

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

Катализаторы и сорбенты
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология
(код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль)

Технология неорганических, органических соединений и переработки полимеров

Квалификация выпускника
Бакалавр

1. Цели и задачи дисциплины

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

26 Химическое, химико-технологическое производство

(в сферах: производства неорганических веществ; производства продуктов основного и тонкого органического синтеза; 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: научно-исследовательский; технологический.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки/специальности 18.03.01 Химическая технология

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

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	ИД1 _{ОПК-1} – Демонстрирует знание механизмов химических реакций, свойств различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов при решении задач профессиональной деятельности
			ИД2 _{ОПК-1} – Решает стандартные задачи в профессиональной деятельности опираясь на знания о строении веществ, природе химической связи

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ОПК-1} – Демонстрирует знание механизмов химических реакций, свойств различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов при решении задач профессиональной деятельности	Знает: роль и значение катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии; сырьевую базу катализаторной промышленности, свойства,
	Умеет: использовать механизм и кинетические закономерности протекания гетерогенно- каталитических реакций при синтезе материалов;
	Владеет методами получения и испытания катализаторов и сорбентов в основных технологических процессах; расчетов по справочным данным.
ИД2 _{ОПК-1} – Решает стандартные задачи в профессиональной деятельности опираясь на знания о строении веществ, природе химической связи	Знает показатели качества исходных веществ, основанные на знаниях о строении вещества и получаемых на их основе, катализаторов и адсорбентов;
	Умеет обосновывать принципы построения технологических схем производства и эксплуатации катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии.

	Владеет основами проведения материальных и тепловых расчетов основных технологических стадий производства катализаторов и адсорбентов; навыками табличного и графического оформления результатов лабораторных работ.
--	--

3 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к *обязательной части* Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин: «Неорганическая химия», «Теоретические основы неорганического синтеза», «Общая химическая технология и химические реакторы».

Дисциплина является предшествующей для освоения дисциплин: Производственная практика (преддипломная практика).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего часов акад.	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		7 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	45,85	45,85
Лекции	15	15
в том числе в форме практической подготовки	0	0
Лабораторные работы (ЛБ)	30	30
в том числе в форме практической подготовки	0	0
Консультации текущие	0,75	0,75
Вид аттестации (зачет):	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	62,15	62,15
Домашнее задание (решение заданий)	20	20
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тест)	9	9
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	10	10
Проработка материала по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	15,15	15,15
Коллоквиум	8	8

5 Содержание дисциплины, структурированного по темам 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 раздела, ак.ч
-------	---------------------------------	--------------------	----------------------------

1	Введение. Основные понятия.	Скорость реакции и кинетическое уравнение. Механизмы действия катализаторов и сорбентов. Классификация катализаторов и сорбентов. Место катализаторов и сорбентов в технологической схеме производства.	16
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	Разработка методов приготовления катализаторов и адсорбентов с заданными свойствами. Основные методы приготовления катализаторов и адсорбентов. Требования к химическому и фазовому составу носителя. Катализаторы на носителях. Распределение активного вещества по поверхности. Примеры приготовления нанесенных катализаторов. Методы синтеза катализаторов, носителей и адсорбентов, основанные на осаждении. Влияние химического состава и условий осаждения на свойства продукта. Методы приготовления катализаторов, основанные на механическом смешении компонентов. Влияние механической активации на взаимодействие компонентов. Структурно-механические свойства катализаторных и адсорбционных масс. Активированные угли, цеолиты.	22
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	Физические свойства адсорбентов и катализаторов. Пористость адсорбентов и катализаторов. Фракционный состав твердых катализаторов и сорбентов, удельная поверхность. Плотности твердых катализаторов. Влагоемкость образцов. Механическая прочность. Термостойкость твердых катализаторов и адсорбентов. Теплопроводность и теплоемкость твердых катализаторов. Технология получения углеродных сорбентов. Каталитические реакторы, адсорберы.	34
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	Практические методы исследования активности катализаторов. Статический метод. Проточные (динамические) методы. Безградиентный проточно-циркуляционный метод. Импульсные методы исследования активности катализаторов. Отравление катализаторов. Обратимая и необратимая дезактивация катализаторов. Отравление в результате блокировки активной поверхности катализатора коксом.	35,15
	Консультации текущие		0,75
	Консультации перед экзаменом		-
	Зачет		0,1

