

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.


КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДЕПАРТАМЕНТ
ОБРАЗОВАНИЯ
(ДО КФУ)

_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Химия поверхностных явлений и адсорбция Б1.В.ДВ.6

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Нефтехимия и катализ

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Горбачук В.В.

Рецензент(ы):

Соломонов Б.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 7128217

Казань
2017

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Горбачук В.В. Кафедра физической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Valery.Gorbachuk@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

- а) дать научные основы современной теории адсорбции и поверхностных физико-химических явлений, методологии моделирования и адсорбционных исследований наноструктуры пористых материалов, и их использования для дизайна супрамолекулярной структуры (текстуры) гетерогенных катализаторов, их носителей и адсорбентов.
- б) развитие способности самостоятельно решать практические и теоретические задачи по использованию теоретических и экспериментальных методов адсорбции и поверхностных физико-химических явлений в научной и производственной деятельности, для повышения качества жизни и здоровья.
- в) повышение профессиональной компетенции в широком наборе возможных будущих специальностей, основанных на использовании адсорбентов и пористых материалов и знании их основных физических и физико-химических свойств

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.04.01 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

относится к циклу Б1 профессиональных дисциплин, его вариативной части Б1.В.ДВ.6

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью владеть культурой мышления, умение аргументировано и ясно строить устную и письменную речь
ОК-2 (общекультурные компетенции)	способностью уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям, толерантность в восприятии социальных и культурных различий
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью демонстрации общенаучных базовых знаний естественных наук, математики и информатики, понимание основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью в составе научно-исследовательского и производственного коллектива решать задачи профессиональной деятельности
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

химическую термодинамику поверхностных явлений и адсорбции, теоретические основы современных представлений о структуре поверхностей и экспериментальных методов их изучения

2. должен уметь:

ориентироваться в проблемах химической термодинамики поверхностных явлений и адсорбции, теоретических основах современных представлений о структуре поверхностей и экспериментальных методов их изучения

3. должен владеть:

основными подходами и экспериментальными методами исследования современной химии поверхностных явлений и адсорбции, позволяющими измерять основные физические и физико-химические параметры веществ и материалов, обусловленных особой структурой их поверхности и пористостью

4. должен демонстрировать способность и готовность:

решать задачи по прогнозированию свойств веществ и материалов, обусловленных особой структурой их поверхности

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Современные представления о строении (текстуре) и морфологии пористых тел	3		0	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Текстурные характеристики поверхности	3		0	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Высоковакуумная техника изучения поверхностей на атомном уровне	3		0	2	0	
4.	Тема 4. Особенности поверхностей металлов	3		0	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Основы термодинамики поверхностей	3		0	2	0	
6.	Тема 6. Адсорбция физическая и хемосорбция	3		0	2	0	
7.	Тема 7. Нуклеация и рост тонких пленок на поверхности твердых тел	3		0	2	0	
8.	Тема 8. Экспериментальные методы исследования химического состава поверхностей и роста тонких пленок	3		0	2	0	
9.	Тема 9. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия	3		0	0	0	Устный опрос
10.	Тема 10. Экспериментальные методы исследования структуры поверхностей	3		0	0	0	Устный опрос
11.	Тема 11. Методы колебательной спектроскопии для изучения поверхностей	3		0	0	0	Устный опрос
12.	Тема 12. Определение структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии	3		0	0	2	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
13.	Тема 13. Анализ экспериментальных данных по определению структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии	3		0	0	2	
14.	Тема 14. Термодинамика адсорбции	3		0	0	0	Устный опрос
15.	Тема 15. Адсорбция на энергетически неоднородной или фрактальной поверхности	3		0	0	0	Устный опрос
16.	Тема 16. Особенности адсорбции в микропорах, на поверхности и в объеме мезопор	3		0	0	0	Устный опрос
17.	Тема 17. Методы экспериментального исследования физической и химической адсорбции	3		0	0	0	Коллоквиум
18.	Тема 18. Основные свойства пористых тел	3		0	0	0	Устный опрос
19.	Тема 19. Типовые механизмы формирования и изменений текстуры поверхности в различных условиях	3		0	0	0	Устный опрос
20.	Тема 20. Закономерности коллоидной химии и физики кластеров	3		0	0	0	Устный опрос
21.	Тема 21. Применение адсорбентов и других пористых материалов для задач очистки и разделения веществ	3		0	0	0	Коллоквиум

