

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт катализа им. Г.К. Борескова
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ



ВРИО директора ИК СО РАН
чл.-корр. РАН
В.И. Бухтияров
_____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химические основы приготовления адсорбентов и катализаторов

Направление подготовки: 18.06.01 – Химическая технология

Направленность подготовки: 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Новосибирск 2015

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 883.
2. Паспорт научной специальности 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий (разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в соответствии с Номенклатурой специальностей работников, утверждённой приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59).
3. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий.

Составитель рабочей программы

Старший научный сотрудник, к.х.н.
(должность, ученое звание, ученая степень)



(подпись)

П.А. Симонов
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИК СО РАН

«14» 05 2015 г., протокол № 08

Ученый секретарь, к.х.н.



(подпись)

А.А. Ведягин
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора по научной работе



(подпись)

д.х.н Мартьянов О.Н.
(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Цели дисциплины – освоение слушателями знаний о современных теоретических взглядах и экспериментальных подходах к целенаправленному синтезу адсорбентов, носителей, массивных и нанесенных катализаторов, в том числе технологий их приготовления.

Основные задачи дисциплины:

- ознакомление с современными представлениями о научных основах приготовления катализаторов и адсорбентов как науке о синтезе пористых дисперсных материалов с заданными химическим и фазовым составом, субструктурой и морфологией их частиц;
- предоставление сведений о способах получения и механизмах формирования дисперсных твердых тел в различных дисперсионных средах (газ, жидкость, поверхность или объем твердого тела), а также о физико-химических аспектах их разрушения и термической трансформации;
- изложение технологических подходов к приготовлению катализаторов в рамках традиционных методов и основ современной теоретической базы каждого конкретного метода приготовления;
- ознакомление с учебной и научной литературой, в том числе – рекомендуемой для самостоятельного изучения дисциплины.

2. Место дисциплины в структуре программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации

18.06.01 – Химическая технология, направленность (специальность) - 05.17.08 процессы и аппараты химических технологий

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы аспирантуры по направленности подготовки «Процессы и аппараты химических технологий». Преподается на первом/втором курсах аспирантуры.

Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся для успешного освоения дисциплины:

- базовые знания по общей химии, термодинамике, химической кинетике и катализу, химии твердого тела, строению вещества, аналитической химии, химии высокомолекулярных соединений, электрохимии, общей физике и математике (в т.ч. математической статистике);
- основные представления о проблемах экологии и мероприятиях по охране окружающей среды;
- навыки практической работы в химических лабораториях.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Универсальные компетенции:

УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении
------	--

	исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
УК -3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК-1	способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области технологий приготовления пористых материалов
ОПК-2	владение культурой научного исследования в области технологий приготовления катализаторов, носителей и адсорбентов, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий
ОПК-3	способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований
ОПК-6	готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

Профессиональные компетенции:

ПК- 1	способность к использованию профильно-специализированных знаний в области приготовления катализаторов, адсорбентов и носителей для решения задач, возникающих при изучении и создании ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности
ПК- 2	способность определять и анализировать проблемы, планировать стратегию их решения
ПК- 3	способность анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- роль научных основ приготовления катализаторов в комплексе задач и проблем катализа, связанных с созданием новых и усовершенствованием существующих промышленных катализаторов
- основные методы получения катализаторов и сорбентов
- законы, механизмы и технологические приёмы, посредством которых можно управлять химическим и фазовым составом, субструктурой, текстурой и морфологией адсорбентов и катализаторов;

Уметь:

- сформулировать вопросы, подлежащие решению при приготовлении адсорбентов и катализаторов;
- наметить методы решения этих вопросов, составить программу исследований;
- выполнять намеченные работы;
- проводить обработку полученной информации, составлять отчетные материалы.

Владеть:

- методиками приготовления катализаторов, носителей и адсорбентов;
- навыками использования учебной и научной литературы для проведения исследований

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы 144 часа

	Объём часов / зачетных единиц
Всего	144/4
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	40
в том числе:	
лекции	30
семинары	10
практические занятия*	–
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	104
Вид контроля по дисциплине: текущий контроль, зачет (итоговый контроль)	

*Практические занятия предусмотрены при выполнении научных исследований.

5. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Количество часов				
		Лекции	Семинары	Практич. и лаб. работа	Самост. работа	Всего часов
1.	Цели и задачи научных основ приготовления катализаторов. Основные характеристики катализаторов	3	1		9	13
2.	Основные этапы и методы приготовления катализаторов	2	1		9	12
3.	Подготовка и синтез исходных веществ	4	1		9	14
4.	Носители для катализаторов	3	1		9	13
5.	Получение катализаторов методами осаждения	6	1		22	29
6.	Термическая обработка катализаторов	2	1		8	11
7.	Получение катализаторов методом механического	2	1		8	11

	смешения					
8.	Физико-химические основы приготовления катализаторов методом нанесения	6	2		22	30
9.	Нетрадиционные подходы к приготовлению катализаторов	2	1		8	11
	Итого по курсу:	30	10		104	144

6. Содержание дисциплины:

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
Лекции		
1.	Цели и задачи научных основ приготовления катализаторов. Основные характеристики катализаторов	Классификация катализаторов. Основные промышленные катализаторы. Цели и задачи научных основ приготовления и технологии катализаторов. Основные характеристики катализаторов. Удельная каталитическая активность однофазных и многофазных катализаторов. Селективность. Текстуальные характеристики катализаторов, оптимальная пористая структура. основные механизмы изменения удельной поверхности и пористости. Механическая прочность катализаторов. Термическая стабильность, текстурные и структурные промоторы. Оптимальные гидродинамические характеристики катализаторов.
2.	Основные этапы и методы приготовления катализаторов	Основные технологические этапы в приготовлении катализаторов: подготовка исходных веществ, приготовление катализаторов, формование катализаторов и носителей, сушка, пассивация /активация/ конечных катализаторов. Краткое описание методов приготовления: методы, основанные на диспергировании, конденсации и гетерофазных реакциях.
3.	Подготовка и синтез исходных веществ	Требования к исходному сырью для приготовления катализаторов. Растворы. Состояние ионов в растворах и его влияние на свойства катализаторов. Золи как исходные вещества для синтеза катализаторов и носителей. Факторы, определяющие стабильность золь. Методы получения золь гидроксидов и оксидов. Получение и применение золь металлов.
4.	Носители для катализаторов	Типы носителей. Роль носителей в катализаторах. Методы получения и физико-химические свойства основных синтетических и природных носителей: оксид кремния (силикагель), оксиды алюминия, диоксид титана, диоксид циркония, оксид магния, многокомпонентные носители, блочные носители сотовой структуры, углеродные носители (активные угли, сажи, Сибунит, углерод-минеральные носители, каталитический волокнистый углерод и нанотрубки).
5.	Получение	Технологические аспекты метода осаждения. Основные

	катализаторов методами осаждения	стадии приготовления катализаторов и носителей методом осаждения. Основные параметры и факторы осаждения. Осаждение в периодическом и непрерывном режимах. Механизмы формирования гидроксидов. Стадийная схема коллоидно-химическом осаждения. Физико-химические аспекты золь-гель метода осаждения. Старение осадков под маточным раствором. Классификация осадков по способности к кристаллизации при старении. Положения классической теории кристаллизации. Уравнение Гиббса-Томпсона-Оствальда. Формирование аморфных и труднокристаллизующих гидроксидов. Особенности формирования текстуры силикагеля при получении по золь-гель технологии и через коагель. Закономерности формирования фазового состава и текстуры гидратированных оксидов IV группы. Формирование легкокристаллизующихся гидроксидов. Теория кристаллизации малорастворимых гидроксидов по механизму ориентированного наращивания. Основные положения теории. Практическое применение теории на примере гидроксидов Al(III), Fe(III), Cr(III). Получение многокомпонентных катализаторов методом соосаждения. Классификация уровней взаимодействия гидроксидов при соосаждении. Особенности старения бинарных осадков. Особенности золь-гель химии при синтезе бинарных систем.
6.	Термическая обработка катализаторов	Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении солей и гидроксидов. Физико-химические основы метода термохимической активации кристаллических соединений. Спекание пористых тел. Полиморфные превращения. Твердофазные реакции. Механизмы твердофазного взаимодействия оксидов. Факторы, определяющие глубину твердофазного взаимодействия. Влияние глубины взаимодействия компонентов на стадиях синтеза предшественников на направление и последовательность твердофазных превращений при прокаливании. Восстановление катализаторов.
7.	Получение катализаторов методом механического смешения	Основные технологические стадии метода механического смешения. Факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения. Способы интенсификации процессов взаимодействия компонентов при смешении. Использование метода механохимической активации для приготовления многокомпонентных катализаторов и носителей.
8.	Физико-химические основы приготовления катализаторов методом нанесения	Технологические аспекты метода нанесения. Основные технологические стадии. Способы нанесения веществ из жидкой и газовой среды. Диффузионная и капиллярная пропитка. Общие представления о процессах, протекающих при формировании нанесенных