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. час	Лабораторные занятия, ак. час	СР, ак. час
1.	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	4	4	8
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	4	6	12
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	4	10	20
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	3	10	22,15
	Консультации текущие			0,75

Зачет	0,1
-------	-----

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1.	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	Скорость реакции и кинетическое уравнение. Механизмы действия катализаторов и сорбентов. Классификация катализаторов и сорбентов. Место катализаторов и сорбентов в технологической схеме производства. Общие представления о механизме окисления на твердом катализаторе.	4
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	-Разработка методов приготовления катализаторов и сорбентов с заданными свойствами. -Методы синтеза катализаторов, носителей и сорбентов, основанные на осаждении. -Методы приготовления катализаторов, основанные на механическом смешении компонентов. Активированные угли, цеолиты	2 2
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	Физические свойства сорбентов и катализаторов. Каталитические реакторы, адсорберы.	2 2
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	Понятие активности и селективности катализатора. Практические методы исследования активности катализаторов. Отравление катализаторов	3

5.2.2 Практические занятия не предусмотрены

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость, час
1.	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	Правила работы в лаборатории и организация рабочего места. Оборудование катализа и сорбции	4
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	1. Гомогенный и гетерогенный катализ. 2. Приготовление катализаторов на основе оксидов алюминия, меди, кремния, угля.	6
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	1. Определение механической прочности, пористости, водопоглощения адсорбентов, носителей и катализаторов. 2. Основные промышленные катализаторы	10
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	1. Определение размера частиц и объема пор. 2. Термический анализ приго-	10

		товленных катализаторов.	
--	--	--------------------------	--

5.2.4 Самостоятельная работа (СР)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СР	Трудоемкость, час
1	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	Коллоквиум Проработка материалов по конспекту лекций и учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тест);	8
2	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	Коллоквиум Проработка материалов по конспекту лекций и учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тест);	12
3	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	Домашнее задание Проработка материалов по конспекту лекций и учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тест);	20
4	Методы исследования катализаторов и сорбентов	Проработка материалов по конспекту лекций и учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тест);	22,15

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература:

1. Сибаров Д.А., Смирнов Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: Учебное пособие, СПб.Издательство «Лань», 2018. -200с.

2. Учебное пособие «Катализаторы и сорбенты» [Электронный ресурс]: С.И. Нифталиев, Л.В. Лыгина, И.В. Кузнецова; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - 53 с.

3. 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>

6.2. Дополнительная литература:

1. Кинетика и катализ : журнал / Российская Академия наук. — М. : Наука, 1960-2001. — Издается с 1960 г. — 6 номеров в год. — ISSN 0453-8811. — <URL:http://www.maik.ru>.

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. 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>

5. 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. 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>

6.3 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. Нифталиев С. И., Кузнецова И.В., Лыгина Л.В. Катализаторы и сорбенты: методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Катализаторы и сорбенты" направление подготовки бакалавров 18.03.01 - "Химическая технология" <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2477>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых 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.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая пе-

речень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Тестовые задания в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/>.

2. Информационная справочная система. Портал фундаментального химического образования ChemNet. Химическая информационная сеть: Наука, образование, технологии <http://www.chemnet.ru>

3. Информационная справочная система. Сайт о химии. Неорганическая химия. <http://www.xumuk.ru/nekrasov>

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

Необходимый для реализации образовательной программы перечень материально-технического обеспечения включает:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекторным оборудованием для презентаций; средствами звуковоспроизведения; экраном; имеющие выход в Интернет);

- помещения для проведения семинарских, лабораторных и практических занятий (оборудованные учебной мебелью);

- библиотеку (имеющую рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и Интернет);

- компьютерные классы.

