

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

Основы конструирования катализаторов М2.В.3

Направление подготовки: 020100.68 - Химия

Профиль подготовки: Нефтехимия и катализ

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Ламберов А.А.

Рецензент(ы):

Верещагина Я.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
2013

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) Ламберов А.А. Кафедра физической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Alexander.Lamberov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

- выработка положений, выдвинувших катализ в число важнейших направлений химии в науке и практике;
- получение теоретических знаний по процессам гомогенного и гетерогенного катализа, адсорбции, ознакомление с основными понятиями и характеристиками катализатора;
- рассмотрение характеристик, природы, свойств, структуры различных типов химических систем с точки зрения возможности их использования в качестве катализаторов;
- получение знаний о современных теоретических и экспериментальных подходах целенаправленного синтеза катализаторов с заданным набором свойств и характеристик, об основных традиционных методах приготовления катализаторов и подходах, положенных в основу каждого конкретного метода приготовления

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.В.3 Профессиональный" основной образовательной программы 020100.68 Химия и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

относится к циклу М2 профессиональных дисциплин, его вариативной части М2.В.3 и опирается на основные разделы общенаучных дисциплин: неорганическая химия, 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
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
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью использовать нормативные правовые документы в своей деятельности, проявлять настойчивость в достижении цели с учетом моральных и правовых норм и обязанностей
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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
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-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:

- основные проблемы, решаемые катализом в промышленности;
- сущность явлений гомогенного и гетерогенного катализа, а также физико-химических процессов, происходящих на поверхности и в пористом пространстве катализатора на основных стадиях каталитического процесса, механизмы гомогенных и гетерогенных каталитических процессов;
- основные типы гомогенных и гетерогенных катализаторов, используемых в промышленности;
- основные традиционные методы получения различных типов катализаторов с заданными характеристиками структуры и состава

2. должен уметь:

- применять полученные знания для оценки возможности использования того или иного типа катализатора в том или ином каталитическом процессе, а также при выборе способа его синтеза с требуемыми характеристиками структуры, состава и, как следствие, эксплуатационными характеристиками, для решения конкретных практических задач

применять полученные знания для оценки возможности использования того или иного типа катализатора в том или ином каталитическом процессе, а также при выборе способа его синтеза с требуемыми характеристиками структуры, состава и, как следствие, эксплуатационными характеристиками, для решения конкретных практических задач

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 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. Роль катализа и каталитических технологий в становлении и развитии современной промышленности	1	1-2	4	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Основы предвидения каталитического действия	1	3-6	6	0	0	коллоквиум
3.	Тема 3. Кислотно-основной катализ. Методы определения кислотности и основности катализаторов	1	7-10	6	0	0	контрольная работа
4.	Тема 4. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ. Катализ металлами	1	11-14	6	0	0	коллоквиум
5.	Тема 5. Принципы каталитического действия металлокомплексных катализаторов	1	15-18	6	0	0	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			28	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Роль катализа и каталитических технологий в становлении и развитии современной промышленности

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Роль катализа и каталитических технологий в становлении и развитии современной промышленности, их значение для решения проблем экономики, экологии, энергетики. Сущность и общие принципы катализа, типы каталитических процессов

Тема 2. Основы предвидения каталитического действия

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Основы предвидения каталитического действия. Основные стадии каталитического процесса. Промежуточные соединения в катализе, формы взаимодействия катализаторов с реагентами в случае катализа в газовой и жидкой фазах, а также на поверхности твердых тел.

Тема 3. Кислотно-основной катализ. Методы определения кислотности и основности катализаторов

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Методы определения кислотности и основности катализаторов: индикаторный, титриметрический, метод адсорбции газообразных оснований, метод зондовой ИК-спектроскопии. Сверхкислоты и сверхоснования как катализаторы. Механизмы возникновения кислотности у сверхкислот.

Тема 4. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ. Катализ металлами

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ. Активные формы кислорода как окислителя, структурный кислород, парциальное и полное окисление.