		<p>катализаторов. Пропиточные и сорбционные катализаторы. Уравнение материального баланса процесса адсорбционной пропитки. Особенности формирования пропиточных катализаторов. Химия поверхности оксидных и углеродных носителей. Механизмы закрепления предшественников активного компонента на поверхности носителей: ионный обмен, комплексобразование, редокс-осаждение. Основные положения теории электростатической адсорбции ионов из водных растворов. Распределение активного компонента в нанесенных катализаторах. Типы распределения. Физико-химические подходы к регулированию распределения активного компонента в катализаторах сорбционного типа. Современные тенденции в развитии методов нанесения. Метод «deposition – precipitation», одностадийный золь-гель метод, метод совместного гелеобразования. Особенности физико-химических процессов, протекающих в процессе термообработки нанесенных катализаторов. Факторы, определяющие дисперсное состояние нанесенных компонентов. Механизмы спекания нанесенных дисперсных частиц. Приготовление нанесенных многокомпонентных катализаторов. Процессы, протекающие при совместном и последовательном нанесении компонентов. Синтез через биядерные гетероатомные комплексы. Природа активных компонентов в нанесенных биметаллических катализаторах. Факторы, определяющие формирование нанесенных сплавов.</p>
9.	Нетрадиционные подходы к приготовлению катализаторов	<p>Новейшие подходы к приготовления катализаторов с применением современных нанотехнологий: использование операций и стадий из традиционных методов в новом сочетании или техническом исполнении, адаптация методов из смежных областей материаловедения, использование новых физических методов воздействия на вещество.</p>

7. Самостоятельная работа аспирантов

Цель самостоятельной работы – закрепление и углубление знаний по дисциплине, развитие умения целенаправленно и творчески работать с учебной и научной литературой, а также на основании анализа информации составлять рефераты.

В самостоятельную работу обучающихся включается также подготовка к текущим контролям и сдаче зачета.

На самостоятельное изучение выносятся следующие темы и рекомендуется литература:

1. Спинодальный распад пересыщенных растворов как метод синтеза нанодисперсных

- объектов [22, 23].
2. Методы и аппараты для размол и рассева порошков.
 3. Методы и аппараты для получения гранулированных материалов [2, 7, 10].
 4. Метод экструзии: физические основы метода, требования к реологии пластических масс, способы сушки изделий [2, 7, 10].

8. Оценочные средства для контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Вопросы к текущему контролю

1. Тема «Цели и задачи научных основ приготовления катализаторов. Основные характеристики катализаторов»:

1. Каковы цели и задачи научных основ приготовления и технологии катализаторов?
2. Почему пористая структура катализатора должна быть оптимальной?
3. Каковы основные механизмы изменения удельной поверхности и пористости?
4. Что такое текстурные и структурные промоторы?
5. Какие свойства зерна катализатора затрагивают его гидродинамические характеристики?

2. Тема «Основные этапы и методы приготовления катализаторов»:

1. Перечислите основные этапы в приготовлении катализаторов.
2. Почему нужна и в чём состоит подготовка исходных веществ?
3. Перечислите основные методы приготовления нанесенных катализаторов.
4. Перечислите основные методы приготовления массивных катализаторов.
5. Каковы основные подходы к формованию катализаторов?
6. Зачем и как проводят пассивацию катализаторов?

