

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 29.09.2023 18:08:50
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной
и методической работе

_____ Б.В. Пекаревский

« 22 » июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Научные основы приготовления катализаторов

Направление подготовки

18.04.01 Химическая технология

Направленность программы магистратуры
Катализаторы и каталитические процессы

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Черемисина О.А.

Рабочая программа дисциплины «Научные основы приготовления катализаторов»
обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа
протокол от «15» июня 2022 № 7

Заведующий кафедрой

А.Ю. Постнов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от «16» июня 2022 № 9

Председатель

С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины.....	06
4. Содержание дисциплины.....	07
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	09
4.4. Самостоятельная работа.....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	12
10.1. Информационные технологии.....	12
10.2. Программное обеспечение.....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	12
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ОПК-3 Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлив и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и техническую оснастку</p>	<p>ОПК-3.2 Инженерные основы приготовления катализаторов методами нанесения</p>	<p>Знать: основные традиционные и новые методы получения катализаторов и носителей, а также фундаментальные законы и механизмы, положенные в основу синтеза дисперсных пористых тел заданного химического и фазового состава, получаемых различными методами; Уметь: рассчитывать состав и свойства активного компонента при приготовлении пропиточных катализаторов в зависимости от режима сушки и области начала кристаллизации; Владеть: физико-химическими основами приготовления катализаторов методом нанесения.</p>
	<p>ОПК-3.3 Инженерные основы приготовления катализаторов методами осаждения</p>	<p>Знать: механизмы формирования гидроксидов при осаждении, стадийную схему коллоидно-химического осаждения; Уметь: рассчитывать текстурные и прочностные характеристики пористых корпускулярных тел; Владеть: физико-химическими основами приготовления катализаторов методом осаждения.</p>
	<p>ОПК-3.4 Инженерные основы приготовления катализаторов методами смешения</p>	<p>Знать: факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения;</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		<p>Уметь: рассчитывать кинетические характеристики взаимодействия компонентов в процессе механического смешения;</p> <p>Владеть: физико-химическими основами приготовления катализаторов методом смешения.</p>
<p>ОПК-4 Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты</p>	<p>ОПК-4.2 Организация процессов термической обработки катализаторов</p>	<p>Знать: Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении массивных и нанесенных предшественников активного компонента;</p> <p>Уметь: рассчитывать кинетические характеристики разложения объемных и нанесенных соединений в процессе термообработки;</p> <p>Владеть: методиками оптимизации процессов термообработки и восстановления катализаторов.</p>

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.О.05), и изучается на 1 курсе в 1 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплины «Теоретические основы катализа». Полученные в процессе изучения дисциплины «Научные основы приготовления катализаторов», знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин: «Высокотехнологичные методы исследования свойств носителей и катализаторов», «Кинетика гетерогенно-каталитических процессов», «Промышленный катализ в производстве неорганических материалов катализаторов», «Технологии носителей и катализаторов», «Промышленный катализ в нефтепереработке и нефтехимии», «Безопасность промышленных каталитических процессов», «Каталитические процессы защиты окружающей среды», «Каталитические процессы специального назначения», при прохождении всех видов практик, в научно-исследовательской работе магистранта, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/академических часов)	4/144
Контактная работа с преподавателем:	62
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.:	36
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	8
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	55
Форма текущего контроля (К/р, реферат, РГР, эссе)	–
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	экзамен/27

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Цели и задачи научных основ приготовления катализаторов. Получение катализаторов методами осаждения	6	10	–	11	ОПК-3 ОПК-4	ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-4.2
2.	Основы приготовления катализаторов методами нанесения	6	11	–	16	ОПК-3 ОПК-4	ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-4.2
3.	Получение катализаторов методами механического смешения	3	8	–	17	ОПК-3 ОПК-4	ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-4.2
4.	Термическая обработка катализаторов	3	7	–	11	ОПК-3 ОПК-4	ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-4.2

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Цели и задачи научных основ приготовления катализаторов.</u> Роль носителей в катализаторах. Механизмы формирования гидроксидов при осаждении. Стадийная схема коллоидно-химического осаждения	6	ЛВ
2	<u>Физико-химические основы приготовления катализаторов методом нанесения.</u> Механизмы закрепления предшественников активного компонента на поверхности носителей. Современные тенденции в развитии методов нанесения. Метод «deposition-precipitation», одностадийный золь-гель метод, метод совместного гелеобразования	6	ЛВ
3	<u>Получение катализаторов методом механического смешения.</u> Факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в	3	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	катализаторах, полученных методом смешения		
4	Термическая обработка катализаторов. Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении массивных и нанесенных предшественников активного компонента.	3	ЛВ

