

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.

_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Современные проблемы катализа Б1.В.ДВ.9

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Физическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Ламберов А.А.

Рецензент(ы):

Егорова С.Р.

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 767117

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) заместитель директора по связям с промышленностью и коммерциализации Ламберов А.А. директорат химического института им. А.М. Бутлерова Химический институт им. А.М. Бутлерова , Alexander.Lamberov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

- выработка у студентов положений, выдвинувших катализ в число важнейших направлений химии в науке и практике;
- получение студентами 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 студентами 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 " Б1.В.ДВ.9 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 'Химия' по профилю 'Физическая химия' (курс по выбору). Студенты, приступающие к освоению дисциплины 'Современные проблемы катализа', должны владеть знаниями по следующим дисциплинам: Неорганическая химия, Аналитическая химия, Кристаллохимия, Коллоидная химия. Знания, полученные студентами в рамках освоения дисциплины Современные проблемы катализа, могут быть использованы при изучении следующих дисциплин: каталитические методы в органическом синтезе, химия твердого тела, гетерогенный катализ.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания
ПСК-1	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией

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.

3. должен владеть:

- 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;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

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 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. Введение	7	1	3	0	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. Теоретические основы гомогенного и гетерогенного катализа.	7	2-7	18	0	0	Коллоквиум
3.	Тема 3. Гомогенный и гетерогенный кислотно-основной катализ.	7	8-11	12	0	0	Коллоквиум
4.	Тема 4. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ.	7	12,13	6	0	0	
5.	Тема 5. Металлокомплексный катализ.	7	14	3	0	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			42	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение

лекционное занятие (3 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. Теоретические основы гомогенного и гетерогенного катализа.

лекционное занятие (18 часа(ов)):

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. Факторы, определяющие скорость каталитической реакции. Катализаторы, определение, классификация. Основы предвидения каталитического действия. Проблема выбора оптимального катализатора, принцип геометрического и энергетического соответствия. Активные формы гомогенных и гетерогенных катализаторов. Носитель, активный компонент, выполняемые функции. Основные характеристики катализаторов: активность, удельная активность, селективность, стабильность, механические свойства, зависимость от условий приготовления. Текстуальные характеристики катализаторов, оптимальная структура. Основные этапы и методы приготовления катализаторов. Проблема выбора способа приготовления с точки зрения его влияния на свойства получаемого катализатора. Особенности физической и химической адсорбции. Критерии, потенциальные кривые. Терминология и классификация пористых материалов, основанные на размерах пор и особенностях происходящих адсорбционных процессов. 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. Капиллярная конденсация. Характерные особенности обратимой и необратимой капиллярной конденсации в различных пористых телах. Явление гистерезиса, причины. Типы гистерезисных петель. Классические уравнения теории капиллярности: уравнение Лапласа-Юнга, Кельвина и т.д. Использование явления хемосорбции для исследования состояния (дисперсность, степень окисления) активного компонента. Механизмы гомогенных и гетерогенных каталитических реакций. Скорости и кинетические модели каталитических реакций. Модель Ленгмюра-Хиншелвуда, Ридила-Эли, их применение и ограничения.

Тема 3. Гомогенный и гетерогенный кислотно-основной катализ.

лекционное занятие (12 часа(ов)):

Гомогенный и гетерогенный кислотно-основной катализ. Определение кислоты и основания по Бренстеду и Льюису. Уравнение Гамета, функция кислотности Гамета. "Жесткие" и "мягкие" кислоты и основания. Методы определения кислотности: индикаторный, титриметрический, метод адсорбции газообразных оснований, метод зондовой ИК-спектроскопии. Сверхкислоты и сверхоснования как катализаторы. Механизмы возникновения кислотности у сверхкислот. Катализ оксидами. Индивидуальные оксиды. 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. Проблемы и перспективы промышленного использования цеолитов в качестве катализаторов и адсорбентов. Другие каталитические системы: мезоструктурные материалы (МСМ), гетерополикислоты, столбчатые глины, фосфаты, сульфаты. Строение, состав, способы получения, кислотно-основные свойства, проблемы и перспективы промышленного использования.

Тема 4. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ. Активные формы кислорода как окислителя, структурный кислород, парциальное и полное окисление. Катализ металлами. Модели активных центров. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные каталитические реакции. Основные факторы, определяющие каталитическую активность металлов.