3. Тема «Подготовка и синтез исходных веществ»:

1. Каковы основные требования к исходному сырью для синтеза катализаторов?
2. Приведите примеры влияния состояния ионов в растворах на свойства конечных катализаторов?
3. Что такое золи, и каковы наиболее используемые методы их получения?
4. Перечислите основные факторы, затрагивающие стабильность зольей.

4. Тема «Носители для катализаторов»:

1. Какие роли могут играть носители в катализаторах?
2. Почему образующийся гидрозоль SiO_2 более дисперсный в кислой среде?
3. Как влияет давление паров воды на фазовый состав образующихся оксидов алюминия?
4. Как pH осаждения влияет на фазовый состав TiO_2 ?
5. Каковы подходы к регулированию пористой структуры а) в сажах, б) в активированных углях?
6. Перечислите типичные катализаторы для получения различных форм КВУ и нанотрубок.

5. Тема «Получение катализаторов методами осаждения»:

1. Перечислите основные стадии приготовления катализаторов методом осаждения?
2. Какие параметры и факторы затрагивают процесс осаждения?

3. Для каких условий осаждения применима классическая теории кристаллизации, а для каких – теория спинодального распада растворов?
4. Каков общий стадийный механизм формирования гидроксидов?
5. В чём состоит старение осадков под маточным раствором?
6. В чём причина зависимости характера старения осадков гидроксидов от заряда катиона?
7. Какие стадии включает кристаллизация по механизму ориентированного наращивания?
8. Почему легкокristализующиеся оксиды обычно имеют низкую удельную поверхность?
9. Каковы подходы к регулированию реакционной способности алкоксидов при получении бинарных алкогелей?

6. Тема «Термическая обработка катализаторов»:

1. Перечислите основные процессы, протекающие при термической обработке предшественников катализаторов
2. Каковы особенности кинетики топохимических превращений?
3. Какие факторы влияют на скорость разложения веществ?
4. В чём суть метода термохимической активации кристаллических соединений?
5. Перечислите механизмы спекания твердых тел.
6. Какие факторы влияют на глубину твердофазных реакций?

7. Тема «Получение катализаторов методом механического смешения»:

1. Перечислите основные стадии метода механического смешения.
2. Какие факторы влияют на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения?
3. Что такое механохимический синтез, процессы, лежащие в его основе?
4. Каковы достоинства и недостатки метода механохимического синтеза катализаторов?

8. Тема «Физико-химические основы приготовления катализаторов методом нанесения»:

1. Перечислите основные технологические стадии приготовления нанесенных катализаторов.
2. Какова классификация нанесенных катализаторов по методу их приготовления?
3. Какие факторы влияют на распределение активного компонента по зерну носителя для катализаторов, получаемых методом пропитки?
4. Какие факторы влияют на дисперсность активного компонента в катализаторах, получаемых методом пропитки?
5. Перечислите основные химические группировки на поверхности оксидных и углеродных носителей.
6. Что такое изоэлектрическая точка поверхности носителя? Каков диапазон её значений для наиболее используемых носителей?
7. Каковы механизмы адсорбционного закрепления предшественников активного компонента на поверхности носителей?
8. Перечислите типы распределения активного компонента по зерну носителя.
9. Каковы подходы к регулированию распределения активного компонента в катализаторах сорбционного типа?
10. Каковы основные химические подходы к синтезу нанесенных катализаторов методом осаждения?

11. Каковы требования к кинетике образования и свойствам промежуточных предшественников, образующихся в процессе осаждения?
12. Принципы метода химической металлизации.
13. Каковы достоинства и недостатки метода осаждения в сравнении с другими методами приготовления нанесенных катализаторов?
14. Каковы основные проблемы приготовления бикомпонентных нанесенных катализаторов?
15. Перечислите основные приёмы синтеза бикомпонентных нанесенных катализаторов.