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
22.	Тема 22. Экспериментальные измерения изотерм адсорбции и десорбции азота при 77К	3		0	0	4	
23.	Тема 23. Экспериментальные измерения распределения пор по размерам методом ртутной порометрии	3		0	0	0	Коллоквиум
24.	Тема 24. Методология анализа экспериментальных данных азотной и ртутной порометрии	3		0	0	4	
25.	Тема 25. Анализ полученных экспериментальных результатов	3		0	0	0	Устный опрос
26.	Тема 26. Решение задач разной сложности по тематике курса	3		0	2	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	Экзамен
	Итого			0	14	12	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Современные представления о строении (текстуре) и морфологии пористых тел *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Определения понятий текстуры и морфологии поверхностей. Основные виды материалов, применение которых зависит от количественных характеристик строения их поверхностей. Способы модификации текстуры и морфологии поверхностей. Приготовление материалов с заданными характеристиками их поверхностей. Физические методы изучения поверхностей.

Тема 2. Текстульные характеристики поверхности

Тема 3. Высоковакуумная техника изучения поверхностей на атомном уровне *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Применение электронной микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии (атомно-силовой микроскопии) для изучения поверхностей на атомном уровне. Требования к поверхности и уровню вакуума для каждого метода в зависимости от требуемого разрешения. Типы поверхностей, которые можно изучать методами электронной микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии.

Тема 4. Особенности поверхностей металлов

Тема 5. Основы термодинамики поверхностей *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Поверхностные явления и адсорбция. Молекулярные взаимодействия и особые свойства поверхности раздела фаз. Явление смачивания. Краевой угол, работа адгезии. Значение смачивания в биологических и производственных процессах. Флотация. Основы теории капиллярности. Капиллярное давление, закон Лапласа. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности. Явления изотермической перегонки, капиллярной конденсации и собирательной рекристаллизации.

Тема 6. Адсорбция физическая и хемосорбция

практическое занятие (2 часа(ов)):

Понятие адсорбции. Классификация видов адсорбции по типу границы раздела фаз. Адсорбционные слои и их влияние на свойства дисперсных систем. Физическая адсорбция и хемосорбция. Основные типы твердых поверхностей и сорбатов, для которых характерна хемосорбция. Технологические применения хемосорбции. Гетерогенный катализ на твердых поверхностях. Ионообменная адсорбция. Ионообменники. Роль обменной адсорбции в технологических процессах приготовления твердых материалов с заданным химическим составом и морфологией поверхности.

Тема 7. Нуклеация и рост тонких пленок на поверхности твердых тел

практическое занятие (2 часа(ов)):

Общие представления о ростовых процессах. Первичный акт нуклеации с образованием трехмерного зародыша. Зарождение, рост и слияние островков из пересыщенного двумерного пара на поверхности твердого тела. Двумерный и трехмерный рост. Адсорбция, поверхностная диффузия и десорбция. Монослойные и многослойные пленки. Фазовые переходы первого рода в тонких пленках.

Тема 8. Экспериментальные методы исследования химического состава поверхностей и роста тонких пленок

практическое занятие (2 часа(ов)):

Экспериментальные методы исследования поверхностей, основанные на явлении испускания твердыми телами вторичных электронов при их бомбардировке пучком первичных электронов электронная оже-спектроскопия и спектроскопия характеристических потерь энергии электронов (СХПЭЭ). Зависимость коэффициентов вторичной электронной эмиссии и упругого отражения от энергии первичных электронов. Зависимость коэффициента упругого отражения электронов R от энергии первичных электронов. Спектроскопия упругого отражения электронов малой энергии, спектроскопия потенциала исчезновения, спектроскопия полного тока, интегральная вторично-электронная спектроскопия, низкоэнергетическая вторично-эмиссионная спектроскопия, резонансное упругое рассеяние медленных электронов у порогов неупругих каналов.

