

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.

« 25 » мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

Каталитические процессы в химической технологии

Направление подготовки

18.04.01 Химическая технология
(код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль)

Технология переработки эластомеров

Квалификация выпускника

Магистр

Разработчик _____
(подпись)

23.05.2023 г.
(дата)

Кузнецова И.В.
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ТОСППитБ
(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

(подпись)

23.05.23
(дата)

Карманова О.В.
(Ф.И.О.)

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство

(в сфере: производства полимерных материалов)

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства)

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов: *технологический*.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология (уровень образования - магистратура).

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	ИД1 _{ПКв-1} - Знает принципы разработки и внедрения нового технологического процесса, нацеленного на повышение качества выпускаемой продукции

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-1} - Знает принципы разработки и внедрения нового технологического процесса, нацеленного на повышение качества выпускаемой продукции	Знает: принципы каталитического действия в химических процессах производства
	Умеет: анализировать и применять знания при разработке и применении катализаторов и реакторных устройств на новых и действующих промышленных объектах
	Владеет: методами исследований и проведения экспериментальных работ в области химической технологии

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к Блоку факультативных дисциплин ООП. Дисциплина является необязательной к изучению.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего академических часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	72	72
Контактная работа в т. ч. аудиторные занятия:	30,5	30,5
Лекции	8	8
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0	0
Практические занятия	22	22
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	22	22
Консультации текущие	0,4	0,4
Вид аттестации (зачет)	0,1	0,1

Самостоятельная работа:	41,5	41,5
Домашнее задание	6	6
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	21,5	21,5
Подготовка к практическим занятиям	14	14

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость, ак. часы
1.	Введение. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы	Возникновение и развитие катализа. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы. Роль и место каталитического процесса в технологической схеме производства. Важнейшие понятия и термины катализа.	16,5
2.	Общие закономерности и особенности диффузии	Внешнедиффузионное торможение и разогрев внешней поверхности катализатора. Пути устранения внешней диффузии. Критерии существования внутريدиффузионной области. Внутريدиффузионное торможение и внутренний разогрев катализатора. Способы устранения внутренней диффузии. Фактор эффективности работ зерна катализатора, модуль Тиле.	23
3.	Основы синтеза промышленных катализаторов	Основы синтеза промышленных катализаторов. Качественные принципы подбора катализаторов. Количественные методы прогнозирования активности и селективности катализаторов. Требования к промышленным катализаторам. Методы получения катализаторов. Характеристика методов пропитки и осаждения–соосаждения. Распределение активного компонента по грануле. Специальные методы приготовления катализаторов. Механическая прочность катализаторов, методы испытания. Геометрия зерна.	32
4	Консультации текущие		0,4
5	Зачет		0,1

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПР, час	СРС, час
1	Введение. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы.	2	6	8,5
2	Общие закономерности и особенности диффузии	2	6	15
3	Основы синтеза промышленных катализаторов	4	10	18

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1.	Введение. Важнейшие каталитические реакции	Каталитические реакции и катализаторы. Роль и место каталитического процесса в техноло-	2

	и катализаторы.	гической схеме производства.	
2.	Общие закономерности и особенности диффузии.	Диффузионные процессы в механизме катализа - Поверхностная диффузия. Внешнедиффузионное торможение. - Внутريدиффузионное торможение и внутренний разогрев катализатора. - Фактор эффективности работ зерна катализатора, модуль Тиле.	2
3.	Основы синтеза промышленных катализаторов.	Качественные и количественные принципы подбора катализаторов. Методы получения катализаторов. Распределение активного компонента по грануле. Специальные методы приготовления катализаторов. Механическая прочность катализаторов, методы испытания. Геометрия зерна. Физико-химические методы испытаний. Методы загрузки катализаторов в реактор, достоинства и недостатки	4