9. Тема «Нетрадиционные подходы к приготовлению катализаторов»:

1. Каковы основные физико-химические принципы нетрадиционных методов приготовления?
2. Какие методы приготовления катализаторов базируются на использовании операций и стадий из традиционных методов в новом сочетании или техническом исполнении?
3. Какие методы приготовления катализаторов базируются на адаптации методов из различных областей материаловедения?
4. Какие новые физические методы воздействия на вещество используются в настоящее время для приготовления катализаторов

8.2. Вопросы к зачету (итоговому контролю знаний)

1. Текстуры носителей и массивных катализаторов, их зависимость от условий приготовления. Представления об оптимальной пористой структуре катализатора.
2. Роль носителей в катализаторах. Основные способы получения носителей.
3. Типы распределения активного компонента по зерну носителя. Подходы к регулированию характера распределения активного компонента по зерну носителя и в его порах (на примере Pt/Al₂O₃ и др.).
4. Оксид алюминия в катализе. Физико-химические свойства. Получение различных оксидов алюминия дегидратацией гиббсита, байерита и псевдобемита. Способы регулирования текстурных свойств и химического состояния поверхности.
5. Основные способы получения нанесенных катализаторов. Характеристики нанесенного активного компонента.
6. Углеродные носители в катализе. Их физико-химические свойства, основные методы получения и регулирования химического состояния поверхности.
7. Соосаждение гидроксидов как метод приготовления многокомпонентных катализаторов. Классификация уровней взаимодействия гидроксидов на стадии соосаждения.
8. Основные этапы получения массивных катализаторов методом осаждения. Химические подходы и технологические приёмы осаждения.
9. Коллоидные соединения как предшественники нанесенных катализаторов. Достоинства и недостатки использования коллоидов.
10. Зависимость свойств осадков от способа осаждения и основных параметров стадии осаждения.
11. рН изоэлектрической точки носителей, способы её определения. Зависимость от заряда катиона и структуры оксидных носителей, роль примесей. рН_{ИЭТ} носителя и регулирование интенсивности ионного обмена на его поверхности.

12. Общая схема формирования осадков индивидуальных гидроксидов при коллоидно-химическом осаждении. Причины старения осадков под маточным раствором и основные процессы, протекающие при старении.
13. Принципы классификации катализаторов.
14. Основы классической теории конденсации (кристаллизации).
15. Механическая прочность массивных тел. Механизмы разрушения и природа сил, вызывающих разрушение. Адгезионная прочность и работа адгезии. Теория Ребиндера-Щукина. Способы повышения прочности пористых твердых тел.
16. Физико-химические аспекты золь-гель метода осаждения однокомпонентных систем (на примере алкоксидов как предшественников).
17. Механизмы дезактивации катализаторов. Основные подходы к увеличению срока службы катализаторов.
18. Силикагель и его физико-химические свойства. Особенности формирования текстуры силикагелей при получении по золь-гель методу и через коагель.
19. Особенности кристаллизации труднокристаллизующихся гидроксидов. Теория кристаллизации по механизму ориентированного наращивания.
20. Типы распределения активного компонента по зерну носителя в нанесенных катализаторах. Причины возникновения его неравномерного распределения при получении адсорбционно-пропиточных катализаторов.
21. Получение многокомпонентных катализаторов методом механического смешения. Способы интенсификации процесса смешения. Механохимический синтез.
22. Основные характеристики нанесенных катализаторов, их зависимость от условий приготовления.
23. Современные тенденции в области развития методов синтеза нанесенных катализаторов.
24. Классификация гидроксидов металлов по физико-химическим свойствам и кинетике старения в зависимости от заряда катиона в гидроксиде.
25. Термообработка катализаторов. Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении солей и гидроксидов.
26. Механизмы адсорбции соединений металлов на поверхности оксидных и углеродных носителей. Прогнозирование адсорбционных свойств носителей в отношении растворённых предшественников катализаторов.
27. Спекание пористых тел. Факторы, влияющие на кинетику спекания массивных катализаторов.
28. Основные проблемы приготовления нанесенных многокомпонентных систем в рамках различных методов синтеза катализаторов. Подходы к достижению однородности состава частиц активного компонента.
29. Твердофазные реакции. Взгляды на механизмы твердофазного взаимодействия оксидов. Факторы, определяющие глубину твердофазного взаимодействия.
30. Формование массивных катализаторов и носителей методом таблетирования: основные способы и их особенности.
31. Основные достоинства и проблемы приготовления двухкомпонентных оксидных систем золь-гель методом (через алкоксиды).
32. Физико-химические основы метода термохимической активации кристаллических соединений. Термохимическая активация гиббсита, свойства получаемого продукта.
33. Термическая стабильность нанесенных катализаторов и общие подходы к её повышению. Редиспергирование катализаторов.
34. Общие представления о процессах, протекающих при формировании нанесённых катализаторов. Пропиточные и сорбционные катализаторы. Уравнение материального баланса пропитки.

