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. Минзарипов Р.Г.
_____
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Гетерогенный катализ С3.ДВ.3

Специальность: 020201.65 - Фундаментальная и прикладная химия
Специализация: Физическая химия
Квалификация выпускника:
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):
Егорова С.Р.
Рецензент(ы):
Горбачук В.В. , Зиганшин М.А.

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

Казань
2014

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) доцент, к.н. Егорова С.Р. Кафедра физической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова , Svetlana.Egorova@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

являются основные закономерности гетерогенного катализа, строения поверхности твердых каталитических систем, состав и свойства важнейших катализаторов химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, подготовка обучающихся к самостоятельной работе в области гетерогенного катализа, каталитических технологий в неорганическом, органическом, нефтехимическом синтезе.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " С3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Гетерогенный катализ" относится к профессиональному циклу С3 и опирается на основные разделы общенаучных дисциплин: неорганическая химия, кристаллохимия, органическая химия, физическая химия, химическая технология, строение вещества, физические методы исследования, современные проблемы катализа, химия твердого тела, каталитические методы в органическом синтезе; естественнонаучных и специальных дисциплин: основы нанотехнологий, химическая термодинамика, физико-химические методы катализа, кинетика химических реакций.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	понимает сущность и социальную значимость профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- сущность и закономерности современного гетерогенного катализа;
- возможности современных физических методов исследования свойств катализаторов и изучения их каталитической активности;
- составы, строение и свойства промышленно важных катализаторов органического, нефтехимического синтезов и нефтепереработки;
- новые перспективные направления гетерогенного катализа, новые способы осуществления промышленных каталитических реакций;
- закономерности влияния свойств реагентов и продуктов реакций на состояние гетерогенных катализаторов в ходе эксплуатации,

2. должен уметь:

- ориентироваться в вопросах гетерогенного катализа, закономерностях каталитических превращений различных веществ;
- разбираться в основных видах каталитических систем, имеющих промышленно-важное значение;

- рационально проводить поиск и использование научно-технической информации, связанной с технологией синтеза гетерогенных катализаторов;
- ориентироваться в учебной, монографической, справочной и журнальной литературе в области гетерогенного катализа.

3. должен владеть:

- навыками анализа и организации работы каталитических процессов, разработки и применения катализаторов на новых и действующих промышленных объектах,
- навыками экспериментального исследования физико-химических свойств различных каталитических систем, математической обработки результатов измерений и сопоставления их с теоретическими значениями.

сущность и закономерности современного гетерогенного катализа;
- возможности современных физических методов исследования свойств катализаторов и изучения их каталитической активности;
- составы, строение и свойства промышленно важных катализаторов органического, нефтехимического синтезов и нефтепереработки;
- новые перспективные направления гетерогенного катализа, новые способы осуществления промышленных каталитических реакций;
- закономерности влияния свойств реагентов и продуктов реакций на состояние гетерогенных катализаторов в ходе эксплуатации,

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 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. Ведение в дисциплину.	7	1	2	2	0	
2.	Тема 2. Физико-химические основы гетерогенного катализа.	7	2-4	3	4	0	

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.	7	4-8	6	4	0	коллоквиум
4.	Тема 4. Катализ металлами.	7	8-12	2	2	0	
5.	Тема 5. Катализ оксидами и каталитическое окисление.	7	12-15	3	4	0	
6.	Тема 6. Катализ сульфидами.	7	16-17	6	4	0	контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Итого			22	20	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Ведение в дисциплину.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение в дисциплину. Важнейшие достижения катализа, нашедшие применение в промышленности. Важнейшие гомогенные и гетерогенные каталитические процессы. Преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практические занятия по гомогенному и гетерогенному катализу.

Тема 2. Физико-химические основы гетерогенного катализа.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Физико-химические основы гетерогенного катализа Общие закономерности гетерогенного катализа. Принципы гетерогенного катализа. Строение твердых катализаторов и их поверхности. Промежуточное взаимодействие в гетерогенном катализе. Удельная каталитическая активность. Физическая адсорбция. Геометрическая структура катализаторов. Измерение общей поверхности катализаторов. Современные методы измерения поверхности катализаторов. Химическая адсорбция. Методы исследования химической адсорбции.Старение и дезактивация катализаторов. Взаимодействие катализаторов с реакционной средой. Закоксовывание и регенерация катализаторов. Отравление катализаторов.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практические занятия по гетерогенному катализу.

Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Катализ твердыми кислотами и основаниями. Кислотность поверхности, определение. Твердые кислоты, причины появления кислотных свойств. Методы регулирования кислотных свойств поверхности катализатора. Методы определения кислотности, их достоинства и недостатки. Сила кислотных центров твердого катализатора. Типы кислотных каталитических систем и механизм их действия. Твердые сверхкислоты. Каталитическая изомеризация низкомолекулярных парафинов. Гетерогенные катализаторы изомеризации углеводородов. Цеолитные катализаторы превращения парафинов и олефинов в высокомолекулярные алифатические и ароматические углеводороды. Механизм крекинга углеводородов различных классов на алюмосиликатном катализаторе.Твердые основания и сверхоснования. Методы регулирования основных свойств.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практические занятия по катализу твердыми кислотами и основаниями.