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.vsu.ru>.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа

Учебная аудитория №37 для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, промежуточной и итоговой аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса на 150 мест Проектор Epson EB-955WH белый Микшерный пульт с USB-интерфейсом Behringer Хенух X1204USB Активная акустическая система Behringer B112D Eurolive Акустическая стойка Tempo SPS-280 Комплект из 3 микрофонов в кейсе Behringer XM1800S Ultravoice Микрофонная стойка Proel RSM180 15.6" Ноутбук Acer Extensa EX2520G-51P0 черный Веб-камера Logitech ConferenceCam BCC950 (USB) Экран с электроприводом CLASSIC SOLUTION Classic Lyra (16:9) 308x220	Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. http://eopen.microsoft.com Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com AdobeReaderXI(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
--	---	--

Для проведения практических, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в распоряжении кафедры имеется:

<p>Учебная аудитория № 020 для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.</p>	<p>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.</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008г http://eopen.microsoft.com</p> <p>AdobeReaderXI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</p>
<p>Учебная аудитория № 025 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Печь муфельная ЭКПС 10-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 027 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный ШС-80-01-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 029 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный тип. 23 151- 1 шт, Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 016 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Магнитная мешалка типа ММ-4- 1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 022 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивиду-</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Акводистиллятор ДЭ-15-1 шт, Термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80-1 шт</p>	<p>ПО нет</p>

дуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	
--	---	--

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 АКПП Б5.30/10 – 1 шт., Спектрофотометр ПЭ-5300 В– 1 шт., Компьютер IntelCore 2DuoE7300-1 шт., Микроскоп Ievenhuk – 1 шт; Сосуд криобилологический (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. 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 № 024.	Комплект мебели для учебного процесса, Микроколориметр МИД-200-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет

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»
-----------------	--	--

Помещение для хранения реактивов, химической посуды и обслуживания лабораторных занятий

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования № 031	Ноутбук LenovoG 575 – 1 шт, Ph-метр PH-150 МИ – 1 шт, Холодильник NORD- 1 шт, Ксерокс XeroxWorkCentre 3119- 1шт.	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
---	---	---

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

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 в виде отдельного документа и входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля) в виде приложения.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе «Катализаторы и сорбенты»

1. Организационно-методические данные дисциплины для заочной формы обучения

1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего академич. часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		7 Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	11,5	11,5
Лекции	4	4
Лабораторные работы	6	6
<i>Рецензирование Контрольных Работ</i>	0,8	0,8
<i>Виды аттестации (Зачет)</i>	0,1	0,1
<i>Консультации текущие</i>	0,6	0,6
Самостоятельная работа:	92,6	92,6
Проработка материала по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	66	66
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	4	4
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование)	8,7	8,7
Выполнение контрольной работы	10	10
Подготовка к зачету (контроль)	3,9	3,9

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

КАТАЛИЗАТОРЫ И СОРБЕНТЫ

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	ИД1 _{ОПК-1} – Демонстрирует знание механизмов химических реакций, свойств различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов при решении задач профессиональной деятельности
			ИД2 _{ОПК-1} – Решает стандартные задачи в профессиональной деятельности опираясь на знания о строении веществ, природе химической связи

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ОПК-1} – Демонстрирует знание механизмов химических реакций, свойств различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов при решении задач профессиональной деятельности	Знает: роль и значение катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии; сырьевую базу катализаторной промышленности, свойства,
	Умеет: использовать механизм и кинетические закономерности протекания гетерогенно- каталитических реакций при синтезе материалов;
	Владеет методами получения и испытания катализаторов и сорбентов в основных технологических процессах; расчетов по справочным данным.
ИД2 _{ОПК-1} – Решает стандартные задачи в профессиональной деятельности опираясь на знания о строении веществ, природе химической связи	Знает показатели качества исходных веществ, основанные на знаниях о строении вещества и получаемых на их основе, катализаторов и адсорбентов;
	Умеет обосновывать принципы построения технологических схем производства и эксплуатации катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии.
	Владеет основами проведения материальных и тепловых расчетов основных технологических стадий производства катализаторов и адсорбентов; навыками табличного и графического оформления результатов лабораторных работ.