5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость, час
1	Введение. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы.	1.Изучение важнейших понятий и терминов катализа. Расчет энергий активации реакций. Анализ сырья для синтеза катализаторов .	6
2	Общие закономерности и особенности диффузии.	2.Расчет характеристической скорости реакции и диффузионного потока, модуля Тиле	6
3	Основы синтеза промышленных катализаторов.	3. Современные методы синтеза и анализа катализаторов. Золь-гель метод синтеза катализаторов. Термический анализ катализаторов.	10

5.2.3 Лабораторный практикум *Не предусмотрен*

5.2.4 Самостоятельная работа студентов (СРС)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость, час
1	Введение. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы.	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	5,5
		Подготовка к практическим занятиям	3
2	Общие закономерности и особенности диффузии.	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	6
		Подготовка к практическим занятиям	3
		Домашнее задание	6
3	Основы синтеза промышленных катализаторов.	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	10
		Подготовка к практическим занятиям	8

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169060>
2. Аветисов, А. К. Прикладной катализ : учебник / А. К. Аветисов, Л. Г. Брук ; под редакцией О. Н. Темкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-3854-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126902>

6.2. Дополнительная литература:

1. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика [Текст]/ И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт ; пер. с англ. В. И. Ролдугина. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 500 с. <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/97008>
2. Нечипоренко, А. П. Донорно-акцепторные свойства поверхности твердофазных систем. Индикаторный метод : учебное пособие / А. П. Нечипоренко. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 284 с. — ISBN 978-5-8114-2309-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167340>
3. Попова, А. А. Физическая химия : учебное пособие / А. А. Попова, Т. Б. Попова. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-1796-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168801>
4. Ильин, А. П. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов / А. П. Ильин, В. Ю. Прокофьев. — Иваново : ИГХТУ, 2004. — 316 с. — ISBN 5-9616-0049-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4470>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения лабораторных работ. Учебно-методический комплекс модуля дисциплины, размещенный в электронно-образовательной среде ВГУИТ
<http://www.education.vsu.ru/course/view.php?id=619>
2. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Катализаторы и сорбенты» [Электронный ресурс]: С. И. Нифталиев [и др.] ; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2016. - 28 с. - Электрон. ресурс. - <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2477>
3. Нифталиев С. И., Кузнецова И.В., Лыгина Л.В. Термический анализ : учебное пособие для лабораторных работ и самостоятельной работы студентов по дисциплинам "Химическая технология неорганических веществ", "Катализаторы и сорбенты", "Каталитические процессы в химической технологии" "Технология перспективных керамических материалов" направлений подготовки бакалавров 18.03.01, магистров 18.04.01. ВГУИТ - Воронеж : ВГУИТ, 2016 <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100647>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/

Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsuet.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoad.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsuet.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение – *н-р, ОС Windows, ОС ALT Linux.*

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Обеспеченность процесса обучения техническими средствами полностью соответствует требованиям ФГОС по направлению подготовки. Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена во внутренней сети по адресу <http://education.vsuet.ru>.

Для проведения лекций, практических, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в распоряжении кафедры имеется:

Учебная аудитория № 020 для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Экран проекционный Мультимедийный проектор BenQ MW 519 Ноутбук IntelCore 2–1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя.	Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#47881748 от 24.12.2010г. http://eopen.microsoft.com Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008г. http://eopen.microsoft.com AdobeReaderXI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Учебная аудитория № 025 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Печь муфельная ЭКПС 10-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 027 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и про-	Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный ШС-80-01-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся.	ПО нет

межуточной аттестации.	Рабочее место преподавателя	
Учебная аудитория № 029 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный тип. 23 151- 1 шт, Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 016 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Магнитная мешалка типа ММ-4- 1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 022 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Акводистиллятор ДЭ-15-1 шт, Термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет

Аудитория для самостоятельной работы студентов

Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 033.	Комплект мебели для учебного процесса Кондуктометр DDS-11C (COND-51) – 1 шт., Весы НСВ 123 – 1 шт., Весы ВК-300.1 – 1 шт., Весы аналитические HR-250 AZG Водонепроницаемый стандартный погружной/проникающий зонд тип TD=5 – 2 шт., Компьютер CeleronD 320-1 шт, Высокотемпературный измерительный прибор с памятью данных Testo 735-2 – 1 шт., Ионномер И-160МИ 0-14рН(рХ) – 1 шт., Источник питания постоянного тока АКИП Б5.30/10 – 1 шт., Спектрофотометр ПЭ-5300 В– 1 шт., Компьютер IntelCore 2DuoE7300-1 шт., Микроскоп Ievenhuk – 1 шт; Сосуд криобилолгический (Дьюра) X-40-СКП; Прибор рН-метр РНер-4 – 1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. http://eopen.microsoft.com AdobeReaderXI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 39.	Комплект мебели для учебного процесса Компьютер CeleronD 2.8 -3 шт. Персональный компьютер IntelCore 2 –1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы.	Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com Microsoft Office 2010 Microsoft

	Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. http://eopen.microsoft.com AdobeReaderXI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
--	---	--

Дополнительно, самостоятельная работа обучающихся, может осуществляться при использовании:

Ресурсный центр	Компьютеры со свободным доступом в сеть Интернет и Электронными библиотечными и информационно справочными системами.	Альт Образование 8.2 + LibreOffice 6.2+Maxima Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
-----------------	--	--

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе

1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной форм обучения

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего акад. часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	72	72
Контактная работа в т. ч. аудиторные занятия:	18,55	18,55
Лекции	9	9
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0	0
Практические/лабораторные занятия	9	9
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	9	9
Консультации текущие	0,45	0,45
Вид аттестации (зачет)	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	53,45	53,45
Домашнее задание	10	10
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	33,45	33,45
Подготовка к практическим занятиям	10	10

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	ИД1 _{ПКв-1} - Знает принципы разработки и внедрения нового технологического процесса, нацеленного на повышение качества выпускаемой продукции

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-1} - Знает принципы разработки и внедрения нового технологического процесса, нацеленного на повышение качества выпускаемой продукции	Знает: принципы каталитического действия в химических процессах производства
	Умеет: анализировать и применять знания при разработке и применении катализаторов и реакторных устройств на новых и действующих промышленных объектах
	Владеет: методами исследований и проведения экспериментальных работ в области химической технологии

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы.	ПКв-1	Тестовые задания	8-19	Компьютерное тестирование Процентная шкала 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
2	Общие закономерности и особенности диффузии.	ПКв-1	Собеседование (зачет)	20-25	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
			Домашнее задание	1-7	<i>Проверка преподавателем</i> Процентная шкала 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
3	Основы синтеза промышленных катализаторов.	ПКв-1	Собеседование (зачет)	26-35	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»

3 Оценочные средства для промежуточной аттестации. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

3.1 Домашнее задание (текущая аттестация)