Тема 5. Металлокомплексный катализ.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Принципы каталитического действия металлокомплексных катализаторов. Стадии процесса, комплексообразование как основная стадия процесса активации молекул реагирующих веществ, основные стадии перегруппировок металлоорганических соединений. Катализ кластерами. Закрепленные металлокомплексы как катализаторы.

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. Теоретические основы гомогенного и гетерогенного катализа.	7	2-7	подготовка к коллоквиуму изучение теоретического лекционного материала; - проработка теоретическог	14	коллоквиум
3.	Тема 3. Гомогенный и гетерогенный кислотно-основной катализ.	7	8-11	подготовка к коллоквиуму изучение теоретического лекционного материала; - проработка теоретическог	9	коллоквиум
5.	Тема 5. Металлокомплексный катализ.	7	14	подготовка к контрольной работе изучение теоретического лекционного материала; - проработка теорет	7	контрольная работа
Итого					30	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- разбор конкретных практических ситуаций;
- решение смоделированных практических задач и проблем, возникающих в промышленном производстве;
- встречи с российскими специалистами в области промышленного катализа и адсорбции, а также представителями российских компаний - производителей катализаторов и адсорбентов.

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

Тема 1. Введение

Тема 2. Теоретические основы гомогенного и гетерогенного катализа.

коллоквиум , примерные вопросы:

Коллоквиум по разделам 1 и 2. 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 объема 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, применение и ограничения.

Тема 3. Гомогенный и гетерогенный кислотно-основной катализ.

коллоквиум, примерные вопросы:

Коллоквиум по разделу 3. 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 адсорбции газообразных оснований, метод зондовой ИК-спектроскопии.

Тема 4. Гомогенный и гетерогенный окислительно-восстановительный катализ.

Тема 5. Металлокомплексный катализ.

контрольная работа, примерные вопросы:

Контрольная работа по разделу 5. 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.

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 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 объема 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, применение и ограничения.
- Коллоквиум по разделу 3.
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 (МСМ), строение, состав, способы получения, кислотно-основные свойства.
26. Гетерополикислоты, строение, состав, способы получения, кислотно-основные свойства.
27. Методы определения кислотности: индикаторный, титриметрический, метод адсорбции газообразных оснований, метод зондовой ИК-спектроскопии.
Коллоквиум по разделу 4.
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.
Коллоквиум по разделу 5.
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. Леффлер, У.Л. Переработка нефти: для использования в учебном процессе со студентами высших учебных заведений, обучающимися по химико-технологическим специальностям / Уильям Л. Леффлер; [пер. с англ. З. П. Свитанько]. [2-е изд., пересмотр.]. Москва: Олимп-Бизнес, 2011. 223 с.:
3. Афанасьев Б.Н. Физическая химия: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 'Химическая технология', 'Биотехнология' и 'Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии' / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2012. - 463 с.
4. Афанасьев Б.Н. Акулова Ю.П. Физическая химия. [Электронный ресурс]. - Санкт-Петербург.: Лань, 2012. - 416 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4312

7.2. Дополнительная литература:

1. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. М.: Академия. 2003.
2. Боруцкий, П.Н. Каталитические процессы получения углеводов разветвленного строения, Изомерия и катализ синтеза углеводов разветвленного строения / П. Н. Боруцкий. Санкт-Петербург: Проффессионал, 2010. 745 с.:
3. Тимофеев, В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 'Химическая технология и биотехнология' / В. С. Тимофеев, Л. А. Серафимов, А. В. Тимошенко. Изд. 3-е, перераб. и доп.. Москва: Высшая школа, 2010. 406, [2] с.
4. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория: в 2 частях [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская. Электрон. дан. М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2013. 590 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=66369

7.3. Интернет-ресурсы:

Scirus - for scientific information. - <http://www.sciencedirect.com/>
Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН . - www.catalysis.ru
русская информационная сеть - www.chem.msu.ru
химическая технология . - www.chemicals-technology.com
Электронная библиотека. - www.rushim.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Современные проблемы катализа" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Для представления студентам лекционного материала по данной дисциплине имеется комплект слайдов, а также мультимедийная установка для их демонстрации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Физическая химия .

Автор(ы):

Ламберов А.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Егорова С.Р. _____

"__" _____ 201__ г.