Тема 5. Принципы каталитического действия металлокомплексных катализаторов

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Принципы каталитического действия металлокомплексных катализаторов. Стадии процесса, комплексообразование как основная стадия процесса активации молекул реагирующих веществ, основные стадии перегруппировок металлоорганических со-единений. Катализ кластерами.

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
1.	Тема 1. Роль катализа и каталитических технологий в становлении и развитии современной промышленности	1	1-2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Основы предвидения каталитического действия	1	3-6	подготовка к коллоквиуму	10	коллоквиум
3.	Тема 3. Кислотно-основной катализ. Методы определения кислотности и основности катализаторов	1	7-10	подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
4.	Тема 4. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ. Катализ металлами	1	11-14	подготовка к коллоквиуму	10	коллоквиум
5.	Тема 5. Принципы каталитического действия металлокомплексных катализаторов	1	15-18	подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- демонстрацией слайдов с применением мультимедийной техники,

- использованием раздаточного материала использованием раздаточного материала с изображением структуры катализаторов, их фотографиями, схемами производств катализаторов и их эксплуатации, конструкции химического оборудования, приборов для синтеза и анализа катализаторов.

- 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. Роль катализа и каталитических технологий в становлении и развитии современной промышленности

устный опрос , примерные вопросы:

Сущность явлений катализа, типы каталитических процессов. Основные стадии каталитического процесса. Формы промежуточного химического взаимодействия при катализе. Роль геометрического и энергетического факторов при взаимодействии реагентов с катализатором. Факторы, определяющие скорость каталитической реакции. Определение катализатора, классификация катализаторов на основе химического и фазового составов. Основные компоненты катализатора, выполняемые функции. Основные характеристики катализаторов: активность, удельная активность, селек-тивность, стабильность, механические свойства. Основные этапы и методы приготовления катализаторов. Влияние способа приготовления на основные характеристики катализатора.

Тема 2. Основы предвидения каталитического действия

коллоквиум , примерные вопросы:

Определение катализатора, классификация катализаторов на основе химического и фазового составов. Основные компоненты катализатора, выполняемые функции. Основные характеристики катализаторов: активность, удельная активность, селек-тивность, стабильность, механические свойства. Основные этапы и методы приготовления катализаторов. Влияние способа приготовления на основные характеристики катализатора. Основные различия физической и химической адсорбции. Критерии, потенциаль-ные кривые. Изотермы мономолекулярной адсорбции Ленгмюра, Генри. Типы изотерм. Методы определения величины монослойной адсорбции. Модель Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ), расчет удельной поверхности по БЭТ. Сравнительный метод анализа изотерм адсорбции, основанный на использовании стандартных изотерм адсорбции. t-графики, отклонения от идеальности. Применение метода для определения объема микро- и мезопор. Особенности обратимой и необратимой капиллярной конденсации в различных пористых телах. Классические уравнения теории капиллярности: уравнение Лапласа-Юнга, Кельвина и т.д. Явление гистерезиса, причины. Типы гистерезисных петель. Хемосорбция. Использование явления хемосорбции для исследования состояния (дисперсность, степень окисления) активного компонента катализатора.

Тема 3. Кислотно-основной катализ. Методы определения кислотности и основности катализаторов

контрольная работа , примерные вопросы:

