

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 19 » декабря 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ **Физическая химия поверхности, адсорбция и катализ**
(наименование)

Форма обучения: _____ **очная**
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ **магистратура**
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ **144 (4)**
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ **18.04.01 Химическая технология**
(код и наименование направления)

Направленность: _____ **Химическая технология неорганических веществ и
материалов**
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - формирование и использование комплекса знаний, умений и навыков в области современных методов физико-химической активации поверхности при адсорбции и катализе.

Задачи:

- изучение современных методов активации поверхности адсорбентов и катализаторов в химических технологиях и при создании новых процессов и материалов;
- формирование умения использования активной поверхности адсорбентов и катализаторов с целью интенсификации технологий неорганических веществ;
- формирование навыков расчёта процессов адсорбции и каталитического превращения для использования их в химической технологии неорганических веществ.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- адсорбционные процессы;
- каталитические процессы;
- граница раздела фаз и состояние поверхности;
- активация поверхности неорганических материалов;
- технологические принципы и методы, лежащие в основе создания современных технологий;
- промышленные абсорбенты и адсорбенты;
- расчеты материальных и тепловых балансов, моделирование процессов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1.	Знает: - общие сведения об адсорбционно-каталитических процессах; - технологические приемы использования активной поверхности адсорбентов и катализаторов в химической технологии; - новые технические решения при использовании адсорбционно-каталитических процессов	Знает актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок;	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1.	Умеет: - проводить теоретический анализ адсорбционно-каталитических технологических процессов; - использовать зависимости реакционной способности твёрдых тел от их физико-химического состояния поверхности; - оценивать влияние свойств адсорбентов и катализаторов на процессы химической технологии.	Умеет применять методы анализа результатов исследований и разработок;	Экзамен
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1.	Владеет навыками: - разработки технологической документации; - моделирования адсорбционно-каталитических технологических процессов; - составления оценки инновационно-технологических рисков при внедрении новых технологий	Владеет навыками проведения анализа результатов экспериментов и наблюдений.	Контрольная работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	40	40	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	68	68	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Общие сведения об адсорбции пористости и катализе	4	0	0	8
Тема 1. Обобщенные характеристики состояния систем и процессов. Тема 2. Воздействия на систему, свойства адсорбентов и катализаторов. Динамика совместной адсорбции. Динамика изотермической адсорбции. Динамика адиабатической адсорбции. Динамика адиабатической десорбции.				
Разделение газов и паров	4	0	8	10
Тема 3. Выделение водорода из газов конверсии углеводородного топлива с получением 99,999% водорода. Тема 4. Очистка от хлора от хлороксидов азота. Адсорбционно-каталитическое окисление хлороксидов азота.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Разделение жидкости и сточных вод	4	0	2	18
Тема 5. Очистка вин, фруктовых соков и сахарных сиропов. Тема 6. Очистка сточных вод коксохимического производства. Тема 7. Очистка воды от фенола.				
Процессы осушки рабочих сред	2	0	2	12
Тема 8. Осушка и отбензинивание природного газа.				
Процессы очистки газов промышленных производств	2	0	2	10
Тема 9. Очистка газов от диоксида углерода и воды, от сероводорода и меркаптанов. Тема 10. Рекуперация сульфида углерода и хлорорганических растворителей из вентиляционного воздуха.				
Разделение газов, создание регулируемых газовых сред	2	0	4	10
Тема 11. Разделение воздуха с получением кислорода, азота, аргона				
ИТОГО по 2-му семестру	18	0	18	68
ИТОГО по дисциплине	18	0	18	68

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Пример расчета совместной адсорбции хлора и оксохлоридов азота на цеолитах.
2	Моделирование и расчет очистки промышленных стоков.
3	Пример расчета осушки газов.
4	Расчет и моделирование концентрирования углекислого газа.
5	Расчет и моделирование разделения воздуха.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : монография / Российская академия наук ; Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина ; Под ред. А. Ю. Цивадзе. - Москва: Граница, 2011.	1
2	Ролдугин В. И. Физикохимия поверхности : учебник-монография / В. И. Ролдугин. - Долгопрудный: Интеллект, 2011.	4
3	Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика : учебное пособие для вузов : пер. с англ. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. - Долгопрудный: Интеллект, 2013.	8
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		

