

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ефанов Алексей Валерьевич

Должность: Директор Ставропольского государственного технического института (филиал) СКФУ

Дата подписания: 11.10.2022 15:36:05

Уникальный программный ключ:

49214306dd433e7a1b0f8632f645f9d53c99e3d0

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор НТИ (филиал) СКФУ

А.В. Ефанов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

название дисциплины (модуля)

Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов

Направление подготовки/специальность 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Направленность (профиль)/специализация Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

Форма обучения очная

Год начала обучения 2022

Реализуется в 6 семестре

**Разработано**

Старший преподаватель кафедры химической технологии, машин и аппаратов химических производств

\_\_\_\_\_ Вернигорова Е.В.

Ставрополь 2022 г.

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Дисциплина "Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов" ставит своей целью формирование набора компетенций будущего бакалавра путем изучения теоретических основ гетерогенного катализа, основными теориями гетерогенного катализа, составом и свойствами промышленных гетерогенных катализаторов, методами получения катализаторов.

Для освоения дисциплины поставлены следующие задачи:

- изучение основных принципов каталитического действия;
- изучение основных теорий гомогенного и гетерогенного катализа;
- изучение основ синтеза промышленных катализаторов;

овладение навыками количественных расчетов технологических адсорбционных и каталитических систем и протекающих в них процессов.

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

Дисциплина Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов относится к дисциплинам части обязательной части для направления 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Ее освоение происходит в 6 семестре.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
<b>ОПК-1</b> 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	<b>ИД-1</b> ОПК-1 понимает основы механизмов химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества; природу химической связи и свойства различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	<b>Пороговый уровень понимает:</b> основы гетерогенного катализа <b>Повышенный уровень понимает:</b> понимает: основы методов математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности; современные методы исследования катализаторов
	<b>ИД-2</b> ОПК-1 анализирует механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, химические связи и свойства различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	<b>Пороговый уровень применяет</b> фундаментальные знания, учитывая подходы к синтезу гетерогенных катализаторов <b>Повышенный уровень описывает</b> процессы математического моделирования; описывать каталитические процессы на основе знаний кинетики
	<b>ИД-3</b> ОПК-1 использует механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах	<b>Пороговый уровень овладел:</b> понятийным аппаратом и теоретическими представлениями в области химии и гетерогенного катализа; понятийным аппаратом и теоретическими представлениями в области химии и гетерогенного катализа

	различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	<b>Повышенный уровень</b> овладел: приемами использования методов математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности; приемами постановки задачи кинетического описания каталитических реакций
--	--	--

#### 4. Объем учебной дисциплины (модуля) и формы контроля \*

Объем занятий:	З.е.	Астр. ч.	Из них в форме практической подготовки
Всего:	4	108	6
Из них аудиторных:	4	40,5	6
Лекций		27	
Лабораторных работ		-	
Практических занятий		13,5	6
Самостоятельной работы		47,25	
Формы контроля:			
Экзамен		20,25	

\* Дисциплина (модуль) предусматривает применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (если иное не установлено образовательным стандартом)

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Раздел (тема) дисциплины	Реализуемые компетенции, индикаторы	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Групповые консультации	
6 семестр							
1	Адсорбционные процессы.	ИД-1 ОПК-1 ИД-2 ОПК-1 ИД-3 ОПК-1	7,5				47,25
2	Катализ.	ИД-1 ОПК-1 ИД-2 ОПК-1 ИД-3 ОПК-1	7,5	4,5			
3	Основы синтеза катализаторов.	ИД-1 ОПК-1 ИД-2 ОПК-1 ИД-3 ОПК-1	4,5				
4	Промышленные ката-	ИД-1 ОПК-1 ИД-2 ОПК-1	7,5	9,0			

	лизаторы.	ИД-3 ОПК-1					
	ИТОГО за 6 семестр		27	13,5			47,25
	ИТОГО		27	13,5			47,25