Механизмы гомогенных каталитических реакций. Механизмы гетерогенных каталитических реакций. Модель Ленгмюра-Хиншеллуда, Ридила-Эли, их применение и ограничения. Гомогенный кислотно-основной катализ. Определение кислоты и основания по Бренстеду и Льюису. Уравнение Гамета, функция кислотности Гамета. "Жесткие" и "мягкие" кислоты и основания. Сверхкислоты и сверхоснования как катализаторы. Механизмы возникновения кислотности у сверхкислот. Гетерогенный кислотно-основной катализ. Катализ оксидами. Оксиды алюминия, классификация, структура. Способы получения, регулирование структурных и текстурных характеристик. Кислотно-основные свойства оксидов алюминия, способы модифицирования кислотно-основных свойств. Кислотно-основные свойства других индивидуальных оксидов. Кислотно-основные свойства смешанных оксидов. Катализ цеолитами. Цеолиты, типы, классификация, структура, молекулярно-ситовые свойства. Основные способы получения цеолитов. Кислотно-основные свойства цеолитов, модифицирование кислотно-основных свойств. Ионный обмен. Мезоструктурные материалы (МСМ), строение, состав, способы получения, кислотно-основные свойства. Гетерополикислоты, строение, состав, способы получения, кислотно-основные свойства. Методы определения кислотности: индикаторный, титриметрический, метод адсорбции газообразных оснований, метод зондовой ИК-спектроскопии.

Тема 4. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ. Катализ металлами

коллоквиум, примерные вопросы:

Окислительно-восстановительный катализ. Активные формы кислорода как окислителя, участие структурного кислорода. Парциальное и полное окисление. Катализ металлами. Модели активных центров. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные каталитические реакции. Основные факторы, определяющие каталитическую активность металлов. Каталитическое действие металлокомплексных катализаторов. Основные стадии каталитического процесса.

Тема 5. Принципы каталитического действия металлокомплексных катализаторов

контрольная работа, примерные вопросы:

Комплексообразование как основная стадия процесса активации молекул реагирующих веществ. Основные стадии перегруппировок металлоорганических соединений. Катализ кластерами. Закрепленные металлокомплексы как катализаторы.

Тема. Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

1. Сущность явлений катализа, типы каталитических процессов.
2. Основные стадии каталитического процесса. Формы промежуточного химического взаимодействия при катализе. Роль геометрического и энергетического факторов при взаимодействии реагентов с катализатором.
3. Факторы, определяющие скорость каталитической реакции.
4. Определение катализатора, классификация катализаторов на основе химического и фазового составов. Основные компоненты катализатора, выполняемые функции.
5. Основные характеристики катализаторов: активность, удельная активность, селективность, стабильность, механические свойства.
6. Основные этапы и методы приготовления катализаторов. Влияние способа приготовления на основные характеристики катализатора.
7. Основные различия физической и химической адсорбции. Критерии, потенциальные кривые.
8. Изотермы мономолекулярной адсорбции Ленгмюра, Генри. Типы изотерм.
9. Методы определения величины монослойной адсорбции.
10. Модель Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ), расчет удельной поверхности по БЭТ. Сравнительный метод анализа изотерм адсорбции, основанный на использовании стандартных изотерм адсорбции.

11. t-графики, отклонения от идеальности. Применение метода для определения объ-ема микро- и мезопор.
12. Особенности обратимой и необратимой капиллярной конденсации в различных пористых телах. Классические уравнения теории капиллярности: уравнение Лапласа-Юнга, Кельвина и т.д.
13. Явление гистерезиса, причины. Типы гистерезисных петель.
14. Хемосорбция. Использование явления хемосорбции для исследования состояния (дисперсность, степень окисления) активного компонента катализатора.
15. Механизмы гомогенных каталитических реакций.
16. Механизмы гетерогенных каталитических реакций. Модель Ленгмюра-Хиншелвуда, Ридила-Эли, их применение и ограничения.
17. Гомогенный кислотно-основной катализ. Определение кислоты и основания по Бренстеду и Льюису.
18. Уравнение Гамета, функция кислотности Гамета. "Жесткие" и "мягкие" кислоты и основания.
19. Сверхкислоты и сверхоснования как катализаторы. Механизмы возникновения кислотности у сверхкислот.
20. Гетерогенный кислотно-основной катализ. Катализ оксидами. Оксиды алюминия, классификация, структура. Способы получения, регулирование структурных и текстурных характеристик.
21. Кислотно-основные свойства оксидов алюминия, способы модифицирования кислотно-основных свойств.
22. Кислотно-основные свойства других индивидуальных оксидов. Кислотно-основные свойства смешанных оксидов.
23. Катализ цеолитами. Цеолиты, типы, классификация, структура, молекулярно-ситовые свойства. Основные способы получения цеолитов.
24. Кислотно-основные свойства цеолитов, модифицирование кислотно-основных свойств. Ионный обмен.
25. Мезоструктурные материалы (MCM), строение, состав, способы получения, кислотно-основные свойства.
26. Гетерополикислоты, строение, состав, способы получения, кислотно-основные свойства.
27. Методы определения кислотности: индикаторный, титриметрический, метод ад-сорбции газообразных оснований, метод зондовой ИК-спектроскопии.
28. Окислительно-восстановительный катализ. Активные формы кислорода как окислителя, участие структурного кислорода.
29. Парциальное и полное окисление.
30. Катализ металлами. Модели активных центров. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные каталитические реакции.
31. Основные факторы, определяющие каталитическую активность металлов.
32. Каталитическое действие металлокомплексных катализаторов. Основные стадии каталитического процесса.
33. Комплексообразование как основная стадия процесса активации молекул реагирующих веществ.
34. Основные стадии перегруппировок металлоорганических соединений.
35. Катализ кластерами. Закрепленные металлокомплексы как катализаторы.