1	Иоффе И. И. Инженерная химия гетерогенного катализа / И. И. Иоффе, Л. М. Письмен. - Л.: Химия, 1972.	3
2	Крылов О.В. Гетерогенный катализ : учебное пособие для вузов / О.В.Крылов. - М.: Академкнига, 2004.	36
3	Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика : пер. с англ. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.	10
2.2. Периодические издания		
1	Журнал неорганической химии / Российская академия наук. Отделение химии и наук о материалах. - Москва: Наука, 1956 - .	
2	Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология : научно-технический журнал / Ивановский государственный химико-технологический университет. - Иваново: Изд-во ИГХТУ, 1958 - .	
3	Российский химический журнал : научно-теоретический журнал по химии и химической технологии / Российское химическое общество им. Д. И. Менделеева. - Москва: Рос. хим. об-во им. Д. И. Менделеева, 1869-1930, 1956- .	
4	Успехи химии : обзорный журнал по химии / Российская академия наук; Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского. - Москва: РАН, 1932 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : монография / Российская академия наук ; Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина ; Под ред. А. Ю. Цивадзе. - Москва: Граница, 2011.	1
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Шумяцкий Ю. И. Промышленные адсорбционные процессы : учебное пособие для вузов / Ю. И. Шумяцкий. - М.: КолосС, 2009.	7

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Основы адсорбционной техники	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks138845	локальная сеть; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Основы катализа	https://e.lanbook.com/reader/book/94126/#1	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Химия	https://e.lanbook.com/reader/book/106617/#1	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Гетерогенный катализ	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks101591	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Ноутбук ACER Extensa 7620-G -3A2G25Mi, инвентарный № 0478200	1
Практическое занятие	Ноутбук ACER Extensa 7620-G -3A2G25Mi, инвентарный № 0478200	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Физическая химия поверхности, адсорбция и катализ»
Приложение к рабочей программе дисциплины**

Направление подготовки:	18.04.01 Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы:	Химическая технология неорганических веществ и материалов
Квалификация выпускника:	«Магистр»
Выпускающая кафедра:	Химические технологии
Форма обучения:	Очная

Курс: 1

Семестр: 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	4	3Е
Часов по рабочему учебному плану:	144	ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 2 семестр

Пермь - 2019

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские, лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 Знать общие сведения об адсорбционно-каталитических процессах	С1			КР1		ТВ
3.2 Знать технологические приёмы использования активной поверхности адсорбентов и катализаторов в химической технологии	С2			КР2		ТВ
3.3 Знать новые технические решения при использовании адсорбционно-каталитических процессов	С3			КР3		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Уметь проводить теоретический анализ адсорбционно-каталитических технологических процессов		ТО1		КР1		ПЗ

У.2 Уметь использовать зависимости реакционной способности твёрдых тел от их физико-химического состояния поверхности;		ТО2		КР2		
У.3 Уметь оценивать влияние свойств адсорбентов и катализаторов на процессы химической технологии		ТО3		КР3		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками разработки технологической документации		ТО1		КР1		
В.2 Владеть навыками моделирования адсорбционно-каталитических технологических процессов		ТО2		КР2		ПЗ
В.3 Владеть навыками составления оценки инновационно-технологических рисков при внедрении новых технологий		ТО3		КР3		ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме тестирования и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Типовые задания КР1:

1. Обобщённые характеристики состояния систем и процессов.
2. Воздействия на систему, свойства адсорбентов и катализаторов.

Типовые задания КР2:

1. Выделение водорода из газов конверсии углеводородного топлива с получением 99,999% водорода.
2. Очистка хлора от оксохлоридов азота.
3. Адсорбционно-каталитическое окисление оксохлоридов азота кислородом.

Типовые задания КР3:

1. Процессы осушки рабочих сред.
2. Процессы очистки газов промышленных производств.
3. Процессы разделения газов, создание регулируемых газовых сред.
4. Составление оценки инновационно-технологических рисков при внедрении адсорбционных и адсорбционно-каталитических новых технологий.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

Результаты рубежных контрольных работ по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Избирательность адсорбции. Общие закономерности адсорбции смесей
2. Адсорбция слабосорбирующихся газов и адсорбция под повышенным давлением.
3. Адсорбция на поверхности переходных d-металлов.
4. Катализ, диаграмма потенциальных энергий.
5. Важнейшие формулы для элементарных поверхностных реакций.
6. Гетерогенный катализ.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Проведение процессов биосорбции (водоподготовка).
2. Разделение воздуха с получением кислорода, азота, аргона.
3. Хемосорбция оксохлоридов азота щелочами.
4. Адсорбционно-каталитическое окисление оксохлоридов азота.
5. Влияние внутренней диффузии при адсорбции и катализе. Модуль Тилле.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Выбор технологического оборудования и технологических схем окисления оксохлоридов азота.
2. Разработка новых решений и выбор процесса санитарной очистки от оксидов и оксохлоридов азота.
3. Разработка технологической схемы очистки и осушки газов после хемосорбции оксидов азота. Циклограмма процесса.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения при проведении экзамена

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.