Тема 4. Катализ металлами.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Катализ металлами. Основные реакции, катализируемые металлами. Промышленные процессы, проводимые на металлических катализаторах. Массивные и нанесенные металлические катализаторы. Структура металлов. Факторы, определяющие каталитическую активность металлов. Стадийность и скорость реакций на поверхности металла как активном центре. Массивные металлические катализаторы. Состав, строение и свойства серебряных катализаторов окисления. Сплавы и биметаллические сплавные катализаторы. Металлы Ренея. Морфология поверхности активированных металлических катализаторов. Области применения активированных металлических катализаторов. Особенности катализа дисперсными металлами. Зависимость каталитических свойств от дисперсности металла. Правили постоянства удельной каталитической активности. Особенности катализа нанесенными металлами. Морфология нанесенных металлических частиц. Структура и свойства бифункциональных катализаторов риформинга. Действие промотирующих добавок. Характеристика катализаторов гидрирования. Промышленные процессы, протекающие с участием катализаторов гидрирования.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практические занятия по катализу металлами.

Тема 5. Катализ оксидами и каталитическое окисление.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Катализ оксидами. Оксидные катализаторы. Основные процессы, протекающие на оксидных катализаторах. Массивные и нанесенные оксидные катализаторы. Активный оксид алюминия. Природа каталитически активных центров. Каталитические свойства. Катализаторы окисления. Основные промышленные процессы, протекающие с участием катализаторов окисления. Цеолитные катализаторы превращения парафинов и олефинов в высокомолекулярные алифатические и ароматические углеводороды. Гетерогенные катализаторы изомеризации углеводородов. Основные процессы, протекающие с участием катализаторов изомеризации. Катализаторы дегидрирования углеводородов. Основные промышленные процессы, реализованные с участием катализаторов дегидрирования.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практические занятия по катализу оксидами.

Тема 6. Катализ сульфидами.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Катализ сульфидами. Важнейшие сульфидные катализаторы и процессы, протекающие на них. Современные представления о структуре активного компонента и активных центров сульфидных катализаторов. Катализаторы гидрогенизационных процессов.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практические занятия по катализу сульфидами.

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
3.	Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.	7	4-8	подготовка к коллоквиуму изучение теоретического лекционного материала; - проработка теоретическо	14	коллоквиум
6.	Тема 6. Катализ сульфидами.	7	16-17	подготовка к контрольной работе изучение теоретического лекционного материала; - проработка теоре	16	контрольная работа
	Итого				30	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Преподавание дисциплины "Гетерогенный катализ" сопровождается:

- демонстрацией слайдов с применением мультимедийной техники,

- использованием раздаточного материал с изображением конструкций различных реакционных устройств и принципиальных схем некоторых каталитических процессов.

- использованием интернет-ресурсов различных поисковых систем, таких как www.rambler.ru, www.yandex.ru, www.wail.ru, www.yahoo.ru; www.rushim.ru, www.chem.msu.ru, www.Scirus.com, а также сайтов государственных ВУЗов: МГУ, СПбГУ, НГУ, ИК СО РАН, Scientopica, ChemWeb, ResearchIndex, ScientificWorld.

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

Тема 1. Ведение в дисциплину.

Тема 2. Физико-химические основы гетерогенного катализа.

Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.

коллоквиум , примерные вопросы:

1.Опишите явление "катализ" с феноменологической точки зрения. В чем отличия положительного и отрицательного катализа? Каковы основные этапы развития катализа? 2.Общие закономерности и отличительные особенности гомогенного и гетерогенного катализа. Как классифицируются каталитические реакции? В чем заключаются преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа? 3. Основные принципы гетерогенного катализа. Природа каталитического действия поверхности твердого тела. 4. Природа каталитического действия оксидов металлов. Чем отличаются шпинели от простых оксидов металлов 5. Каталитическое действие поверхности смешанных оксидов металлов. Твердые растворы замещения. Твердые растворы внедрения. Твердые растворы вычитания. 6. Промежуточное взаимодействие в гетерогенном катализе. Чем обусловлена каталитическая активность поверхности твердого тела. Электронные свойства поверхности катализаторов. Поверхностные активные центры.

Тема 4. Катализ металлами.

Тема 5. Катализ оксидами и каталитическое окисление.