Тема 9. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

Тема 10. Экспериментальные методы исследования структуры поверхностей

Тема 11. Методы колебательной спектроскопии для изучения поверхностей

Тема 12. Определение структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Тема 13. Анализ экспериментальных данных по определению структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Тема 14. Термодинамика адсорбции

Тема 15. Адсорбция на энергетически неоднородной или фрактальной поверхности

Тема 16. Особенности адсорбции в микропорах, на поверхности и в объеме мезопор

Тема 17. Методы экспериментального исследования физической и химической адсорбции

Тема 18. Основные свойства пористых тел

Тема 19. Типовые механизмы формирования и изменений текстуры поверхности в различных условиях

Тема 20. Закономерности коллоидной химии и физики кластеров**Тема 21. Применение адсорбентов и других пористых материалов для задач очистки и разделения веществ****Тема 22. Экспериментальные измерения изотерм адсорбции и десорбции азота при 77К****лабораторная работа (4 часа(ов)):****Тема 23. Экспериментальные измерения распределения пор по размерам методом ртутной порометрии****Тема 24. Методология анализа экспериментальных данных азотной и ртутной порометрии****лабораторная работа (4 часа(ов)):****Тема 25. Анализ полученных экспериментальных результатов****Тема 26. Решение задач разной сложности по тематике курса****практическое занятие (2 часа(ов)):**

Предложите способ приготовления сорбента с заданными текстурными характеристиками и химическим составом. Предложите экспериментальный метод измерения текстурных характеристик поверхности для заданного материала. Опишите возможные особенности текстуры поверхности заданного металла по кристаллографическим данным о его кристаллах и информации о способе его механической обработки. Опишите практические применения хемосорбции. Предложите способ приготовления тонких пленок заданного химического состава на поверхности заданного материала. Предложите экспериментальный метод определения химического состава и изучения роста тонких пленок заданного состава. Предложите метод определения структурных характеристик поверхности материала заданного состава. Проанализируйте ИК-спектры поверхности данного материала, полученные в различных режимах. Опишите характер зависимости параметров адсорбции от размеров молекул сорбата на сорбенте с заданной фрактальностью. Определите тип данной изотермы адсорбции/десорбции по принятой классификации. Предложите способ приготовления заданных металлокластеров на поверхности адсорбента данного типа. Определите распределение пор по размерам, удельную поверхность и средний радиус пор объемную долю пор на основе данных изотерм сорбции/десорбции азота и кривых объем-давление ртутной порометрии.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Текстурные характеристики поверхности	3		подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Особенности поверхностей металлов	3		подготовка к устному опросу	4	устный опрос
9.	Тема 9. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Экспериментальные методы исследования структуры поверхностей	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Методы колебательной спектроскопии для изучения поверхностей	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Определение структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
14.	Тема 14. Термодинамика адсорбции	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
15.	Тема 15. Адсорбция на энергетически неоднородной или фрактальной поверхности	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
16.	Тема 16. Особенности адсорбции в микропорах, на поверхности и в объеме мезопор	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
17.	Тема 17. Методы экспериментального исследования физической и химической адсорбции	3		подготовка к коллоквиуму	2	коллоквиум
18.	Тема 18. Основные свойства пористых тел	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
19.	Тема 19. Типовые механизмы формирования и изменений текстуры поверхности в различных условиях	3		подготовка к устному опросу	4	устный опрос
20.	Тема 20. Закономерности коллоидной химии и физики кластеров	3		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
21.	Тема 21. Применение адсорбентов и других пористых материалов для задач очистки и разделения веществ	3		подготовка к коллоквиуму	2	коллоквиум