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Классификация катализаторов. Основные типы промышленных катализаторов и методы их получения	2	–	Компьютерная симуляция
1	Механическая прочность катализаторов. Решение задач по расчёту текстурных и прочностных свойств пористых корпускулярных тел.	3	–	Компьютерная симуляция
1	Роль носителей в катализаторах. Задачи по расчёту капиллярного давления растворителей в порах носителей.	2	–	Компьютерная симуляция
1	Закономерности образования и роста осадков. Решение задач по осаждению соединений металлов в рамках классической теории.	3	–	Компьютерная симуляция
2	Нанесённые пропиточные катализаторы. Задачи по расчёту состава и свойств активного компонента при приготовлении пропиточных катализаторов в зависимости от режима сушки и области начала кристаллизации.	4	–	Компьютерная симуляция
2	Регулирование распределения активного компонента по зерну носителя. Задачи по расчёту свойств активного компонента в зависимости условий приготовления адсорбционных катализаторов.	4	–	Компьютерная симуляция
2	Нанесенные бикомпонентные катализаторы. Определение характеристик катализаторов в	3	–	Компьютерная симуляция

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
	зависимости от способа нанесения и адсорбционных характеристик наносимых соединений			
3	Получение катализаторов методом механического смешения. Особенности формирования фазового состава катализаторов при механохимической активации	8	–	Компьютерная симуляция
4	Термообработка катализаторов. Решение задач по кинетике восстановления катализаторов	3	–	Компьютерная симуляция
4	Термообработка катализаторов. Решение задач по кинетике разложения объемных и нанесенных соединений в процессе термообработки	2	–	Компьютерная симуляция
4	Термообработка катализаторов. Решение задач по кинетике твердофазного взаимодействия компонентов	2	–	Компьютерная симуляция

4.3.2. Лабораторные занятия.

Не предусмотрены.

4.4. Самостоятельная работа.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Цели и задачи научных основ приготовления. Основные характеристики катализаторов	2	Устный или письменный опрос
1	Основные этапы, методы и стадии приготовления катализаторов	2	Устный или письменный опрос
1	Основные понятия коллоидной химии в приготовлении катализаторов	2	Устный или письменный опрос
1	Носители. Роль носителей в катализаторах. Свойства основных синтетических носителей	2	Устный или письменный опрос
1	Получение катализаторов методами осаждения. Классификация гидроксидов по скорости кристаллизации	2	Устный или письменный опрос
1	Глубина взаимодействия гидроксидов при соосаждении	1	Устный или письменный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Физико-химические основы приготовления катализаторов методом нанесения	8	Устный или письменный опрос
2	Новые нетрадиционные методы приготовления нанесенных катализаторов	8	Устный или письменный опрос
3	Получение катализаторов методом механического смешения	17	Устный или письменный опрос
4	Термообработка катализаторов	11	Устный или письменный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению, размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена (1 семестр)

При сдаче экзамена обучающийся получает три вопроса из перечня вопросов (время подготовки к устному ответу – 45 минут).

Пример варианта вопросов на экзамене:

1. Растворы. Состояние ионов в растворах и его влияние на свойства катализаторов.
2. Текстуальные характеристики катализаторов и их зависимость от условий приготовления.
3. Задача.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику / Н.А. Пахомов; отв. ред. В.А. Садыков; Российская академия наук. Сибирское отделение. Институт катализа имени Г.К. Борескова. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2011. – 262 с. – ISBN 978-5-7692-1185-0

2. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; перевод с англ. В.И. Ролдугина. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 501 с. – ISBN 978-5-91559-044-0

3. Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 200 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2158-9

4. Крылов, О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов по специальностям «Химическая кинетика и катализ», «Химия» / О.В. Крылов. – Москва: Академкнига, 2004. – 679 с. – ISBN 5-94628-141-0

5. Мальцева, Н.В. Получение блочных катализаторов конверсии углеводородов: методические указания / Н.В. Мальцева, С.А. Лаврищева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 36 с.