35. Основные синтетические пористые оксидные материалы. Сравнение их физико-химических свойств. Сферы их применения в катализе.
36. Закономерности формирования активного компонента в катализаторах, получаемых методом пропитки. Однократная и многократная пропитки.
37. Основные механизмы изменения удельной поверхности при приготовлении катализаторов (по В.Б. Фенелонову).
38. Особенности формирования нанесенных монометаллических катализаторов при их получении методом соосаждения гидроксидов.
39. Оксид магния в катализе. Методы получения и физико-химические свойства.
40. Функциональные группировки на поверхности традиционных носителей и их роль в формировании нанесенных катализаторов.
41. Оксид титана в катализе. Методы получения и физико-химические свойства.
42. Нанесенные биметаллические катализаторы. Классификация модифицирующих добавок. Факторы, определяющие формирование нанесённых сплавов.
43. Исходные вещества для синтеза катализаторов: виды, выбор, подготовка.
44. Термическая стабильность массивных катализаторов и носителей. Процессы, вызываемые повышением температуры. Факторы, затрагивающие спекаемость пористых поликристаллических тел. Подходы к повышению их термической стабильности.
45. Золи в катализе. Характеристики, стабильность, методы получения.
46. Активированные угли как носители для катализаторов, их получение и регулирование текстурных свойств.
47. Нетрадиционные методы приготовления носителей и катализаторов.
48. Формование катализаторов и носителей. Технологические приёмы формования. Типы аппаратов для формования.
49. Основные этапы и методы приготовления катализаторов.
50. Методы получения дисперсных систем.
51. Технологии получения носителей на основе Al_2O_3 .
52. Приготовление нанесенных однокомпонентных катализаторов методом осаждения из растворов. Основные закономерности формирования активного компонента.

8.3. Рекомендуемая литература и электронные ресурсы

Основная

1. Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику / Отв. ред. В.А. Садыков – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 262 с.
2. Боресков, Г.К. Гетерогенный катализ. – М.:Наука, 1986. – 250 с.
3. Дзисько, В.А. Основы методов приготовления катализаторов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1983. – 262 с.
4. Технология катализаторов. / Мухленов, И.П., Добкина, Е.И., Дерюжкина, В.И., Сороко, В.Е.; Под ред. И.П. Мухленова. – Изд. 2-е, перераб. – Л.: Химия, 1979. – 328 с.
5. Дзисько, В.А., Карнаухов, А.П., Тарасова, Д.В. Физико-химические основы синтеза окисных катализаторов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1978. – 380 с.
6. Криворучко, О.П., Буянов, Р.А. Развитие теории кристаллизации малорастворимых гидроксидов и ее применение в научных основах приготовления катализаторов. // Всесоюзная школа по катализаторам. Сб. трудов конф., – Новосибирск: Ин-т катализа СО АН СССР, 1981. – ч. 3. – С.122-150.
7. Стайлз, Э.Б. Носители и нанесенные катализаторы. Теория и практика: пер с англ. / Под ред. А.А. Слинкина. – М.: Химия, 1991. – 240 с.
8. Ермаков, Ю.И., Захаров, В.А., Кузнецов, Б.Н. Закрепленные комплексы на окисных

- носителях в катализе. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1980. – 242 с.
9. Шабанова, Н.А., Попов, В.В., Саркисов, П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. – М: ИКЦ "Академкнига", 2006. – 309 с.
 10. Химическая технология керамики. Уч. пособие. / Под ред. И.Я. Гузмана, М.: Химия, 2003.
 11. Романенко, А.В., Симонов, П.А. Углеродные материалы и их физико-химические свойства // Промышленный катализ в лекциях, вып. 7 / Под. ред. А.С. Носкова. – М.:Калвис, 2007. – с. 7-110.
 12. Буянов, Р.А., Пахомов, Н.А. Современные тенденции в области развития традиционных и создания новых методов приготовления катализаторов. // Кинетика и катализ. – 2005. – Т. 46. – № 5. – С. 711-727.