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
23.	Тема 23. Экспериментальные измерения распределения пор по размерам методом ртутной порометрии	3		подготовка к коллоквиуму	4	коллоквиум
25.	Тема 25. Анализ полученных экспериментальных результатов	3		подготовка к устному опросу	4	устный опрос
26.	Тема 26. Решение задач разной сложности по тематике курса	3		подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
	Итого				46	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Разбор типичных задач химии поверхностных явлений и адсорбции, встречающихся на практике: в научной работе, медицине, быту, строительстве, сельском хозяйстве, пище-вой, химической и нефтехимической, горнорудной и нефтедобывающей промышленности. Лабораторные работы по изучению поверхностных явлений и адсорбции на современном научном оборудовании с применением компьютерной обработки результатов

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

Тема 1. Современные представления о строении (текстуре) и морфологии пористых тел

Тема 2. Текстурные характеристики поверхности

устный опрос , примерные вопросы:

Текстурные характеристики поверхности, методы их определения и интерпретации результатов измерений. Основные параметры текстуры поверхности: форма пор и волокон, распределение пор по размерам, фрактальная неоднородность, шероховатость, размеры кристаллитов, в том числе частиц металлов на поверхности.

Тема 3. Высоковакуумная техника изучения поверхностей на атомном уровне

Тема 4. Особенности поверхностей металлов

устный опрос , примерные вопросы:

Особенности поверхностей металлов, кристаллов с атомной решеткой, полярных полупроводников, ионных кристаллов. Зависимость текстуры металлов от способа и характера обработки. Смешанная текстура. Распределение расположения кристаллитов в металле относительно кристаллографических направлений. Распределение кристаллографических направлений кристаллитов металла относительно направлений его механической обработки. Оценка количественных характеристик текстуры металлов с помощью рентгеновской дифрактографии.

Тема 5. Основы термодинамики поверхностей

Тема 6. Адсорбция физическая и хемосорбция

Тема 7. Нуклеация и рост тонких пленок на поверхности твердых тел

Тема 8. Экспериментальные методы исследования химического состава поверхностей и роста тонких пленок

Тема 9. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

устный опрос , примерные вопросы:

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия поверхности - метод исследования элементного состава, эмпирической формулы, химического и электронного состояния атомов, присутствующих в материале. Определение энергии химической связи. Определение энергии электронов, испускаемых твердым телом в результате подвергания его монохроматическому рентгеновскому излучению. Обнаружения закисей кремния на поверхности кремния. Типы анодов, применяемые для получения первичного рентгеновского пучка. Глубина проникновения вторичных электронов в исследуемое вещество. Анализ химический состав тонкого (в несколько атомных слоев) приповерхностного слоя. Исследование профилей распределения примесей по глубине. Ионное распыление поверхностных слоев. Разрешение по глубине рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Разрешение методов по площади. Исследование радиационно-нестойких материалов. Вероятность заряда поверхности исследуемых диэлектриков. В-третьих, по данным рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии можно получать информацию о химической связи. Типичное энергетическое разрешение пиков спектров рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

Тема 10. Экспериментальные методы исследования структуры поверхностей

устный опрос , примерные вопросы:

Экспериментальные методы исследования структуры поверхностей. Рентгеновская спектроскопия поглощения. Метод, основанный на изучении тонкой структуры спектров поглощения рентгеновских лучей. Структурный анализ. Сравнении рентгеновского спектра поглощения моноатомного газа, со спектром поглощения конденсированной среды. Разностный спектр с информацией о химической структуре вещества. Флуктуации спектра поглощения с тонкой структурой в виде волнистости спектра вблизи скачка поглощения выбранного атома исследуемого вещества. Химический сдвиг энергетического порога возбуждения скачка поглощения. Информация об атомном строении локального атомного кластера в окрестности нескольких координационных сфер около возбуждаемого атома, включая позиции атомов, длины связей, валентные углы и параметры тепловых колебаний (фактор Дебая?Уоллера). Возможность определения валентности атомов, распределения на них электронной плотности и зонной структуру вещества. Коэффициент поглощения рентгеновских лучей. Дифракционный рентгеноструктурный анализ. Изучение объектов сложного химического состава: примеси в сплавах, катализаторы. Исследование структуры веществ на поверхности катализаторов.