6. Власов, Е.А. Получение катализаторов методом пропитки пористых носителей: методические указания к лабораторной работе / Е.А. Власов, К.В. Семикин, Д.А. Смирнова, Н.В. Кузичкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра ресурсосберегающих технологий. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 31 с.

б) электронные учебные издания:

7. Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 200 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2158-9 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.

8. Мальцева, Н.В. Получение блочных катализаторов конверсии углеводородов: методические указания / Н.В. Мальцева, С.А. Лаврищева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 36 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

9. Власов, Е.А. Получение катализаторов методом пропитки пористых носителей: методические указания к лабораторной работе / Е.А. Власов, К.В. Семикин, Д.А. Смирнова, Н.В. Кузичкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра ресурсосберегающих технологий. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 31 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>;

Электронно-библиотечные системы:

– «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

– ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Научные основы приготовления катализаторов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040–02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТП СПбГТИ 048–2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 018–2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов являются:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Пакеты прикладных программ стандартного набора (LibreOffice, MathCAD).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

- справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»;
- база данных Reaxys <https://www.reaxys.com>

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Кафедра Общей химической технологии и катализа оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры и аудиторий № 205, 209, 210 соединены в локальную вычислительную сеть с выходом в Интернет через сервер, подключенный к сети института.

Реализация программы учебной дисциплины предполагает наличие учебной лаборатории, оснащенной следующим лабораторным оборудованием:

- спектрофотометр СФ-26;
- торсионные весы PRLT T3;
- прибор измерения механической прочности МП-2С;
- хроматографы ЦВЕТ-100, ЦВЕТ-500, ЦВЕТ-800 и 3700;
- вакуумный насос VP18R;
- вискозиметр Reotest-2;
- рН-метры рН-150МИ;
- редукторы газовые;
- анализатор влажности порошковых материалов МОС-120Н;
- влагомеры Байкал-3 и Волна-2;
- рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М;

- дериватограф Q-1500 D;
- дифференциальный термогравиметрический анализатор Shimadzu DTG-60H;
- газовый хроматограф GC 2010 Plus;
- энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектрометры EDX-7000 и EDX-8000;
- ИК-Фурье спектрометр IRTracer-100;
- рентгеновский дифрактометр XRD-6100;
- Autosorb 6iSA;
- лазерный дифракционный анализатор размеров частиц SALD-2300;
- газовый хроматомасс-спектрометр GCMS-QP2010 Ultra;

Оборудование Инжинирингового центра СПбГТИ(ТУ):

- сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп Shimadzu SPM-9700;
- лазерный дифракционный анализатор размеров частиц Shimadzu SALD-7500;
- термомеханический анализатор изменения линейных размеров образца Shimadzu TMA-60;
- трибометр Anton Paar ТНТ;
- реометр Anton Paar Physica MCR 302;
- ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IRTracer-100;
- дифференциальный сканирующий калориметр Shimadzu DSC-60 Plus;
- дериватограф Shimadzu DTG-60;
- универсальная испытательная машина Shimadzu AG-XD plus, 20kN-50kN;
- спектрофотометр Shimadzu UV-1800;
- многофункциональная лабораторная машина для перемешивания MagicLab-XP;
- спектрометр ЯМР Bruker AVANCE III HD 400 NanoBay;
- растровый электронный микроскоп Tescan Vega 3 SBH;
- рентгеновский дифрактометр Rigaku SmartLab 3;
- прибор для проведения измерений температур- и теплопроводности Netzsch LFA 457 MicroFlash;
- прибор синхронного термического анализа Netzsch STA 449 F3 Jupiter.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Научные основы приготовления катализаторов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-3	Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлив и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и техническую оснастку	промежуточный
ОПК-4	Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-3.2 Инженерные основы приготовления катализаторов методами нанесения	Знает основные традиционные и новые методы получения катализаторов и носителей, а так же фундаментальные законы и механизмы, положенные в основу синтеза дисперсных пористых тел заданного химического и фазового состава, получаемых различными методами	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками способен рассказать основные традиционные и новые методы получения катализаторов и носителей, а также фундаментальные законы и механизмы, положенные в основу синтеза дисперсных пористых тел заданного химического и фазового состава, получаемых различными методами	С помощью преподавателя способен рассказать, основные традиционные и новые методы получения катализаторов и носителей, а также фундаментальные законы и механизмы, положенные в основу синтеза дисперсных пористых тел заданного химического и фазового состава, получаемых различными методами	Самостоятельно способен рассказать основные традиционные и новые методы получения катализаторов и носителей, а также фундаментальные законы и механизмы, положенные в основу синтеза дисперсных пористых тел заданного химического и фазового состава, получаемых различными методами
	Умеет рассчитывать состав и свойства активного компонента при приготовлении пропиточных катализаторов в зависимости от режима сушки и области начала кристаллизации	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками способен рассчитывать состав и свойства активного компонента при приготовлении пропиточных катализаторов в зависимости от режима сушки и области начала кристаллизации	С помощью преподавателя способен рассчитывать состав и свойства активного компонента при приготовлении пропиточных катализаторов в зависимости от режима сушки и области начала кристаллизации	Самостоятельно способен рассчитывать состав и свойства активного компонента при приготовлении пропиточных катализаторов в зависимости от режима сушки и области начала кристаллизации
	Владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом нанесения	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом нанесения	При консультации преподавателя владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом	Самостоятельно владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом нанесения