Шифр и наименование компетенции

ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

Номер задания	Задание

1	Энергия активации некоторой реакции без катализатора равна 80 кДж/моль, а с катализатором 60 кДж/моль. Во сколько раз возрастет скорость реакции в присутствии катализатора, если реакция протекает при температуре 30 °С?
2	Рассчитать расходные коэффициенты на производство 1000кг катализатора следующего состава: CuO – 56,4%; Cr ₂ O ₃ – 14,2%; ZnO – 10,5%; Al ₂ O ₃ – 18,9%. Исходными веществами являются следующие соли: Cu(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O, Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O, Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O, Al(NO ₃) ₂ ·9H ₂ O. Степень использования исходных веществ: Cu(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O – 98%, Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O – 97%, Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O – 99%, Al(NO ₃) ₂ ·9H ₂ O – 95%
3	<p>1. Найти выражение для стационарной скорости протекания гомогенной каталитической реакции $A + B \rightarrow AB$, если ее механизм описывается схемой:</p> <p>1. $A + E \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} X$</p> <p>2. $X + 2OH^-$</p> <p>3. $Y + B \xrightarrow{k_3} AB + 2OH^- + E$.</p> <p>Известно, что равновесия в первой и второй стадиях устанавливаются быстро, и константа основной диссоциации Y равна K_a.</p>
4	Определить изменение степени использования внутренней поверхности пористого катализатора и наблюдаемой скорости превращения при проведении реакции типа $S \rightarrow P$ на пластинчатом катализаторе с толщиной пластинки 4 мм. Коэффициент диффузии реагента S в катализаторе не зависит от температуры и равен 0,4 см ² /с. Температуру изменили с 733 К до 750 К, а при температуре 680 К константа скорости реакции 0,80 с ⁻¹ . Энергия активации этой реакции составляет 45 кДж/моль. Концентрация реагента S в исходном потоке остается постоянной и равна 0,030 моль/л
5	<p>Одна из целевых реакций каталитического окисления метанола имеет вид: $CH_3OH = CH_2O + H_2$. Используется катализатор – медь металлическая (пористая, пластинчатая с толщиной пластинки 6 мм). Коэффициент диффузии реагента CH₃OH в катализаторе не зависит от температуры и равен 0,4 см²/с. Температуру изменили с 733 К до 760 К, а при температуре 680 К константа скорости реакции 0,80 с⁻¹. Концентрация реагента в исходном потоке остается постоянной и равна 0,030 моль/л. Энергия активации этой реакции с катализатором 60 кДж/моль, а без катализатора 125 кДж/моль.</p> <p>2.1. Во сколько раз возрастет скорость реакции в присутствии катализатора, если реакция протекает при температуре 760 К?</p> <p>2.2. Определить изменение степени использования внутренней поверхности пористого катализатора.</p> <p>2.3. Определить изменение наблюдаемой скорости превращения при проведении реакции.</p> <p>2.4 Какой бы вы использовали катализатор в данном процессе?</p>
6	<p>Определите диаметр адсорбера, количество загружаемого активированного угля и продолжительность периода поглощения 100 кг паров октана при следующих данных: начальная концентрация октана в паровоздушной смеси $C_0 = 0,012$ кг/м³, скорость паровоздушной смеси, считая на полное сечение аппарата $w = 20$ м/мин, динамическая адсорбционная емкость АУ по октану $a_d = 7\%$ (масс.), насыпная плотность АУ $\rho_{нас} = 350$ кг/м³, высота слоя АУ в адсорбере $H_a = 0,8$ м.</p> <p>Решение: Массу адсорбента можно рассчитать через массу октана и адсорбционную емкость АУ:</p> <p>$m_a = m_{окт} / \omega = 100 / 0,07 = 1429$ кг.</p> <p>Объем АУ равен:</p> <p>$V_a = m_a / \rho_{нас} = 1429 / 350 = 4,08$ м³.</p> <p>Площадь сечения адсорбера:</p> <p>$S_a = V_a / H_a = 4,08 / 0,8 = 5,1$ м².</p> <p>Диаметр адсорбера определяют из площади сечения адсорбера:</p> $S_a = \frac{\pi D_a^2}{4} \Rightarrow D_a = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 2,55 \text{ м.}$ <p>Объемный расход парогазовой смеси равен:</p>

