

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Аннотированная рабочая программа дисциплины
Методы исследования адсорбентов и катализаторов

Направление подготовки
04.03.01 Химия

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр
Форма обучения
очная

Томск – 2015

1. Код и наименование дисциплины

Б1.В.ДВ.4.5.4. Методы исследования адсорбентов и катализаторов.

2. Цель изучения дисциплины

Дисциплина является практической частью осуществляемых на кафедре дисциплин «Адсорбционные процессы» и «Гетерогенный катализ». Целями освоения дисциплины «Методы исследования адсорбентов и катализаторов» является ознакомление студентов, специализирующихся на кафедре физической и коллоидной химии, с методами исследования текстурных, адсорбционных и каталитических свойств адсорбентов и катализаторов, а также получение студентами практических навыков проведения подобных исследований. Программа дисциплины включает лабораторные работы по определению текстурных, адсорбционных и каталитических свойств адсорбентов и катализаторов, носящие научно-исследовательский характер.

3. Год/годы и семестр/семестры обучения

Программа рассчитана на изучение дисциплины «Методы исследования адсорбентов и катализаторов» на 4-ом курсе в течение одного (8-го) семестра.

4. Общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 144 часа, из которых 80 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (лабораторные занятия), 64 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, в том числе 36 часов – подготовка к экзамену. Для студентов проводятся групповые и индивидуальные консультации.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>СК-4, II уровень: - способность применять основные закономерности физической химии при решении конкретных задач химии и химической технологии, в том числе, синтеза и изучения функциональных свойств адсорбентов, катализаторов и других твердых тел, с применением современных методов исследования. Уметь проводить термодинамические расчеты химических процессов (включая методы квантовой механики), исследовать кинетику и механизм химических реакций с целью их научного и практического применения.</p>	<p>З (СК-4) – II Знать - основные теории и уравнения (Ленгмюра, БЭТ, Томсона-Кельвина и др.), лежащие в основе методов определения удельной поверхности и пористости твердых тел; особенности адсорбции из газовой фазы и растворов, строение двойного электрического слоя; - методы определения кислотно-основных свойств поверхности адсорбентов и катализаторов, связь кислотно-основных параметров поверхности с поверхностными и объёмными характеристиками твердых тел; - знать понятия каталитической активности и селективности, характеризующие их параметры; влияние процессов переноса и температуры на определяемые экспериментально параметры каталитических свойств; - основные методы определения каталитических свойств, в том числе используемые режимы и типы реакторов, их возможности и ограничения; общие подходы к проведению каталитических испытаний, позволяющие организовать тестирование катализаторов на высоком методологическом уровне, а также сократить время и расходы на выполнение исследований.</p>

	<p>У (СК-4) – II Уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать на классических и современных приборах и установках по тематике дисциплины; - выбирать оптимальные методы и условия проведения экспериментов для исследования текстурных, адсорбционных и каталитических свойств материалов; - определять и рассчитывать на основе полученных экспериментальных данных параметры, характеризующие поверхностные и каталитические свойства материалов (удельную поверхность, общий объем пор, распределение пор по размерам, конверсию, каталитическую активность, селективность, порядок реакции по компоненту, эффективную энергию активации и др.); - проводить анализ полученных результатов, в том числе правильно сравнивать параметры, характеризующие поверхностные и каталитические свойства материалов, находить их взаимосвязь с структурой, фазовым составом и другими поверхностными и объёмными характеристиками исследуемых объектов. <p>В (СК-4) – II Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> - необходимыми знаниями и навыками в области исследования поверхностных свойств твердых тел, обсуждения полученных результатов с целью нахождения взаимосвязи между кислотностью поверхности и сорбционными, каталитическими, люминесцентными, оптическими, электрофизическими, механическими свойствами и другими свойствами твердых тел; - владеть необходимыми знаниями и навыками в области исследования каталитических свойств гетерогенных катализаторов с использованием реакторов (каталитических установок) различного типа, включая подготовку к проведению необходимых экспериментов, сбор и обработку полученных экспериментальных данных, обсуждения полученных результатов.
--	--

6. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

6.1. Структура учебных видов деятельности

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего часов	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	
				лабораторные работы	СРС
1	Определение каталитических свойств образца катализатора при разных временах контакта. Сравнение каталитических свойств образцов (скрининг).	13	1	10	3
2	Определение скорости гетерогенной каталитической реакции в проточном реакторе. Определение порядка реакции по компоненту.	13	2	10	3
3	Окислительное дегидрирование пропана в пропилен: определение основных параметров, скрининг, сведение баланса.	13	3	10	3
4	Окислительное дегидрирование пропана в пропилен: определение энергии активации реакции.	13	4-5	10	3
5	Определение удельной поверхности, объема пор и распределения пор по размерам с применением прибора «TriStar 3020» для мезопористых твердых тел многоточечным методом БЭТ.	7	6	5	2
6	Определение удельной поверхности, объема пор и распределения пор по размерам с применением прибора 3Flex для тонкопористых образцов адсорбентов и катализаторов многоточечным методом БЭТ.	7	7	5	2
7	Определение удельной поверхности твердофазных образцов адсорбентов и катализаторов одноточечным методом БЭТ на проточной сорбционной установке.	13	7-8	10	3
8	Изучение кислотно-основного состояния поверхности твердых тел методами рН-метрии (определение рН точки нулевого заряда, рН изоионного состояния)	8	9	5	3
9	Использование величины электрокинетического потенциала для определения кислотности поверхности нанодисперсных систем (рН изоэлектрического состояния).	8	10	5	3
10	Индикаторный метод определения кислотно-основных свойств поверхности твердых тел разной степени дисперсности (адсорбция индикаторов Гаммета из водной среды).	13	11-12	10	3
	Экзамен	36			36
	Итого	144		80	64

6.2. Содержание дисциплины

Программа дисциплины включает лабораторные работы по определению текстурных, адсорбционных и каталитических свойств адсорбентов и катализаторов, носящие научно-исследовательский характер.

Определение удельной поверхности, объема пор и распределения пор по размерам с применением прибора «TriStar 3020» для мезопористых твердых тел многоточечным методом БЭТ. Удельная поверхность, пористость, изотерма адсорбции. Основные типы изотерм адсорбции. Методы определения удельной поверхности и размеров пор. Статический метод: многоточечный метод БЭТ. Волюмометрическое измерение величины адсорбции.

Определение удельной поверхности, объема пор и распределения пор по размерам с применением прибора 3Flex для тонкопористых образцов адсорбентов и катализаторов многоточечным методом БЭТ. Удельная поверхность, пористость, изотерма адсорбции. Основные типы изотерм адсорбции. Методы определения удельной поверхности и размеров пор. Статический метод: многоточечный метод БЭТ. Волюмометрическое измерение величины адсорбции.

Определение удельной поверхности твердофазных образцов адсорбентов и катализаторов однотоочечным методом БЭТ на проточной сорбционной установке. Удельная поверхность, пористость, изотерма адсорбции. Основные типы изотерм адсорбции. Методы определения удельной поверхности. Динамический метод: днотоочечный метод БЭТ.

Изучение кислотно-основного состояния поверхности твердых тел методами рН-метрии (определение рН точки нулевого заряда, рН изоионного состояния). Кислотно-основные центры на поверхности твердых тел: центры Льюиса и Бренстеда. Изоионное состояние, точка нулевого заряда. Метод рН-метрии. Оценка кислотно-основных свойств поверхности по значению рН точки нулевого заряда, рН изоионного состояния.

Оценка кислотности и основности поверхности по значению рН изоэлектрического состояния, определенного измерением электрофоретической подвижности частиц при различных значениях рН суспензии. ДЭС. Электрокинетический потенциал (дзета-потенциал). Электрофоретическая подвижность. Изоэлектрическая точка. Определение изоэлектрической точки. Оценка кислотно-основных свойств поверхности по значению рН изоэлектрического состояния.

Индикаторный метод определения кислотно-основных свойств поверхности твердых тел разной степени дисперсности (адсорбция индикаторов Гаммета из водной среды). Кислотно-основные центры на поверхности твердых тел: центры Льюиса и Бренстеда. Характеристика силы кислотных/основных центров на поверхности: функция Гаммета. Методы определения кислотности поверхности твердых тел (силы центров, концентрации центров, распределения центров) в жидких средах: индикаторный метод.

Определение каталитических свойств образца катализатора при разных временах контакта. Сравнение каталитических свойств образцов (скрининг). Проточные методы исследования каталитических свойств твердых катализаторов: интегральный реактор, режим идеального вытеснения. Каталитическая активность, средняя скорость каталитической реакции, конверсия. Время контакта. Стационарное состояние катализатора. Влияние процессов массо- и теплопереноса: области внешней диффузии, внутренней диффузии, кинетическая область. Обеспечение «идеальных» условий протекания реакции на катализаторе. Скрининг катализаторов. Сравнение активности катализаторов.