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			Наименование	№ заданий	
1.	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	ОПК-1	Коллоквиум	Вопросы к коллоквиуму 29-38	Контроль преподавателем
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	ОПК-1	Коллоквиум	Вопросы к коллоквиуму 29-38	Контроль преподавателем
			Отчет по лабораторной		Контроль

			работе	Вопросы 17-25	преподавателем
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	ОПК-1	Домашнее задание	Вопросы к домашнему заданию 26-28	Контроль преподавателем
			Отчет по лабораторной работе	Тестовые задания 39-50 Вопросы 1-5	Компьютерное тестирование
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	ОПК-1	Кейс-задание	Вопросы к Кейс-заданию 14-16	Проверка кейс- задания
			Отчет по лабораторной работе	Тестовые задания 39-50 Вопросы 17-25	Компьютерное тестирование

3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет) (типичные 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. Собеседование (зачет)

ОПК-1 *Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов*

Вопросы	
1	Механизмы действия катализаторов и сорбентов. Классификация катализаторов и сорбентов.
2	Диффузия и реакция . Внешнедиффузионная область
3	Кинетическая область. Внутридиффузионная область
4	Физические характеристики катализаторов (адсорбентов)
5	Общие представления о механизме окисления на твердом катализаторе.
6	Каталитическое окисление водорода.
7	Каталитическое окисление монооксида углерода..
8	Окисление диоксида серы.
9	Методы синтеза катализаторов, носителей и адсорбентов, основанные на осаждении.
10	Практические методы исследования свойств катализаторов
11	Основные промышленные сорбенты
12	Технология синтеза цеолитов.
13	Каталитический реактор с псевдосжиженным слоем

3.2. Кейс-задания к зачету

ОПК-1 *Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов*

Номер задания	Текст задания
---------------	---------------

14

Рассчитать расходные коэффициенты на производство 1000 кг катализатора следующего состава: CuO – 56,4 %; Cr₂O₃ – 14,2 %; ZnO – 10,5 %; Al₂O₃ – 18,9 %. Исходными веществами являются следующие соли: Cu(NO₃)₂ · 6H₂O, Cr(NO₃)₃ · 9H₂O, Zn(NO₃)₂ · 6H₂O, Al(NO₃)₃ · 9H₂O. Степень использования исходных веществ: Cu(NO₃)₂ · 6H₂O – 98 %, Cr(NO₃)₃ · 9H₂O – 97 %, Zn(NO₃)₂ · 6H₂O 99 %б, Al(NO₃)₃ · 9H₂O – 95 %.

Решение. Определяем молярные массы веществ:

CuO	Cr ₂ O ₃	ZnO	Al ₂ O ₃
79,55	151,99	81,38	101,96
Cu(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Al(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O
295,64	400,15	297,47	375,13

Рассчитываем расходный коэффициент по оксиду меди: содержание оксида меди в катализаторе:

$$1000 \times 0,564 = 564 \text{ кг ,}$$

расход Cu(NO₃)₂·6H₂O:

$$\frac{564 \times 295,64}{79,55 \times 0,98} = 2138,8 \text{ кг .}$$

Рассчитываем расходный коэффициент по оксиду хрома: содержание оксида хрома в катализаторе:

$$1000 \times 0,142 = 142 \text{ кг ,}$$

расход Cr(NO₃)₃·9H₂O:

