

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«30» августа 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Экспериментальные методы исследования гетерогенных катализаторов

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

04.04.01 Химия

Направленность (профиль) ОПОП:

Физическая химия

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

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

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 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)
СПК-1.М. Способен использовать теоретические основы современных физико-химических методов исследования и анализа систем различной природы при решении практических задач	СПК-1.М.1. При изучении систем различной природы выбирает физико-химические методы исследования, адекватные поставленной задаче	Знать: теоретические основы методов исследования поверхности катализаторов. Уметь: оценить возможности методов исследования поверхности для анализа катализаторов. Уметь: сравнить возможности методов исследования поверхности и объемных методов исследования применительно к катализаторам. Уметь: поставить задачу для исследования катализаторов методами анализа поверхности.
СПК-2.М. Способен проводить экспериментальные исследования в избранной области физической химии с использованием серийных и оригинальных установок для определения физико-химических свойств веществ	СПК-2.М.1. Готовит образцы для физико-химических исследований в соответствии с поставленной задачей и с учетом специфики изучаемых объектов	Знать: типичную конструкцию приборов для исследования поверхности катализаторов и требования к образцам. Уметь: грамотно планировать эксперимент по исследованию свойств поверхности гетерогенных катализаторов Владеть: методами обработки экспериментальных результатов
	СПК-2.М.2 Использует серийные и оригинальные установки для определения физико-химических свойств веществ	Уметь: применять знания для оценки экспериментальных возможностей современных экспериментальных методов Владеть: навыками обработки экспериментальных результатов, полученных на современном научном оборудовании
СПК-3.М. Способен использовать физические и математические модели с учетом их возможностей и ограничений при планировании исследований, обработке и интерпретации данных в избранной области физической химии	СПК-3.М.1 Выбирает адекватные подходы и модели при обработке данных физико-химического эксперимента	Знать: возможности и ограничения, математических моделей при обработке результатов Владеть: навыками использования программных средств для обработки массива экспериментальных данных
	СПК-3.М.2. Оценивает возможности и качество программных продуктов для выполнения квантово-химических, термодинамических и кинетических расчетов	Уметь: использовать программные продукты приборов для обработки данных и выполнения расчетов Владеть: навыками расчета кинетики гетерогенной каталитической реакции Владеть: навыками обработки массива экспериментальных данных

3. Объем дисциплины (модуля) составляет **3** зачетных единицы, всего **108** часов, из которых **49** часов составляет контактная работа студента с преподавателем (19 часов занятия лекционного типа, 19 часа – занятия семинарского типа, 7 часов – индивидуальные консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), **59** часов составляет самостоятельная работа студента.

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

Обучающийся должен

Знать: основные законы в области неорганической, аналитической и физической химии

Уметь: применять основные законы химии для обсуждения результатов научного исследования;

Владеть: основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими физико-химические явления

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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
Тема 1.	8	2	2		1		5	3		3
Тема 2.	7	2			1		3	4		4
Тема 3.	9	2	2		1		5	4		4

Тема 4.	11	2	4		1		7	4		4
Тема 5.	13	4	4		1		9	4		4
Тема 6.	13	4	4		1		9	4		4
Тема 7.	11	3	3		1		7	4		4
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	36					4	4			32
Итого	108	19	19		7	4	49	27		59

Содержание тем:

Тема 1.

Методы измерения скорости гетерогенной каталитической реакции. Диффузионная кинетика. Основы кинетики топочимических реакций. Кинетика дезактивации гетерогенных катализаторов

Тема 2.

Исследование каталитической активности методами «отклика». Основы метода ТАР (Temporal Analysis of Products).

Тема 3.

Неизотермические методы исследования гетерогенных катализаторов (ТПВ, ТПД, ТПО, ТПР). Магнитометрические методы исследования катализаторов, содержащих ферромагнетик.

Тема 4.

Введение в методы исследования поверхности. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС), ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия, Оже-электронная спектроскопия и дифракция медленных электронов для исследования гетерогенных катализаторов.

Тема 5.

ИК-Фурье спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния в исследовании гетерогенных катализаторов

Тема 6.

ЭПР-спектроскопия в гетерогенном катализе.

Тема 7.

Низкотемпературная адсорбция газов для определения текстурных характеристик гетерогенных катализаторов

6. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

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

программа курса, план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

Основная литература

1. Киперман С.Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе. М., Химия, 1979. 352 с.
2. Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии / под ред. Д. Бриггс, М.П. Сих. М.: Мир, 1987. 598 с.
3. А.А Давыдов ИК-спектроскопия в химии поверхности окислов, Новосибирск, Наука, 1984, 245 с.