Определение скорости гетерогенной каталитической реакции в проточном реакторе. Определение порядка реакции по компоненту. Проточные методы исследования каталитических свойств твердых катализаторов: дифференциальный реактор, режим идеального смешения. Проточно-циркуляционная установка.

Дифференциальный режим в проточном реакторе. Удельная каталитическая активность. Ошибка определения скорости реакции. Порядок реакции: общий, частный порядок. Методы определения порядков реакции.

Окислительное дегидрирование пропана в пропилен: определение основных параметров, скрининг, сведение баланса. Проточные методы исследования каталитических свойств твердых катализаторов: интегральный реактор, режим идеального вытеснения. Каталитическая активность, средняя скорость каталитической реакции, конверсия; селективность. Время контакта. Стационарное состояние катализатора. Влияние процессов массо- и теплопереноса: области внешней диффузии, внутренней диффузии, кинетическая область. Обеспечение «идеальных» условий протекания реакции на катализаторе. Скрининг катализаторов. Сравнение активности и селективности катализаторов.

Окислительное дегидрирование пропана в пропилен: определение энергии активации реакции. Проточные методы исследования каталитических свойств твердых катализаторов: интегральный и дифференциальный реактор. Дифференциальный режим в проточном реакторе. Каталитическая активность, средняя скорость каталитической реакции, удельная каталитическая активность. Влияние процессов массо- и теплопереноса: области внешней диффузии, внутренней диффузии, кинетическая область; влияние температуры на наблюдаемую скорость реакции. Эффективная энергия активации реакции.

7. Ресурсное обеспечение

7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

1. Сычев М.М., Минакова Т.С., Слизов Ю.Г., Шилова О.А. Кислотно-основные характеристики поверхности твердых тел и управление свойствами материалов и композитов. Санкт-Петербург: Химиздат, 2016. – 274 с.
2. Минакова Т.С., Екимова И.А. Фториды и оксиды щелочноземельных металлов и магния. Поверхностные свойства. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. 148 с.
3. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 504 с.

а¹) электронные варианты:

4. Мамонтов Г.В., Минакова Т.С., Харламова Т.С., Горбунова А.С. Лабораторный практикум по курсу «Адсорбционные процессы». Электронный вариант, 2016 г.
5. Харламова Т.С., Водянкина О.В. Методы определения каталитических свойств гетерогенных катализаторов / Методические рекомендации к специализированному практикуму по катализу в рамках курса «Методы исследования адсорбентов и катализаторов». Электронный вариант, 2014 г. Электронный вариант.
6. Иконникова К.В., Иконникова Л.Ф., Минакова Т.С., Саркисов Ю.С. Теория и практика определения кислотно-основных свойств поверхности твердых тел методом рН-метрии. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 99 с. Электронный вариант.

б) дополнительная литература:

1. Минакова Т.С. Адсорбционные процессы на поверхности твердых тел. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. – 279 с.
2. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. – М.: Мир, 1980. – 488 с.
3. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. 304 с.
4. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 679 с.
5. Бобров, Н. Н. Экспериментальные методы изучения свойств катализаторов и сорбентов / Промышленный катализ в лекциях. Вып. 3. М.: Калвис, 2006. С.41-76.

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронная Библиотека Диссертаций [Электронный ресурс] / Российская государственная библиотека. – Электрон. дан. – М., 2003. URL: <http://diss.rsl.ru/>
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012. URL: <http://znanium.com/>
3. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp/>

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

5. Электронная Библиотека Диссертаций [Электронный ресурс] / Российская государственная библиотека. – Электрон. дан. – М., 2003. URL: <http://diss.rsl.ru/>
6. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012. URL: <http://znanium.com/>
7. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp/>

7.3. Образовательные технологии

Наряду с классическими технологиями обучения (лабораторные работы и самостоятельная подготовка студентов) при осуществлении курса «Методы исследования адсорбентов и катализаторов» используются методы, включающие технологию обучения научным исследованиям, технологию проблемного обучения.

8. Преподаватели

Т.С. Минакова, Т.С. Харламова, Г.В. Мамонтов.

Авторы: Минакова Тамара Сергеевна, к.х.н., профессор кафедры физической и коллоидной химии; Харламова Тамара Сергеевна, к.х.н., доцент кафедры физической и коллоидной химии.