Тема 11. Методы колебательной спектроскопии для изучения поверхностей

устный опрос , примерные вопросы:

Методы колебательной спектроскопии для изучения поверхностей.

www.catalysis.ru/resources/books/paukshtis/paukshtis.doc. Инфракрасная спектроскопия и микроспектроскопия. Варианты метода, основанные на поглощении, отражении, малоугловом отражении. Метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Схема измерения спектра порошка методом НПВО. Метод диффузного отражения. Схема хода лучей для методики диффузного отражения. Повышенная чувствительность метода к слабым полосам поглощения. Оптическая схема приставки диффузного отражения. Измерение спектров адсорбированных молекул. Схемы кювет используемых для измерения спектров адсорбированных молекул. Схема проточной ИК кюветы для измерения спектров адсорбированных молекул. Кюветы для измерения спектров методом диффузного отражения. Измерения концентрации молекул и поверхностных комплексов по данным ИК спектроскопии.

Тема 12. Определение структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии

устный опрос , примерные вопросы:

Идентификация поверхностных центров поверхности катализаторов. Возможные структуры, которые реализуются на большинстве катализаторов, приготовленных с использованием оксидов металлов. Два типа существенно разных по свойствам поверхностей с участием платины: поверхность носителя и поверхность платины. Льюисовские кислотные центры, обусловленные координационно-ненасыщенными катионами металла в разном координационном окружении атомов кислорода. Возможные типы поверхностных структур и центров. Возможные схемы строения льюисовских кислотных центров на поверхности оксидов. Структуры, образуемые примесными анионами, которые остаются после синтеза (сульфатные, нитратные фосфатные группы) или образующиеся при контакте с атмосферой (карбонатно-карбоксилатные структуры). Обнаружение примесных анионов на поверхности оксидов. Метод спектральных зондов. Изменение спектров адсорбированных молекул зондов, Требования к молекулам, используемых в качестве зондов. Зонды, используемые при тестировании поверхности. Полосы поглощения, которые позволяют идентифицировать природу адсорбционных центров. Измерения силы и концентрации для каждого типа адсорбционных центров.

Тема 13. Анализ экспериментальных данных по определению структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии

Тема 14. Термодинамика адсорбции

устный опрос , примерные вопросы:

Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Уравнение изотермы мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Адсорбция газов на твердой поверхности. Многослойная адсорбция. Теория БЭТ. Условия применимости уравнений БЭТ и Ленгмюра для описания адсорбции газов на твердых поверхностях. Определение удельной поверхности адсорбентов. Особенности адсорбции из растворов. Адсорбция электролитов на твердом адсорбенте.

Тема 15. Адсорбция на энергетически неоднородной или фрактальной поверхности

устный опрос , примерные вопросы:

Адсорбция на энергетически неоднородной или фрактальной поверхности. Системы с фрактальной размерностью. Зависимость площади поверхности образца от размера адсорбируемых молекул. Поверхности с трехмерной структурой. Диапазон фрактальных размерностей для поверхностей сорбентов различных типов. Нанокристаллические системы. Влияние гидростатического давления, вызванного действием поверхностного натяжения, на кристаллическую структуру наночастиц. Определение фрактальной размерности аэрозольных частиц. Способ описания адсорбции на неоднородной поверхности.