Дополнительная:

13. Научные основы приготовления катализаторов: Материалы Всесоюзных совещаний. – Новосибирск: Ин-т катализа СО АН СССР. а) 1990; б) 1996, в) 2000.
14. Научные основы производства катализаторов. / Под ред. Р.А. Буянова – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1982. – 214 С.
15. Строение и свойства адсорбентов и катализаторов / Под ред. Б.Г. Линсена. – М.: Мир, 1973.
16. Андерсон, Дж. Структура металлических катализаторов. – М.: Мир, 1978. – 482 С.
17. Неймарк, И.Е., Шейнфайн, Р.Ю. Силикагель, его получение, свойства и применение. – Киев: Наук. думка, 1973.
18. Вассерман, И.М.. Химическое осаждение их растворов. – Л.: Химия, 1980. – 208 с.
19. Иванова, А.С.. Оксид алюминия: применение, способы получения, структура и кислотно-основные свойства // Промышленный катализ в лекциях, вып. 8. – М.: "Калвис", 2009. – с. 5-61.
20. Preparation of Catalysts I – VIII: Proceedings of International Symposiums. // Studies in Surface Science and Catalysis. – Elsevier. V. 1, 1975; V.3, 1978, V.16, 1982, V.31, 1986, V.63, 1990; V.91, 1994; V. 118, 1998; V. 143, 2002.
21. Р. Айлер. Химия кремнезема. – М: Мир, 1982. – Т.1-2.
22. Handbook of Heterogeneous Catalysis. / Ed. G.Ertl, H.Knozinger, J.Weitkamp. – VCH A Wiley company, 1997. – V.1.
23. Synthesis of Solid Catalysts. / Ed. K.P. de Jong. – Wiley-VCH Verlag GMBH & Co. KGaA, 2009.
24. Simonov P.A., Likhobolov V.A. Physicochemical aspects of preparation of carbon supported noble metal catalysts // Catal. and Electrocatal. at Nanoparticle Surfaces / A. Wieckowski, E.R. Savinova, C.G. Vayenas, eds. – Marcel Dekker, New York, 2003. – p. 409-454.

Информационно-поисковые системы

1. – Google ScholarSFX – полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах, online-доступ со всех компью-теров ИК СО РАН;
– SCIRUS – бесплатная поисковая система издательства Elsevier, ориентированная на поиск только научной информации, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
– SciTopics – новый бесплатный интернет-ресурс для ученых и исследователей при; представлены самая свежая и самая точная вэб-информация и информация из периодики; online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
2. Библиографические базы данных, к которым существует прямой доступ из внутренней сети ИК СО РАН: "ВИНИТИ", "Current Contents", "Chemical Abstracts", и т.д.;
3. Электронный доступ к периодическим и продолжающимся изданиям (более 100 наименований, включая Applied Catalysis, Catalysis Letters, Catalysis Today, Surface

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудиторный фонд (с мультимедийными проекторами, ноутбуками и экранами), компьютерный класс (компьютеры с необходимым ПО), рабочие места с выходом в Интернет, библиотека, информационно-аналитический центр – в ИК СО РАН. Учебные материалы на сайте ИК СО РАН www.catalysis.ru (Раздел Образование).

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

В процессе изучения дисциплины выполняются входной, текущий и итоговый контроль знаний.

Входной контроль проводится для определения первоначального уровня подготовки обучающихся путём дискуссии по общеобразовательным вопросам химической дисциплины.

Текущий контроль проводится в форме вопросов в ходе лекций. Контроль за самостоятельным изучением рекомендованных разделов дисциплины выполняется опросом в часы консультаций. Цель текущего контроля – выработать у обучаемого навыки к самостоятельной работе (сбор и анализ информации) по освоению материала дисциплины.

Итоговый контроль выполняется в форме зачета. Цель итогового контроля – проверка знаний, предусмотренных целями и задачами изучения дисциплины, понимания взаимосвязей различных ее разделов и связей с другими разделами естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин, знания которых необходимы для системного усвоения курса. Итоговый контроль проводится после освоения дисциплины в форме ответов на вопросы по лекционной части курса.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ЗА
_____ / _____ УЧЕБНЫЙ ГОД