Тема 6. Катализ сульфидами.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Правило удельной каталитической активности. Основные этапы взаимодействия реагентов с поверхностью катализатора. 2. Явление физической адсорбции в гетерогенном катализе. Критерии, обуславливающие процесс физической адсорбции на поверхности катализатора. 3. Применение явления физической адсорбции для измерения общей поверхности твердых катализаторов и носителей катализаторов. Изотерма Ленгмюра. 4. Приведите пять типов изотерм физической адсорбции и охарактеризуйте по ним параметры пористой системы катализаторов. 5. Применение явления физической адсорбции для оценки пористой структуры твердых катализаторов и носителей катализаторов. Приведите пять типов гистерезисных петель и охарактеризуйте по их виду природу и форму пор и каналов твердого катализатора. 6. Явление химической адсорбции в гетерогенном катализе. Критерии, обуславливающие процесс химической адсорбции на поверхности катализатора. 7. Изотерма химической адсорбции. Пути протекания химической адсорбции реагентов на поверхности катализатора.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает следующие виды:

- изучение теоретического лекционного материала;

- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература).

Вопросы для контроля самостоятельной работы студентов.

. Типы смешанных оксидов.

1.Опишите явление "катализ" с феноменологической точки зрения. В чем отличия положительного и отрицательного катализа? Каковы основные этапы развития катализа?

2.Общие закономерности и отличительные особенности гомогенного и гетерогенного катализа. Как классифицируются каталитические реакции? В чем заключаются преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа?

3. Основные принципы гетерогенного катализа. Природа каталитического действия поверхности твердого тела.

4. Природа каталитического действия оксидов металлов. Чем отличаются шпинели от простых оксидов металлов

5. Каталитическое действие поверхности смешанных оксидов металлов. Твердые растворы замещения. Твердые растворы внедрения. Твердые растворы вычитания.

6. Промежуточное взаимодействие в гетерогенном катализе. Чем обусловлена каталитическая активность поверхности твердого тела. Электронные свойства поверхности катализаторов. Поверхностные активные центры.

7. Правило удельной каталитической активности. Основные этапы взаимодействия реагентов с поверхностью катализатора.

8. Явление физической адсорбции в гетерогенном катализе. Критерии, обуславливающие процесс физической адсорбции на поверхности катализатора.

9. Применение явления физической адсорбции для измерения общей поверхности твердых катализаторов и носителей катализаторов. Изотерма Ленгмюра.

10. Приведите пять типов изотерм физической адсорбции и охарактеризуйте по ним параметры пористой системы катализаторов.

11. Применение явления физической адсорбции для оценки пористой структуры твердых катализаторов и носителей катализаторов. Приведите пять типов гистерезисных петель и охарактеризуйте по их виду природу и форму пор и каналов твердого катализатора.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

12. Явление химической адсорбции в гетерогенном катализе. Критерии, обуславливающие процесс химической адсорбции на поверхности катализатора.

13. Изотерма химической адсорбции. Пути протекания химической адсорбции реагентов на поверхности катализатора.

7.1. Основная литература:

1. Крылов О.В. Гетерогенный катализ М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. - 679 с.

7.2. Дополнительная литература:

1. Радченко Е.Д., Нефедов Б.К., Алиев Р.Р. Катализаторы процессов углубленной переработки нефти. М.: Химия, 1992.- 207 с.

2. Иоффе И.И., Решетов В.А., Добротворский А.М. Гетерогенный катализ. Л.: Химия, 1985. - 224 с.

3. Металлические катализаторы/Под ред. Д.В.Сокольского. Алма-Ата: Наука, 1982.- 288 с.

4. Стайлз Э.Б. Носители и нанесенные катализаторы. Теория и практика. М.: Химия, 1991. - 240 с.

5. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. - 306 с.

6. Строение и свойства адсорбентов и катализаторов: Пер. с англ. Высоцкого З.З. / Под ред. Линсена Б.Г. М.: Мир. 1973. - 654 с.

7. Хьюз Р. Дезактивация катализаторов. М. Химия, 1989. - 280 с.

8. Методы исследования катализаторов / Под ред. Дж. Томаса, Р. Ламберта. - М.: Мир, 1983. -304 с.

9. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Уфа.: Гилем, 2002.-671 с.

10. Лисицын Ю.А. Методические разработки к общему практикуму по электрохимии. Казань.:Изд-во КФУ, 2012.-74 с.

11. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ М.: Наука,1984.- 520 с.

12. Сеттерфилд Н. Практический курс гетерогенного катализа М.:Мир, 1984.- 520 с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Scirus - for scientific information - www.Scirus.com

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН - www.catalysis.ru

российская информационная сеть - www.chem.msu.ru

химическая технология - www.chemicals-technology.com.projects

Электронная библиотека - www.rushim.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Гетерогенный катализ" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 020201.65 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Физическая химия .

Автор(ы):
Егорова С.Р. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Горбачук В.В. _____
Зиганшин М.А. _____
"__" _____ 201 __ г.