Тема 16. Особенности адсорбции в микропорах, на поверхности и в объеме мезопор

устный опрос , примерные вопросы:

Классификация пор по размерам. Особенности адсорбции в микропорах, диапазон относительных давлений пара сорбата, при которых происходит заполнение микропор, относительная величина теплоты адсорбции. Адсорбция в мезопорах: полимолекулярная адсорбция, объемное заполнение по механизму капиллярной конденсации. Классификация адсорбентов по размерам пор. Примеры микропористых и мезопористых адсорбентов и их технологическое применение.

Тема 17. Методы экспериментального исследования физической и химической адсорбции

коллоквиум , примерные вопросы:

Методы экспериментального исследования физической и химической адсорбции. Азотная порометрия. Определение кислотных характеристик образцов сорбентов методом температурно-программируемой десорбции NH₃. Устройство прибора для исследования температурно-программируемой десорбции NH₃. Включение и подготовка прибора к работе. Подготовка образца. Установка электрических настроек прибора. Настройка параметров анализа и запуск программы анализа. Алгоритм подготовки к анализу. Алгоритм выполнения анализа.

Тема 18. Основные свойства пористых тел

устный опрос , примерные вопросы:

Основные свойства пористых тел: гетерогенных катализаторов, адсорбентов, керамики разного назначения. Удельная поверхность, удельный объем, пор средний диаметр пор, распределение пор по размерам. Гистерезис адсорбции-десорбции. Корреляция между формой петли гистерезиса и текстурными характеристиками адсорбента: формой и объемом пор, распределением объема пор по диаметрам. Эмпирическая классификация петель гистерезиса ИЮПАК.

Тема 19. Типовые механизмы формирования и изменений текстуры поверхности в различных условиях

устный опрос , примерные вопросы:

Типовые механизмы формирования и изменений текстуры поверхности оксидных носителей и адсорбентов в различных условиях. Механизмы формирования текстуры в процессах сушки гидрогелей и влажных осадков, а далее - полный цикл стадий формирования текстуры оксидных носителей и адсорбентов, получаемых золь-гель методом и соосаждением через коагели. Отличительные особенности формирования текстуры кристаллизующихся систем и систем, получаемых методами соосаждения. Влияние pH раствора при осаждении геля на текстурные характеристики приготовленного сорбента. Кипячение золя. Начало формирования удельной поверхности на стадии золя. Старение малоцентрированных гелей и синерезис с самопроизвольным уплотнением геля с выделением части дисперсионной среды. Влияние этого процесса на верхний предел изменений пористости. Стадия высокотемпературного спекания. Образование жидкоподобной пластичной фазы в местах контактов частиц при высокотемпературном спекании. Влияние сушки на предельный объем пор. Изменение вязкости приповерхностного слоя геля по мере уплотнения с увеличением до перехода в состояние упругого пористого тела при образовании плотной случайной упаковки глобул. Образование слоистых гранул. Образование амфорообразных или полых гранул. Влияние на текстурные характеристики совмещения стадий осаждения, равновесной растворимости осадков в водных средах, фазовых трансформаций, обусловленных кристаллизацией, ориентированной агрегации окристаллизованных первичных частиц. Схема получения осажденных катализаторов.

Тема 20. Закономерности коллоидной химии и физики кластеров

устный опрос , примерные вопросы:

