применение в катализе / М.: Наука, 1981
4. К.Зигбан и др. Электронная спектроскопия / М., Мир, 1971.
5. А.Майзель, Г.Леонхардт, Р.Саган. Рентгеновские спектры и химическая связь / Киев, 1981.
6. Г.Б.Бокий, М.А.Порай-Кошиц. Рентгеноструктурный анализ. - М., 1964
7. Д.И.Свергун, Л.А.Фейгин Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние / М.: Наука. Гл. ред. физ. -мат. лит., 1986. - 280 с.

в) информационно-поисковые системы:

1. Inorganic Crystal Structure Database – база кристаллографических данных неорганических соединений, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
2. Cambridge Structural Database – база структурных данных металло-органических соединений, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
3. The International Centre for Diffraction Data – база дифракционных данных, локальный доступ в Лаборатории физических методов исследования ИК СО РАН.
4. [Google ScholarSFX](#) - полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
5. SCIRUS -бесплатная поисковая система издательства Elsevier, ориентированная на поиск только научной информации, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
6. SciTopics - новый бесплатный интернет-ресурс для ученых и исследователей при; представлены самая свежая и самая точная вэб-информация и информация из периодики; online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
3. Библиографические базы данных, к которым существует прямой доступ из внутренней сети Института: "ВИНИТИ", "Current Contents", "Chemical Abstracts", и т.д.;
4. Электронный доступ к периодическим и продолжающимся изданиям (более 100 наименований, включая Applied Catalysis, Catalysis Letters, Catalysis Today, Surface Science, и др.) – <http://www.sciencedirect.com>, <http://www.e-library.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Приборы:

1. Дифрактометры: Siemens D500, Bruker D8 (Германия)
2. Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2010 JEOL (Япония) с ускоряющим напряжением 200 кВ и разрешением 0.14 нм, энерго-дисперсионный анализатор Phoenix EDAX (США) с Si-Li детектором с разрешением 130 эВ

3. Серийный малоугловой рентгеновский дифрактометр производства фирм Siemens (Германия), Anton Paar и Hecus-Braun (Австрия) с малоугловой камерой Кратки ("Contrast camera")
4. РФЭС-спектрометры: ES300 KRATOS (Великобритания)
5. EXAFS-спектрометр Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения – уникальная установка

Аудиторный фонд (с мультимедийными проекторами, ноутбуками и экранами), компьютерный класс (компьютеры с необходимым ПО), рабочие места с выходом в Интернет, библиотека, информационно-аналитический центр – в ИК СО РАН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с ОС ВПО, принятым в ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, с учетом рекомендаций ООП ВПО по направлению «020100 ХИМИЯ».

Автор:

Канажевский Владислав Вацлавович, к.ф.-м.н., ассистент кафедры

катализа и адсорбции ФЕН, н.с. ИК СО РАН



подпись

Программа одобрена на заседании кафедры катализа и адсорбции "21" апреля 2014 г.

Секретарь кафедры к.х.н., ассистент



И.В.Делий