7.1. Основная литература:

1. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Мир, 1983.
2. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для ВУЗов. М.: ИКЦ "Ака-демкнига", 2004.

3. Фенелонов В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004.

4. Сеттерфилд Ч. Практический курс гетерогенного катализа. М.: Мир, 1984.

7.2. Дополнительная литература:

1. Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов. М.: Изд-во "Техника" ТУМА ГРУПП, 2004.

2. Боруцкий П.И. Каталитические процессы получения углеводородов разветвленного строения. Спб: НПО "Профессионал", 2010.

3. Курсы повышения квалификации по катализаторам и каталитическим процессам (курсы по катализу). Сб. лекций. Новосибирск: ИК СО РАН, 2002.

4. Каталитический дизайн - от исследований на молекулярном уровне до практической реализации. 1-ая Международная школа-конференция молодых ученых по катализу. Сб. материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002.

5. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1974.

6. Мастерс К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир, 1983.

7.3. Интернет-ресурсы:

for scientific information - www.Scirus.com

ChemWeb - chemweb.com

Scientopica - www.Scientopica.com

российская информационная сеть - www.chem.msu.ru

Электронная библиотека - www.rushim.ru

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

Освоение дисциплины "Основы конструирования катализаторов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020100.68 "Химия" и магистерской программе Нефтехимия и катализ .

Автор(ы):

Ламберов А.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Верещагина Я.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Лист согласования

N	ФИО	Согласование
1	Соломонов Б. Н.	Согласовано
2	Бычкова Т. И.	Согласовано
3	Чижанова Е. А.	<p>Согласовано с замечаниями Литература отвечает требованиям по обеспеченности, но не соответствует требованиям по критериям новизны. В НБ есть следующие издания: Миначев, Хабиб Миначевич. Избранные труды: гетерогенный катализ. Нефтехимия. Каталитический органический синтез / Х. М. Миначев; Рос. акад. наук, Ин-т орган. химии им. Н. Д. Зелинского; ред.-сост. д.х.н., проф. Н. Я. Усачев; предисл. чл.-кор. РАН А. Л. Лапидуса и д.х.н., проф. Н. Я. Усачева. Москва: URSS: [ЛИБРОКОМ, 2011]. 844 с., -1 экз. Боруцкий, Павел Николаевич. Каталитические процессы получения углеводородов разветвленного строения, Изомерия и катализ синтеза углеводородов разветвленного строения / П. Н. Боруцкий. Санкт-Петербург: Профессионал, 2010. 745 с.: -5 экз. Чоркендорф, Иб. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В. И. Ролдугина. Долгопрудный: Интеллект, 2010. 500, [1] с. 1 экз.</p>
4	Соколова Е. А.	
5	Тимофеева О. А.	