Закономерности коллоидной химии и физики кластеров. Понятие о кластерах. Кластеры металлов. Гомометаллические кластеры. Методы получения кластерных частиц. Конденсация пара металла. Способы испарения металла (плазменное, термическое в ячейке Кнудсена, электроннолучевое). Способы конденсации пара металла (сверхзвуковое истечение пара металла в вакуум, испарение в разреженной атмосфере инертного газа, криогенная конденсация пара металла на подложку, гомогенная нуклеация металлического пара.). Общее условие формирования ультрадисперсных частиц конденсацией пара металла: высокая скорость нуклеации при возможно меньшей скорости роста размеров частиц. Взрывные методы получения кластерных частиц. Метод электрического взрыва проводников для тугоплавких металлов. Химические методы получения кластерных частиц, основанные на термическом и фотохимическом разложении соединений металлов с летучими лигандами (карбонилы металлов, солей орг. кислот и др.). Зависимость свойств кластерных частиц и материалов на их основе от размеров частиц. Кластерные материалы. Основные матрицы для кластерных материалов. Связь уникальных физических характеристик кластерных материалов (квазиодномерной металлической проводимости, полупроводниковых, сверхпроводящих, магнитных свойств, особенностей взаимодействия с излучением, каталитической активности) с наличием взаимодействий металл - металл, определяющих тип структуры материалов. Методы заполнения каналов в жестких цеолитовых матрицах металлическими кластерами. Применение цеолитов с кластерами железа в качестве катализаторов синтезов по Фишеру-Тропшу и селективного окисления метана в метанол. Каталитические свойства металлонаполненных полимеров. Условия формирования металлических кластеров в полимерных матрицах (полиэтилене, полипропилене, полифениленоксиде и др.) методом высокоскоростного термораспада растворов соединений металлов в расплавах полимеров. Методы закрепления кластерных соединений на поверхности носителей. Однофазные металлополимеры.

Тема 21. Применение адсорбентов и других пористых материалов для задач очистки и разделения веществ

коллоквиум , примерные вопросы:

применение адсорбентов и других пористых материалов для задач очистки и разделения веществ, хранения энергии или адсорбированных компонентов, демпфирования колебаний концентрации, давления и т.д. Применение твердых сорбентов для осушки. Влияние температуры осушаемого газа. Очистка продуктов сжигания при помощи синтетических цеолитов. Метод непрерывного разделения бинарных смесей, аналогичный методу экстрактивной дистилляции, с использованием движущегося твердого сорбента с нанесенной неподвижной фазой. Кондиционирование воздуха с использованием твердых сорбентов. Применение твердых сорбентов в процессе противоточного разделения. Совмещенный абсорбционный и экстракционный методы разделения с использованием полимерных сорбентов, основанный на различии в растворимости компонентов разделяемой смеси.

Тема 22. Экспериментальные измерения изотерм адсорбции и десорбции азота при 77К

Тема 23. Экспериментальные измерения распределения пор по размерам методом ртутной порометрии

коллоквиум , примерные вопросы:

Экспериментальные измерения распределения пор по размерам методом ртутной порометрии. Модели мениска, имеющего форму сферического сегмента. Измерение давления, необходимого для вдавливания несмачивающей жидкости в поры адсорбента.

Дилатометрическая регистрация объемов жидкости, последовательно вводимых в поры образца в процессе непрерывного роста давления. Условия равновесия в соответствии с уравнением Лапласа-Юнга.

Тема 24. Методология анализа экспериментальных данных азотной и ртутной порометрии

Тема 25. Анализ полученных экспериментальных результатов

устный опрос , примерные вопросы:

Анализ полученных экспериментальных результатов (расчет удельной поверхности, объема микропор, распределения объема разных типов пор по характерным размерам).

Тема 26. Решение задач разной сложности по тематике курса

контрольная работа , примерные вопросы:

Предложите способ приготовления сорбента с заданными текстурными характеристиками и химическим составом. Предложите экспериментальный метод измерения текстурных характеристик поверхности для заданного материала. Опишите возможные особенности текстуры поверхности заданного металла по кристаллографическим данным о его кристаллах и информации о способе его механической обработки. Опишите практические применения хемосорбции. Предложите способ приготовления тонких пленок заданного химического состава на поверхности заданного материала. Предложите экспериментальный метод определения химического состава и изучения роста тонких пленок заданного состава. Предложите метод определения структурных характеристик поверхности материала заданного состава. Проанализируйте ИК-спектры поверхности данного материала, полученные в различных режимах. Опишите характер зависимости параметров адсорбции от размеров молекул сорбата на сорбенте с заданной фрактальностью. Определите тип данной изотермы адсорбции/десорбции по принятой классификации. Предложите способ приготовления заданных металлокластеров на поверхности адсорбента данного типа. Определите распределение пор по размерам, удельную поверхность и средний радиус пор объемную долю пор на основе данных изотерм сорбции/десорбции азота и кривых объем-давление ртутной порометрии.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Билет 1