				нанесения	
ОПК-3.3 Инженерные основы приготовления катализаторов методами осаждения	Знает механизмы формирования гидроксидов при осаждении, стадийную схему коллоидно-химического осаждения.	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками перечисляет механизмы формирования гидроксидов при осаждении, стадийную схему коллоидно-химического осаждения	С помощью преподавателя рассказывает механизмы формирования гидроксидов при осаждении, стадийную схему коллоидно-химического осаждения	Рассказывает механизмы формирования гидроксидов при осаждении, стадийную схему коллоидно-химического осаждения
	Умеет рассчитывать текстурные и прочностные характеристики пористых корпускулярных тел.	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками способен рассчитывать текстурные и прочностные характеристики пористых корпускулярных тел	С помощью преподавателя способен рассчитывать текстурные и прочностные характеристики пористых корпускулярных тел	Самостоятельно способен рассчитывать текстурные и прочностные характеристики пористых корпускулярных тел
	Владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом осаждения	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом осаждения	При консультации преподавателя владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом осаждения	Самостоятельно владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом осаждения
ОПК-3.4 Инженерные основы приготовления катализаторов методами смешения	Знает факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения		С ошибками перечисляет факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения	С помощью преподавателя рассказывает факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения	Рассказывает факторы, влияющие на глубину взаимодействия компонентов в катализаторах, полученных методом смешения
	Умеет рассчитывать кинетические характеристики взаимодействия компонентов в процессе	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками способен рассчитывать кинетические характеристики взаимодействия	С помощью преподавателя способен рассчитывать кинетические характеристики	Самостоятельно способен рассчитывать кинетические характеристики взаимодействия

	механического смешения		компонентов в процессе механического смешения	взаимодействия компонентов в процессе механического смешения	компонентов в процессе механического смешения
	Владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом смешения	Вопросы к экзамену № 1-37	С ошибками владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом смешения	При консультации преподавателя владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом смешения	Самостоятельно владеет физико-химическими основами приготовления катализаторов методом смешения
ОПК-4.2 Организация процессов термической обработки катализаторов	Знает закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении массивных и нанесенных предшественников активного компонента	Задачи 1-5	С ошибками перечисляет закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении массивных и нанесенных предшественников активного компонента	С помощью преподавателя рассказывает закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении массивных и нанесенных предшественников активного компонента	Рассказывает закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении массивных и нанесенных предшественников активного компонента
	Умеет рассчитывать кинетические характеристики разложения объемных и нанесенных соединений в процессе термообработки.	Задачи 1-5	С ошибками способен рассчитывать кинетические характеристики разложения объемных и нанесенных соединений в процессе термообработки	С помощью преподавателя способен рассчитывать кинетические характеристики разложения объемных и нанесенных соединений в процессе термообработки	Самостоятельно способен рассчитывать кинетические характеристики разложения объемных и нанесенных соединений в процессе термообработки
	Владеет методиками оптимизации процессов термообработки и восстановления катализаторов	Задачи 1-5	С ошибками владеет методиками оптимизации процессов термообработки и восстановления катализаторов	При консультации преподавателя владеет методиками оптимизации процессов термообработки и восстановления катализаторов	Самостоятельно владеет методиками оптимизации процессов термообработки и восстановления катализаторов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые контрольные вопросы к экзамену