	<p>$Q = w \cdot S = 20 \text{ м/мин} \cdot 5,1 \text{ м}^2 = 102 \text{ м}^3/\text{мин}$.</p> <p>Из уравнения материального баланса по улавливаемой примеси определяем период поглощения 100 кг октана:</p> $m_a = \frac{Q \cdot C_0 \cdot \tau}{a_d} \Rightarrow \tau = \frac{m_a \cdot a_d}{Q \cdot C_0} = \frac{1429 \cdot 0,07}{102 \cdot 0,012} = 81,7 \text{ мин} = 1,36 \text{ час.}$ <p>Ответ: Диаметр адсорбера равен 2,55 м. Масса загружаемого адсорбента равна 1429 кг. Продолжительность периода поглощения 1,36 час.</p>
7	<p>Определить изменение степени использования внутренней поверхности пористого катализатора и наблюдаемой скорости превращения при проведении реакции типа $S \rightarrow P$ на пластинчатом катализаторе с толщиной пластинки 6 мм. Коэффициент диффузии реагента S в катализаторе не зависит от температуры и равен $0,6 \text{ см}^2/\text{с}$. Температуру изменили с 733 К до 753 К, а при температуре 683 К константа скорости реакции $0,82 \text{ с}^{-1}$. Энергия активации этой реакции составляет 44800 Дж/моль. Концентрация реагента S в исходном потоке остается постоянной и равна $0,035 \text{ моль/л}$.</p> <p>Решение</p> <ol style="list-style-type: none"> Определяем константу скорости при температуре 733К после преобразований уравнения Аррениуса: $\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right),$ $\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{44800}{8,31} \cdot \left(\frac{1}{683} - \frac{1}{733} \right) = 0,5384,$ $\ln \frac{k_{733}}{0,82} = 0,5384, \text{ откуда } k_{733} = 1,4 \text{ с}^{-1}$ Находим значение модуля φ (модуль Зельдовича-Тилле): $\varphi = R_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{D}} = 0,3 \cdot \sqrt{\frac{1,4}{0,6}} = 0,4582; (R_0 = 0,05 \cdot 6 \text{ мм} = 0,3)$ Рассчитываем значение степени использования внутренней поверхности катализатора при температуре 733 К: $\eta = \frac{th\varphi}{\varphi}, \text{ где } th\varphi = \frac{\exp(\varphi) - \exp(-\varphi)}{\exp(\varphi) + \exp(-\varphi)} = \frac{\exp(0,4582) - \exp(-0,4582)}{\exp(0,4582) + \exp(-0,4582)} = \frac{1,5812 - 0,6324}{1,5812 + 0,6324} = 0,4286$ $\eta = \frac{0,4286}{0,4582} = 0,9354$ Определяем наблюдаемую скорость при температуре 733 К: $w_n = \eta \cdot k_{733} \cdot C = 0,9354 \cdot 1,4 \cdot 0,035 = 0,046 \text{ моль/л} \cdot \text{с}$ Находим константу скорости при температуре 753 К: $\ln \frac{k_{753}}{0,82} = \frac{44800}{8,31} \cdot \left(\frac{1}{683} - \frac{1}{753} \right) = 0,753$ <p>откуда $k_{753} = 1,7 \text{ с}^{-1}$</p> Находим значение модуля φ (модуль Зельдовича-Тилле): $\varphi = R_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{D}} = 0,3 \cdot \sqrt{\frac{1,7}{0,6}} = 0,5059$ Рассчитываем значение степени использования внутренней поверхности катализатора при температуре 753 К: $\eta = \frac{th\varphi}{\varphi}, \text{ где } th\varphi = \frac{\exp(\varphi) - \exp(-\varphi)}{\exp(\varphi) + \exp(-\varphi)} = \frac{\exp(0,5059) - \exp(-0,5059)}{\exp(0,5059) + \exp(-0,5059)} = 0,4692$ $\eta = \frac{0,4692}{0,5059} = 0,9273.$ Определяем наблюдаемую скорость при температуре 753 К: $w_n = \eta \cdot k_{753} \cdot C = 0,9273 \cdot 1,7 \cdot 0,035 = 0,059 \text{ моль/л} \cdot \text{с}$ <p>Таким образом, при увеличении температуры процесса на 20 градусов степень использования внутренней поверхности уменьшается, наблюдаемая скорость процесса возрастает.</p>

3.2 Тесты (тестовые задания)