Дополнительная литература

1. Франк-Каменецкий Д.А. «Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике» Учебник-монография. - 4-е изд. - Долгопрудный, Издательский Дом «Интеллект», 2008. — 408 с.
2. Нефёдов В.И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений. Справочник. М: Химия, 1984. 256 с.
3. Moulder J.F., Stickle W.F., Sobol P.E., Bomben K.D. Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy. Chigasaki: ULVAC-PHI, Inc., 1995. 261 p.
4. Watts J.F., Wolstenholme J. An Introduction to Surface Analysis by XPS and AES. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. 224 p.
5. Розовский А.Я. "Гетерогенные химические реакции. Кинетика и макрокинетика", М.: Наука, 1980. 324 с.
6. Селвуд П. Магнетохимия. - М.: ИЛ, 1958. 458 с.
7. Чернавский П.А., Панкина Г.В. Лунин В.В. «Успехи Химии», т.80, №6, сс.605-631, 2011г.
8. Е.А. Паукштис Инфракрасная спектроскопия в гетерогенном кислотно-основном катализе, Новосибирск, Наука, 1992. 255 с.
9. Дж. Стенсел. Спектроскопия комбинационного рассеяния в катализе, М., Мир, 1994.

Интернет-ресурсы:

1. NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database, <http://srdata.nist.gov/xps/>
2. <http://xpssimplified.com/index.php>

Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (фломастерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

1. в.н.с., д.х.н. Чернавский Петр Александрович, кафедра физической химии химического факультета МГУ, +7 (495) 939-49-13, chern5@inbox.ru
2. с.н.с., к.ф.-м.н. Маслаков Константин Игоревич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, +7 (495) 939-33-21, maslakov@kge.msu.ru
3. с.н.с., к.х.н. Харланов Андрей Николаевич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, +7 (495) 939-33-22, kharl@kge.msu.ru
4. доцент, к.х.н. Фионов Александр Викторович, кафедра физической химии химического факультета МГУ, +7 (495) 939- 32-78, afionov@kge.msu.ru
5. проф., д.х.н. Ткаченко Сергей Николаевич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, +7 (495) 939- 19-56, timis@timis.ru

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

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

Вопросы для экзамена:

1. Дайте определения следующим понятиям: скорость химической реакции, порядок реакции, эффективная энергия активации.
2. Что такое намагниченность насыщения, коэрцитивная сила и остаточная намагниченность.
3. Почему при исследовании гетерогенных катализаторов важную роль играют методы анализа поверхности?
4. В каких случаях колебание будет активно в ИК-спектре, а в каких в спектре комбинационного рассеяния.
5. В чем состоит особенность гетерогенных реакций с точки зрения определения скорости процесса.
6. Какие требования предъявляются к экспериментальным реакторам для кинетических экспериментов.
7. Что необходимо предпринять, чтобы проводить эксперимент в кинетической области.

8. Как найти удельную поверхность металлических частиц в нанесенном катализаторе из данных по термодесорбции водорода.
9. Как определять эффективную энергию активации из неизотермических экспериментов.
10. В чем состоит метод Фридмана для определения зависимости энергии активации от степени превращения.
11. В каких случаях из магнитных измерений можно получить информацию о размерах частиц нанесенного металла.
12. Что такое поверхность?
13. Чем обусловлена малая глубина анализа методов исследования поверхности?
14. Какие преимущества и недостатки методов исследования поверхности в сравнении объемными методами исследования?
15. Какими свойствами должна обладать молекула-зонд. Как оценить льюисовскую и бренстедовскую кислотность поверхности по ИК-спектрам молекул-зондов.
16. Докажите, что температура начала гетерогенной реакции в неизотермическом режиме растет с увеличением скорости нагрева.
17. В каких случаях из данных ТПД можно определить энергию активации десорбции, а в каких только теплоту адсорбции.
18. Дайте качественную интерпретацию результатам ТПВ (преобладание процессов зародышеобразования или процессов роста зародышей новой фазы, роль диффузионных процессов).
19. Предложите метод оценки размеров частиц нанесенного металла, полагаясь на данные магнитных измерений.
20. Дайте качественную оценку льюисовским кислотным центрам поверхности по спектру адсорбированного монооксида углерода.

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 \ Результат	2	3	4	5
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: теоретические основы методов исследования поверхности катализаторов.</p> <p>Знать: типичную конструкцию приборов для исследования поверхности катализаторов и требования к образцам.</p> <p>Знать: возможности и ограничения, математических моделей при обработке результатов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Уметь: оценить возможности методов исследования поверхности для анализа катализаторов.</p> <p>Уметь: сравнить возможности методов исследования поверхности и объемных методов исследования применительно к катализаторам.</p> <p>Уметь: поставить задачу для исследования катализаторов методами анализа поверхности.</p> <p>Уметь: грамотно планировать эксперимент по исследованию свойств поверхности гетерогенных катализаторов</p> <p>Уметь: применять знания для оценки экспериментальных возможностей современных экспериментальных методов</p> <p>Уметь: использовать программные продукты приборов для обработки данных и выполнения расчетов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Владеть: методами обработки экспериментальных результатов</p> <p>Владеть: навыками обработки экспериментальных результатов, полученных на современном научном оборудовании</p> <p>Владеть: навыками использования программных средств для обработки массива экспериментальных данных</p> <p>Владеть: навыками расчета кинетики гетерогенной каталитической реакции</p> <p>Владеть: навыками обработки массива экспериментальных данных</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>