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-3:

1. Основные проблемы катализа. Цели и задачи научных основ приготовления катализаторов. Связь НОПК с другими дисциплинами. Принципы классификации катализаторов
2. Методы получения дисперсных систем. Основные этапы и методы приготовления катализаторов
3. Основные механизмы изменения удельной поверхности при приготовлении катализаторов
4. Текстуры носителей и массивных катализаторов, их зависимость от условий приготовления.
5. Представления об оптимальной пористой структуре катализатора. Способы регулирования текстурных свойств и химического состояния поверхности.
6. 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.
7. Роль носителей в катализаторах. Основные способы получения носителей.
8. Оксид алюминия в катализе. Физико-химические свойства. Получение различных оксидов алюминия дегидратацией гидрата, байерита и псевдобемита.
9. Силикагель и его физико-химические свойства. Особенности формирования текстуры силикагелей при получении по золь-гель методу и через коагель.
10. Оксид магния в катализе. Методы получения и физико-химические свойства.
11. Оксиды титана и циркония как носители. Методы получения и физико-химические свойства.
12. Углеродные носители в катализе. Их физико-химические свойства, основные методы получения и регулирования химического состояния поверхности.
13. Основные этапы получения массивных катализаторов методом осаждения. Химические подходы и технологические приёмы осаждения. Зависимость свойств осадков от способа осаждения и основных параметров стадии осаждения.
14. Классификация гидроксидов металлов по физико-химическим свойствам и кинетике старения в зависимости от заряда катиона в гидроксиде.
15. Общая схема формирования осадков индивидуальных гидроксидов при коллоидно-химическом осаждении.
16. Причины старения осадков под маточным раствором и основные процессы, протекающие при старении.
17. Основы классической теории конденсации (кристаллизации).
18. Особенности кристаллизации труднокристаллизующихся гидроксидов. Теория кристаллизации по механизму ориентированного наращивания.
19. Физико-химические аспекты золь-гель метода осаждения однокомпонентных систем (на примере алкоксидов как предшественников).
20. Соосаждение гидроксидов как метод приготовления многокомпонентных катализаторов. Классификация уровней взаимодействия гидроксидов на стадии соосаждения.
21. Основные достоинства и проблемы приготовления двухкомпонентных оксидных систем золь-гель методом (через алкоксиды).
22. Основные характеристики нанесенных катализаторов, их зависимость от условий приготовления.
23. Общие представления о процессах, протекающих при формировании нанесённых катализаторов. Пропиточные и сорбционные катализаторы. Уравнение материального баланса пропитки.

24. Закономерности формирования активного компонента в катализаторах, получаемых методом пропитки. Однократная и многократная пропитки.
25. рН изоэлектрической точки носителей, способы её определения. Зависимость от заряда катиона и структуры оксидных носителей, роль примесей.
26. Функциональные группировки на поверхности традиционных носителей и их роль в формировании нанесенных катализаторов.
27. Механизмы адсорбции соединений металлов на поверхности оксидных и углеродных носителей. Прогнозирование адсорбционных свойств носителей в отношении растворённых предшественников катализаторов.
28. Основные проблемы приготовления нанесенных многокомпонентных систем в рамках различных методов синтеза катализаторов. Подходы к достижению однородности состава частиц активного компонента.
29. Типы распределения активного компонента по зерну носителя в нанесенных катализаторах. Причины возникновения его неравномерного распределения при получении адсорбционно-пропиточных катализаторов.
30. Получение многокомпонентных катализаторов методом механического смешения. Способы интенсификации процесса смешения.
31. Механохимический синтез.
32. Термообработка катализаторов. Закономерности формирования фазового состава и текстуры при термическом разложении солей и гидроксидов.
33. Спекание пористых тел. Факторы, влияющие на кинетику спекания массивных катализаторов.
34. Твердофазные реакции. Взгляды на механизмы твердофазного взаимодействия оксидов. Факторы, определяющие глубину твердофазного взаимодействия.
35. Физико-химические основы метода термохимической активации кристаллических соединений. Термохимическая активация гиббсита, свойства получаемого продукта.
36. Термическая стабильность нанесенных катализаторов и общие подходы к её повышению. Редиспергирование катализаторов. Термическая стабильность массивных и нанесенных катализаторов. Подходы повышения термической стабильности.
37. Современные нетрадиционные методы приготовления носителей и катализаторов.