## 5.2 Наименование и содержание лекций

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
6 семестр			
1	Адсорбционные процессы. Адсорбция как физическое явление. Адсорбция: определение, виды, природа адсорбционных сил. Центры адсорбции. Количественная характеристика адсорбции. Основные теории адсорбции газов на твердых адсорбентах.	1,5	
1	Адсорбционные процессы. Практическое применение адсорбции. Адсорбция на границе раздела «раствор – газ». Практическое применение адсорбции газов на твердых адсорбентах в химической технологии и охране окружающей среды.	1,5	
1	Адсорбционные процессы. Практическое применение адсорбции. Адсорбция на границе раздела «твердый адсорбент – раствор». Молекулярная адсорбция на границе раздела «твердый адсорбент-раствор». Влияние на молекулярную адсорбцию природы растворителя, температуры, природы и пористости адсорбента. Адсорбция растворов сильных электролитов. Лиотропные ряды. Правила Пескова-Фаянса. Обменная адсорбция. Катиониты. Аниониты.	1,5	
1	Адсорбционные процессы. Изотерма адсорбции. Уравнение Фрейндлиха и его решение. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра: анализ и решение уравнения Ленгмюра. Теория полимолекулярной адсорбции: уравнение Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ); анализ и решение уравнения (БЭТ). Расчет удельной поверхности адсорбента. Капиллярная конденсация. Изучение пористой структуры твердых адсорбентов. Теория объемного заполнения пор.	1,5	
1	Адсорбционные процессы. Адсорбционные процессы в химической технологии. Стадии процесса адсорбции; регенерация и реактивация адсорбентов. Циклограммы. Схема адсорбционных процессов с двумя и тремя адсорберами. Адсорбенты. Промышленные адсорбенты: активированный уголь, силикагель, цеолиты. Получение, свойства применение.	1,5	
2	Катализ. Сущность и виды катализа. Принципы каталитического действия. Особенности кинетики ка-	1,5	

	талитических реакций. Энергия активации каталитических реакций.		
2	Катализ. Гетерогенный катализ. Кинетические особенности гетерогенного катализа. Элементарные стадии гетерогенного катализа: внешнекинетическая, внутрикинетическая внутридиффузионная, внешнедиффузионная.	1,5	
2	Катализ. Основные теории гетерогенного катализа: мультиплетная теория Баландина; теория активных ансамблей Н.И.Кобозева; статистическая теория С.З.Рогинского.	1,5	
2	Катализ. Основные теории гетерогенного катализа: электронная теория Ф.Ф.Волькенштейна; радикальная или цепная теория Н.Н. Семенова и В.В. Воеводского. Предвидение каталитической активности.	1,5	
2	Катализ. Гомогенный катализ. Виды гомогенного катализа: кислотно-основной, окислительно-восстановительный, ферментативный. Теория гомогенного катализа Шпитальского Е.И., Кобозева Н.И. Промышленное применение и перспективы развития гомогенного катализа.	1,5	
3	Основы синтеза катализаторов. Основы синтеза катализаторов. Основные технологические характеристики твердых катализаторов: активность, селективность, температура зажигания, механическая прочность, термостойкость, стабильность. Пористая и кристаллическая структура катализаторов.	1,5	
3	Основы синтеза катализаторов. Выбор оптимального состава контактных масс. Влияние посторонних примесей на активность катализатора и его физические свойства: активаторы, носители, каталитические яды.	1,5	
3	Основы синтеза катализаторов. Промышленные катализаторы. Классификация промышленных катализаторов. Промышленное использование катализаторов основных химических производств	1,5	
4	Промышленные катализаторы. Классификация промышленных катализаторов. Промышленное использование катализаторов основных химических производств.	1,5	
4	Промышленные катализаторы. Катализаторы гидрирования сернистых соединений. Катализаторы паровой и паровоздушной конверсии метана.	1,5	
4	Промышленные катализаторы. Катализаторы среднетемпературной конверсии СО. Катализаторы гидрирования кислородосодержащих соединений.	1,5	
4	Промышленные катализаторы. Катализаторы синтеза аммиака. Катализаторы контактного окисления аммиака.	1,5	
4	Промышленные катализаторы. Катализаторы восстановления оксидов азота. Катализаторы синтеза метанола.	1,5	
	Итого за 6 семестр	27	

	Итого	27	
--	-------	----	--

### 5.3 Наименование лабораторных работ

Данный вид работ не предусмотрен учебным планом.

### 5.4 Наименование практических занятий

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
6 семестр			
2	Катализ.		
2	Практическое занятие. Основные понятия гетерогенного катализа и механизм его протекания	1,5	Решение проблемных и разноуровневых задач
2	Практическое занятие. Теории гетерогенного катализа	1,5	
2	Практическое занятие. Взаимодействие катализаторов с реакционной средой. Отравление катализатора	1,5	Решение проблемных и разноуровневых задач
4	Промышленные катализаторы.		
4	Практическое занятие. Основы синтеза катализаторов	1,5	
4	Практическое занятие. Классификация катализаторов	1,5	
4	Практическое занятие. Основные виды носителей гетерогенных каталитических систем	1,5	Решение проблемных и разноуровневых задач
4	Практическое занятие. Общие сведения о цеолитах. Природа каталитической активности цеолитов	1,5	
4	Практическое занятие. Методы исследования катализаторов и контроль качества	1,5	
4	Практическое занятие. Основные каталитические процессы и катализаторы, применяемые в них. Каталитический риформинг	1,5	Решение проблемных и разноуровневых задач
4	Практическое занятие. Методы исследования технологических характеристик катализаторов.	1,5	
Итого за 6 семестр		13,5	6
Итого		13,5	6