$$\frac{142 \times 400,15 \times 2}{151,99 \times 0,97} = 770,8 \text{ кг .}$$

Рассчитываем расходный коэффициент по оксиду цинка: содержание оксида цинка в катализаторе:

$$1000 \times 0,105 = 105 \text{ кг ,}$$

расход Zn(NO₃)₂·6H₂O:

$$\frac{105 \times 297,47}{81,38 \times 0,99} = 387,7 \text{ кг .}$$

Рассчитываем расходный коэффициент по оксиду алюминия: содержание оксида алюминия в катализаторе:

$$1000 \times 0,189 = 189 \text{ кг ,}$$

расход Al(NO₃)₃·9H₂O:

$$\frac{189 \times 375,13 \times 2}{101,96 \times 0,95} = 1463,9 \text{ кг .}$$

15	<p>Определите диаметр сетки платинородиевого катализатора для контактного аппарата, обеспечивающего получение 70 т в сутки азотной кислоты. Степень превращения аммиака в оксид азота NO составляет 0,97, степень абсорбции 0,99. Окисление аммиака происходит при давлении 105 Па. Напряженность катализатора 600 кг/м³ сутки. Содержание аммиака в смеси составляет 11 % об.</p> <p>Решение. Определяем расход аммиака для получения требуемого количества азотной кислоты:</p> $g_{\text{NH}_3} = \frac{G \times M_{\text{NH}_3}}{M_{\text{HNO}_3} \times \alpha_1 \times \alpha_2} = \frac{70000 \times 17}{63 \times 0,97 \times 0,99} = 19670 \text{ кг/сут},$ <p>где G – количество получаемой азотной кислоты, кг/сут; M_{NH_3} и M_{HNO_3} – молекулярные массы аммиака и азотной кислоты соответственно; α_1 – степень превращения аммиака в оксид азота; α_2 – степень абсорбции.</p> <p>Определяем активную поверхность катализаторной сетки исходя из напряженности катализатора:</p> $F_c = \frac{g_{\text{NH}_3}}{Q} = \frac{19670}{600} = 32,8 \text{ м}^2,$ <p>где Q – напряженности катализатора.</p> <p>Принимаем диаметр платино-родиевой проволоки $d = 0,009$ см и число плетений в 1 м² площади сетки $n = 1024$. Определяем активную поверхность 1 м² сетки по формуле:</p> $F_a = 2 \times \pi \times d \times \sqrt{n} = 2 \times \pi \times 0,009 \times \sqrt{1024} = 1,81 \text{ м}^2.$ <p>Определяем площадь и диаметр каждой катализаторной сетки с учётом того, что в контактный аппарат укладываются три сетки:</p> $S = \frac{F_c}{F_a} = \frac{32,8}{3 \times 1,81} = 6,0 \text{ м}^2,$ $D = \sqrt{\frac{4 \times 6,0}{\pi}} = 2,76 \text{ м}.$ <p>Определяем диаметр сетки с учётом крепления (для крепления принимаем 40 мм):</p> $D = 2,76 + 0,04 = 2,8 \text{ м}.$
16	<p>Определите требуемое количество активированного угля, высоту слоя адсорбента и диаметр адсорбера периодического действия для поглощения паров бензина из смеси его с воздухом. Объемный расход паровоздушной смеси, подаваемой на адсорбцию $Q = 3450$ м³/час. Начальная концентрация бензина $C_0 = 0,02$ кг/м³. Скорость паровоздушной смеси $w = 0,23$ м/с, считая на полное сечение аппарата. Динамическая адсорбционная емкость активированного угля (АУ) $a_d = 7\%$ (масс.), остаточная активность после десорбции 0,8% (масс.). Насыпная плотность АУ $\rho_{\text{нас}} = 500$ кг/м³. Продолжительность периода адсорбции составляет 1,45 час.</p> <p>Решение</p> <p>Масса адсорбента из уравнения материального баланса по загрязнителю (удаляемой примеси) равна:</p> $m_a = \frac{Q \cdot C_0 \cdot \tau}{a_d} = \frac{3450 \text{ м}^3/\text{час} \cdot 0,02 \text{ кг/м}^3 \cdot 1,45 \text{ час}}{0,07 - 0,008} = 1614 \text{ кг}.$ <p>Геометрические размеры адсорбера следующие:</p>