а) Задачи для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-4:

Задача 1.

Нанесенные платиновые катализаторы готовят методом адсорбции H_2PtCl_6 на поверхности пористого оксида алюминия из избытка (по отношению к влагоемкости) пропиточного раствора. После отделения катализатора от пропиточного раствора его сушат и прокаливают на воздухе. Процесс адсорбции проводят в условиях, описываемых уравнением Генри. Определите:

1. Количество платины g (г), которое будет нанесено на поверхность носителя в равновесных условиях при использовании *капиллярного или диффузионного* режимов пропитки .

2. Максимальное значение параметра сорбции P_{max} , определяемого как отношение количества *адсорбированной* платины к ее *неадсорбированной* части. Каков физический смысл полученного выражения?

Дано:

C_o - начальная концентрация платины в пропиточном растворе (г/см³).

m - масса носителя (1г).

$V_{пор.}$ - объем пор носителя (см³/г)

$V_o = n V_{пор.}$ - объем пропиточного раствора

a_{max} - предельная сорбционная емкость носителя по Pt(г/г носителя)

b - константа адсорбционного равновесия (см³/г)

Задача 2

В реакции гидрирования бензола (*структурно-нечувствительная*) в качестве катализатора используют металлический никель, нанесенный на гамма-оксид алюминия. Для выбора наилучшего способа приготовления данного катализатора проводят оценку каталитических свойств двух одинаковых навесок образцов катализатора, полученных соответственно методом смешения оксидов никеля и гидроксида алюминия (образец 1) и методом пропитки оксида алюминия раствором азотнокислого никеля (образец 2). После сушки образцы были прокалены на воздухе при 600 °С и восстановлены в токе водорода при 500 °С. Оцените, какой из способов приготовления позволяет получать катализаторов, обладающий *лучшими эксплуатационными и технологическими характеристиками*, если известны следующие данные о катализаторах:

Образец, метод приготовления	Содержание никеля, g, мас. %	Степень восстановления никеля, X, %	Форма частиц никеля	Размер частиц никеля, d, нм	Пористая структура катализатора	Механическая прочность
1 механическое смешение	35	90	сферическая	6	Одинаковая	Одинаковая
2 пропитка	15	70	сферическая	2		

Задача 3

Одним из способов приготовления железо-магниевого катализатора является метод соосаждения. Процесс соосаждения проводят при постоянном значении pH путем приливания раствора щелочи к раствору смеси солей железа и магния. Приготовление бинарных растворов солей осуществляют смешением 0.1M растворов исходных солей железа и магния, взятых в мольном соотношении Fe(III) : Mg(II) = 4 : 1

Оцените минимальную величину pH, при которой необходимо проводить осаждение, чтобы в осадок одновременно выпадали оба гидроксида. Возможным взаимодействием между компонентами в смешанных растворах до стадии образования осадков пренебречь.

Задача 4

При получении катализаторов методом осаждения иногда формовку приходится проводить методом прессования прокаленного образца. Как методом сухого прессования без связующего получить таблетки катализатора с бидисперсной пористой структурой, в которых радиус тонких пор $r_1=100\text{Å}$, радиус макропор $r_2=20000\text{Å}$, суммарная пористость $\varepsilon=0,7$. В качестве исходного материала имеется прокаленный образец, состоящий из бесформенных гранул размером 1-5 мм с пористостью $\varepsilon=0,5$ и средним размером (радиусом) пор 100Å .

Задача 5

Напишите возможные химические реакции, протекающие при сорбции $TiCl_4$ из неводных растворов на поверхности SiO_2 и MgO . Химический анализ показал, что после сорбции и последующего вакуумирования с целью удаления растворителя атомное соотношение Cl/Ti в полученных катализаторах равно соответственно 2 и 4. С помощью метода ИК - спектроскопии установлено, что процесс сорбции сопровождается исчезновением полос гидроксильных групп. Дополнительно известно, что триэтилалюминий (ТЭА) не реагирует с оксидом магния, но прочно закрепляется на поверхности силикагеля.

При сдаче экзамена студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 45 мин.

4. Темы курсовых работ.

Не предусмотрены.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.