### 5.5 Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
<b>6 семестр</b>					
ОПК-1	Подготовка к практическому занятию	Собеседование	2,57	0,14	2,70
ОПК-1	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	42,32	2,23	44,55
ОПК-1	Подготовка к экзамену	Вопросы к экзамену	18,75	1,5	20,25
Итого за 6 семестр			63,64	3,86	67,50
Итого			63,64	3,86	67,50

## **6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) **Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов** базируется на перечне осваиваемых компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля). ФОС обеспечивает объективный контроль достижения запланированных результатов обучения. ФОС включает в себя:

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и уровня овладения формируемыми компетенциями в процессе освоения дисциплины (модуля).

ФОС является приложением к данной программе дисциплины (модуля).

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина (модуль) построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершённый раздел.

Лекционный материал посвящен рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Родин, В. В.; Физическая и Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов Электронный ресурс : Учебное пособие / В. В. Родин, Э. В. Горчаков, В. А. Оробец. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС, 2013. - 156 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-9596-0938-2
2. Терзиян, Т. В. Физическая и Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов : учебное пособие / Т.В. Терзиян. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2012. - 108 с. - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 978-5-7996-0789-0

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Де Векки А.В. Катализ. Теория и практика./ А.В. Де Векки. – СПб.: ООО НПО «Профессионал». 2010 - 504 с.
2. Романовский, Б.В. Основы катализа/ учебн. пособие / Романовский Б.В.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 - 172 с.

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

- 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ, ПРОВОДИМЫМ В ИНТЕРАКТИВНОЙ ФОРМЕ ОБУЧЕНИЯ по направлениям подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 18.03.01 Химическая технология 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств (магистратура), 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии / сост.: М.В. Должикова, А.А. Евдокимов, Е.Н. Павленко, А.И. Колдаев, А.В. Пашковский, Т.С. Чередниченко. – Невинномысск: НТИ (филиал) СКФУ, 2022. – 45 с.
- 2 Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине "Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов" для студентов очной формы обучения, направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Вернигорова Е.В., г. Невинномысск, 2022.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование
- 6 <http://ecograde.bio.msu.ru> – Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования»



**9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

При чтении лекций используется компьютерная техника, демонстрации презентационных мультимедийных материалов. На семинарских и практических занятиях студенты представляют презентации, подготовленные ими в часы самостоятельной работы.

Информационные справочные системы:

Информационно-справочные и информационно-правовые системы, используемые при изучении дисциплины:

1	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> — единое окно доступа к образовательным ресурсам.
2	<a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
3	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> — ЭБС.

Программное обеспечение:

1	Microsoft Windows 7 Профессиональная Программа DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years), Сублицензионный договор №55986/ПНД5195 от 01.09.2016. Microsoft Office стандартный 2013 OPEN 91904295ZZE1505, 61907927 Дата окончания OPEN 99634054ZZE2002 Open License 69398326 2020-02-29
---	---

**10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекционные занятия	Учебная аудитория № 414 для проведения практических занятий «Учебная аудитория».	Доска меловая – 1 шт., стол преподавателя – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., кафедра – 1 шт., ученический стол-парта – 16 шт., демонстрационное оборудование: проектор переносной, экран, ноутбук.
Практические занятия	Учебная аудитория № 414 для проведения практических занятий «Учебная аудитория».	Доска меловая – 1 шт., стол преподавателя – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., кафедра – 1 шт., ученический стол-парта – 16 шт., демонстрационное оборудование: проектор переносной, экран, ноутбук.
Самостоятельная работа	Аудитория № 319 «Помещение для самостоятельной работы обучающихся»	Доска меловая – 1 шт., стол преподавателя – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., стол ученический (3х-местный) – 4 шт., стул офисный – 22 шт., стол компьютерный – 9 шт., АРМ с выходом в Интернет – 6 шт., стул компьютерный – 9 шт., шкаф встроенный – 2 шт., шкаф-стеллаж – 1 шт., демонстрационное оборудование: проектор переносной, экран, ноутбук.

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде. Специализированная мебель и технические средства обучения, служащие для представления учебной информации.

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, лабораторной, научно-исследовательской работы обучающихся (переносной ноутбук, переносной проектор, компьютеры с необходимым программным обеспечением и выходом в интернет).

#### **11. Особенности освоения дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а также в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,

- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),

- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,

- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.