1. Современные представления о строении (текстуре) и морфологии пористых тел
2. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия поверхности
3. Методы экспериментального исследования физической и химической адсорбции

Билет 2

1. Особенности адсорбции в микропорах, на поверхности и в объеме мезопор
2. Экспериментальные методы исследования структуры поверхностей
3. Закономерности коллоидной химии и физики кластеров

Билет 3

1. Высоковакуумная техника изучения поверхностей на атомном уровне
2. Методы колебательной спектроскопии для изучения поверхностей
3. Типовые механизмы формирования и изменений текстуры поверхности в различных условиях

Билет 4

1. Основные свойства пористых тел
2. Особенности поверхностей металлов
3. Определение структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии

Билет 5

1. Текстурные характеристики поверхности
2. Применение адсорбентов и других пористых материалов для задач очистки и разделения веществ
3. Экспериментальные методы исследования химического состава поверхностей и роста тонких пленок

Билет 6

1. Адсорбция физическая и хемосорбция
2. Нуклеация и рост тонких пленок на поверхности твердых тел
3. Экспериментальные измерения изотерм адсорбции и десорбции азота при 77К

Билет 7

1. Адсорбция на энергетически неоднородной или фрактальной поверхности
2. Анализ экспериментальных данных по определению структурных характеристик поверхности методом инфракрасной спектроскопии
3. Экспериментальные измерения распределения пор по размерам методом ртутной порометрии

7.1. Основная литература:

1. Фридрихсберг, Дмитрий Александрович. Курс коллоидной химии: учебник / Д. А. Фридрихсберг. 4-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010. 410 с.
2. Фридрихсберг Д.А Курс коллоидной химии. - 4 е, испр., доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2010. - 416 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4027
3. Щукин, Евгений Дмитриевич. Коллоидная химия: учебник для бакалавров: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям "Химия" и направлению "Химия" / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. 7-е изд., испр. и доп. Москва: Юрайт, 2013. 443 с.

7.2. Дополнительная литература:

1. Физико-химические методы исследования гетерогенных катализаторов: руководство к лабораторному практикуму / авт.-сост. А.А. Ламберов, С.Р. Егорова, А.Н. Катаев и др. - Казань: Казан. Ун-т, 2013. - 80с.
2. Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем: учебник / Ершов Ю.А.. 2013. - 352 с. <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424285.html>

3. Комаров В. С. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры: Монография / В.С. Комаров, С.В. Бесараб. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 203 с. : <http://znanium.com/go.php?id=448449>

4. Лукьянов, А. Н. Неоднородные сорбенты [Электронный ресурс] : монография / А. Н. Лукьянов, О. Н. Кононова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 190 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=442464>

7.3. Интернет-ресурсы:

Курс коллоидной химии - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4027

КФУ Презентации лекций - <http://cheminst.ksu.ru/vvg>

Неоднородные сорбенты - <http://znanium.com/bookread.php?book=442464>

Неорганическая химия - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4032

Физическая химия дисперсных систем - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424285.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Химия поверхностных явлений и адсорбция" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

1) Средства визуальной информации:

- слайды с применением мультимедийной техники (разделы 1-6);

- раздаточный материал с изображением конструкций различных реакционных уст-ройств и принципиальных схем некоторых каталитических процессов (разделы 3-6).

2) Современное оборудование для изучения свойств дисперсных систем в рамках Программы развития КФУ: титратор, спектрофотометры, рефрактометр, мутномер, кондуктометры, источники тока для электрофореза и электроосмоса

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе Нефтехимия и катализ .

Автор(ы):

Горбачук В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Соломонов Б.Н. _____

"__" _____ 201__ г.