	$D_a = \sqrt{\frac{4Q}{\pi w_{\Gamma}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3450}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,23}} = 2,3 \text{ м.}$ $H_a = \frac{4m_a}{\pi D_a^2 \cdot \rho_{\text{нас}}} = \frac{4 \cdot 1614}{3,14 \cdot 2,3^2 \cdot 500} = 0,78 \text{ м.}$ <p>Ответ: Масса АУ равна 1614 кг, диаметр адсорбера 2,4м, высота слоя адсорбента 0,78м.</p>
--	--

3.3. Защита лабораторной работы

ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов

Номер вопроса	Текст вопросов к лабораторной работе
17	Механизмы протекания гомогенного и гетерогенного катализиров
18	Термический анализ сырья, катализаторов, сорбентов.
19	Механическая прочность, удельная поверхность, пористость, водопоглощение адсорбентов, носителей и катализаторов
20	Кислото и щелочеустойчивость катализаторов
21	Каталитическое получение аммиака
22	Адсорберы
23	Абсорберы
24	Методы приготовления катализаторов
25	Катализаторы производства минеральных удобрений

3.4. Домашнее задание

ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов

№ задания	Условие типовой задачи (формулировка задания)
26	В вертикальный кольцевой адсорбер диаметром $D_a = 3\text{ м}$ со стальной трубой диаметром $d_a = 0,35\text{ м}$ поступает $160\text{ м}^3/\text{мин}$ парогазовой смеси, содержащей $C_0 = 0,015\text{ кг}/\text{м}^3$ паров этанола C_2H_5OH . Остаточная концентрация паров этанола в парогазовой смеси $C_{\text{вых}} = 0,0001\text{ кг}/\text{м}^3$. Высота слоя адсорбента $H_a = 1,7\text{ м}$. Насыпная плотность АУ $\rho_{\text{нас}} = 500\text{ кг}/\text{м}^3$. Время периода поглощения 4 час 40 мин. Определите количество теплоты, выделяющейся в адсорбере за один период.
27	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 $44800\text{ Дж}/\text{моль}$. Концентрация реагента S в исходном потоке остается постоянной и равна $0,035\text{ моль}/\text{л}$.
28	Проводится реакция первого порядка на катализаторе пластинчатого типа с толщиной пластины 4 мм. Константа скорости реакции равна $0,3\text{ с}^{-1}$. Эффективный коэффициент диффузии составляет $0,5\text{ см}^2/\text{с}$. Как изменится наблюдаемая скорость процесса и степень использования внутренней поверхности катализатора, если взять катализатор с толщиной пластинки 6 мм?

3.5. Коллоквиум

ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов

Тематика вопросов	
29	Основные понятия и определения в технологии катализаторов и сорбентов.
30	Гомогенный, гетерогенный и ферментативный катализ
31	Технологические свойства катализаторов
32	Адсорбция и ее роль в гетерогенном катализе
33	Катализаторы и адсорбенты на основе природных глин и цеолитов.
34	Промотирование, коксование и отравление катализаторов
35	Основные типы каталитических реакторов
36	Основные типы адсорберов
37	Механизм гетерогенного катализа
38	Место катализаторов в технологической схеме процесса

3.6. Тесты (тестовые задания к отчетам по лабораторным работам, зачету)

ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов

Тест (тестовое задание)	
39	Адсорбенты-это вещества - поглощающие вещество на своей поверхности - поглощающие вещество всем объемом - образующие с поглощённым веществом твёрдый или жидкий раствор
40	Уравнение Лэнгмюра описывает - мономолекулярную адсорбцию - полимолекулярную адсорбцию - теорию объемного заполнения пор
41	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.
42	Типовая технологическая схема производства дробленых активированных углей включает в себя следующие стадии: - Сортировка угля-сырца, активация, дробление и рассев - Сортировка угля-сырца, активация, безнагревная адсорбция, дробление и рассев - Сортировка угля-сырца, активация, дробление и рассев, выщелачивание
43	Текстурный промотор: а) снижает агломерацию основного действующего компонента б) уменьшает коксуюемость катализатора в) увеличивает стабильность катализатора
44	Самопроизвольность протекания адсорбции вещества на катализаторе определяется справедливостью соотношения ○ $\Delta G < 0$ ○ $\Delta G > 0$ ○ $\Delta S > 0$ ○ $\Delta G = 0$

45	Рекуперация это -улавливание и возвращение в технологический цикл веществ -очистка газов на адсорбенте -устранение постоянной жесткости воды
46	Коэффициент скорости диффузии можно увеличить: а) подъемом температуры б) уменьшением размера пор в) увеличением критерия Рейнольдса
47	В синтезе аммиака используют катализаторы - железосодержащие - благородные металлы - оксиды меди и цинка
48	Каталитические яды блокируют - активные центры катализатора - промоторы - образование радикалов
49	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
50	Промотирующие добавки в катализатор делятся на группы: - структурообразующие и модифицирующие - структурообразующие и промотирующие - модифицирующие и активирующие

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 %.

Результаты обучения (на основе обобщённых компетенций)	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценки	Критерии оценки	Шкала оценки		
				Академическая оценка (зачтено/незачтено)	Уровень освоения компетенции	
<p>ОПК-1 <i>Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающей мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов</i></p>						
<p>Знает: роль и значение катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии; сырьевую базу катализаторной промышленности, свойства, показатели качества исходных веществ, основанные на знаниях о строении вещества и получаемых на их основе, катализаторов и адсорбентов;</p> <p>Умеет: использовать механизм и кинетические закономерности протекания гетерогенно-каталитических реакций при синтезе материалов; Умеет обосновывать принципы построения технологических схем производства и эксплуатации катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии.</p>	Тест	Результат тестирования	50% и более правильных ответов	Зачтено	освоена (базовый, повышенный)	
			менее 50% правильных ответов	Не зачтено	не освоена (недостаточный)	
	Собеседование (зачет)	использует знания основных свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для определения факторов, влияющих на физико-химические, прочностные и механические свойства материалов.	Обучающийся полно и последовательно раскрыл тему вопросов	Зачтено	освоена (базовый, повышенный)	
			Обучающийся неполно и/или непоследовательно раскрыл тему вопросов	Не зачтено	не освоена (недостаточный)	
	Коллоквиум Домашнее задание	Умеет использовать механизм и кинетические закономерности протекания гетерогенно-каталитических реакций при синтезе материалов	Обучающийся полно и последовательно раскрыл тему вопросов	Зачтено	освоена (базовый, повышенный)	
			Обучающийся неполно и/или непоследовательно раскрыл тему вопросов	Не зачтено	не освоена (недостаточный)	
	Владеет основами проведения материальных и тепловых расчетов основных технологических стадий производства катализаторов и адсорбентов; навыками таб-	Кейс задания	Правильно проведены расчеты, подобрана и обоснована	Бакалавр владеет методами проведения качественного и количественного анализа сырья, а также катализаторов и адсорбентов, используемых в неорганической технологии;	Зачтено	освоена (базовый, повышенный)
		Защита по				

личного и графического оформления результатов лабораторных работ.	лабораторной работе	ван состав шихты. Умение выбирать средства и методы анализа, определять погрешности	Бакалавр не владеет методами проведения качественного и количественного анализа сырья, а также катализаторов и адсорбентов, используемых в неорганической технологии;	Не зачтено	не освоена (недостаточный)
---	---------------------	---	---	------------	----------------------------