Шифр и наименование компетенции

ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

Тест (тестовое задание)	
8	Адсорбенты-это вещества - поглощающие вещество на своей поверхности - поглощающие вещество всем объемом - образующие с поглощённым веществом твёрдый или жидкий раствор
9	Уравнение Лэнгмюра описывает - мономолекулярную адсорбцию - полимолекулярную адсорбцию - теорию объемного заполнения пор
10	Основными параметрами переходных пор активных углей являются - величины объема пор, удельной поверхности, функции распределения пор по эквивалентным радиусам - величины объема пор, функции распределения пор по эквивалентным радиусам - величины объема пор, удельной поверхности, функции распределения пор по эквивалентным радиусам, коэффициент афинности.
11	Энергия активации имеет значение более 40 кДж/моль. Это область реагирования: 1. Кинетическая 2. Внешняя диффузионная 3. Внутренняя диффузионная
12	Текстурный промотор: а) снижает агломерацию основного действующего компонента б) уменьшает коксуюемость катализатора в) увеличивает стабильность катализатора
13	Самопроизвольность протекания адсорбции вещества на катализаторе определяется справедливостью соотношения ○ $\Delta G < 0$ ○ $\Delta G > 0$ ○ $\Delta S > 0$ ○ $\Delta G = 0$
14	Рекуперация это - улавливание и возвращение в технологический цикл веществ - очистка газов на адсорбенте - устранение постоянной жесткости воды
15	Коэффициент скорости диффузии можно увеличить: а) увеличением движущей силы (ΔC реагента) б) уменьшением размера пор в) уменьшением температуры
16	В синтезе аммиака используют катализаторы - железосодержащие - благородные металлы - оксиды меди и цинка
17	Каталитические яды блокируют - активные центры катализатора - промоторы - образование радикалов
18	При катализе на твердых катализаторах стадия «десорбция продукта катализа» протекает перед - диффузией продукта в порах зерна катализатора - диффузией продукта от поверхности зерна - перегруппировкой атомов с образованием комплексов
19	Промотирующие добавки в катализатор делятся на группы: - структурообразующие и модифицирующие - структурообразующие и промотирующие - модифицирующие и активирующие

3.3 Собеседование (вопросы к зачету)

Шифр и наименование компетенции

ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

Вопросы	
20	Механизмы действия катализаторов и сорбентов. Классификация катализаторов и сорбентов.
21	Диффузия и реакция . Внешнедиффузионная область
22	Кинетическая область. Внутريدиффузионная область
23	Физические характеристики катализаторов (адсорбентов)
24	Общие представления о механизме окисления на твердом катализаторе.
25	Сорбция в каталитических процессах
26	Цеолитсодержащие катализаторы крекинга углеводородов.
27	Механизм крекинга углеводородов различных классов на алюмосиликатном катализаторе
28	Механизм реакции ароматизации на катализаторах кислотного типа.
29	Химизм образования кокса при каталитическом крекинге.
30	Восстановление отработанных катализаторов
31	Практические методы исследования свойств катализаторов
32	Основные промышленные сорбенты
33	Технология синтеза цеолитов.
34	Современные методы контроля качества катализаторов

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков обучающихся по дисциплине применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

Зачет по дисциплине выставляется в зачетную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины (с отметкой «зачтено») и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

5. . Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения (на основе обобщённых компетенций)	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценки	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка (зачтено/незачтено)	Уровень освоения компетенции
<i>ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами</i>					
Знать: принципы каталитического действия в химических процессах производства;	Тест	ответы на вопросы теста	При тестировании набрано более 60 %.	Зачтено	Базовый освоен
			При тестировании набрано менее 60 баллов.	Не зачтено	Не освоен
Уметь: анализировать и применять знания при разработке и применении катализаторов и реакторных устройств на новых и действующих промышленных объектах Владеет: методами исследований и проведения экспериментальных работ в области химической технологии	Собеседование	Ответы на вопросы	- оценка «зачтено», выставляется студенту, если он ответил правильно более, чем на 50 % вопросов	Зачтено/ (3-5 баллов)	Продвинутый Освоен
			- оценка «не зачтено», выставляется студенту, если он ответил правильно менее, чем на 50 % вопросов	Не зачтено/ (1-2 балла)	Не освоен
	Домашнее задание	Результат решения	Магистрант самостоятельно подобрал необходимую литературу, провел расчеты в заданиях	Зачтено/ (3-5 баллов)	Продвинутый Освоен
Магистрант, ошибочно провел расчеты			Не зачтено/ (1-2 балла)	Не освоен	

