

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Заболотный, Глеб Иванович

Должность: Директор филиала

Дата подписания: 23.08.2023 16:11:56

Уникальный программный ключ:

476db7d4accb36ef8130172be235477473d63457266ce26b7e9e40f733b8b08

**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Самарский государственный технический университет»**

(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор филиала ФГБОУ ВО  
"СамГТУ" в г. Новокуйбышевске

\_\_\_\_\_ / Г.И. Заболотни

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Б1.В.ДВ.01.01 «Катализ и катализаторы в химической технологии»

<b>Код и направление подготовки (специальность)</b>	18.04.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Технология химических производств
<b>Квалификация</b>	Магистр
<b>Форма обучения</b>	Очно-Заочная
<b>Год начала подготовки</b>	2021
<b>Институт / факультет</b>	Кафедры филиала ФГБОУ ВО "СамГТУ" в г. Новокуйбышевске
<b>Выпускающая кафедра</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Кафедра-разработчик</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Объем дисциплины, ч. / з.е.</b>	72 / 2
<b>Форма контроля (промежуточная аттестация)</b>	Зачет

## **Б1.В.ДВ.01.01 «Катализ и катализаторы в химической технологии»**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **18.04.01 Химическая технология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 910 от 07.08.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат химических  
наук

(должность, степень, ученое звание)

О.В Хабибрахманова

(ФИО)

Заведующий кафедрой

О.В. Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

(ФИО, степень, ученое звание)

## **СОГЛАСОВАНО:**

Председатель методического совета  
факультета / института (или учебно-  
методической комиссии)

О.В Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

(ФИО, степень, ученое звание)

Руководитель образовательной  
программы

О.В. Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

(ФИО, степень, ученое звание)

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий .....	5
4.1 Содержание лекционных занятий .....	6
4.2 Содержание лабораторных занятий .....	7
4.3 Содержание практических занятий .....	7
4.4. Содержание самостоятельной работы .....	8
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) .....	9
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения .....	10
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем .....	10
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....	11
9. Методические материалы .....	12
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) .....	13

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

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-4 Способен осуществлять обеспечение и контроль соблюдения технологии производства	ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	Владеть навыками проведения каталитических процессов в соответствии с технологическим регламентом на производство продукции
			Знать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач в области каталитических процессов химической технологии; ассортимент применяемых катализаторов и их свойства; типовые каталитические процессы химической технологии и нефтепереработки
			Уметь осуществлять контроль выполнения технологических регламентов каталитических процессов

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

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины

ПК-4	Современные методы контроля качества продуктов основного органического и нефтехимического синтеза; Современные технологии массообменных и абсорбционных процессов в химической технологии; Химия и технология получения спецпродуктов нефтепереработки и нефтехимии	Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика; Процессы гетерогенного катализа в процессах переработки нефти и органического синтеза	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика
------	---	---	--

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	4 семестр часов / часов в электронной форме
<b>Аудиторная контактная работа (всего),</b> в том числе:	24	24
Лабораторные работы	8	8
Лекции	8	8
Практические занятия	8	8
<b>Самостоятельная работа (всего),</b> в том числе:	48	48
подготовка к зачету	8	8
подготовка к лабораторным работам	8	8
подготовка к практическим занятиям	8	8
составление конспектов	24	24
<b>Итого: час</b>	72	72
<b>Итого: з.е.</b>	2	2

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

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Виды катализа	4	4	4	20	32
2	Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	4	4	4	28	40

		<b>Итого</b>	8	8	8	48	72
--	--	--------------	---	---	---	----	----

#### 4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
<b>4 семестр</b>				
1	Виды катализа	Схемы каталитических реакций	Общие закономерности катализа. Катализ и катализаторы. Промоторы, носители, каталитические яды. Внешние проявления каталитических эффектов в области стехиометрии и механизма, энергетических эффектов и характеристик, кинетике химических превращений. Условия проявления каталитических эффектов. Ограничения явления катализа. Схемы каталитических реакций. Каталитические циклы. Каталитическая активность и способы ее количественного выражения. Методы измерения активности. Теоретические модели катализа. Корреляции каталитических свойств веществ с их химическим составом и строением. Методы рационального подбора катализаторов.	2
2	Виды катализа	Виды катализа и типы катализаторов	Гомогенный и гетерогенный катализ. Типы гетерогенных катализаторов, их особенности. Ферментативный, мицеллярный и межфазный катализ. Химический синтез, введение добавок (промотеры, сокатализаторы, протекторы). Синтез оксидных и смешанных катализаторов. Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения. Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения	2
3	Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Основные каталитические процессы	Основные каталитические процессы нефтепереработки. КГидрирование жиров. Селективное гидрирование ацетилена. Гидрирование нитробензола в анилин. Асимметрическое гидрирование. Требования к катализатору. Реакции, протекающие при риформинге. Гидрокрекинг углеводородов	2

4	Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Изомеризация алканов. Алкилирование углеводородов	Катализаторы изомеризации. Механизм. Гомогенные, гетерогенные катализаторы алкилирования. Технология процессов изомеризации, алкилирования. Основные параметры процесса изомеризации углеводородов. Катализаторы скелетной изомеризации алканов. Химизм процесса алкилирования, механизм реакции. Влияние условий на эффективность проведения процесса. Исследование влияния фазовых переходов на процесс алкилирования. Кинетическая модель процесса алкилирования изобутана олефинами	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>8</b>
<b>Итого:</b>				<b>8</b>

#### 4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лабораторного занятия	Содержание лабораторного занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
<b>4 семестр</b>				
1	Виды катализа	Каталитические реакции	Явление катализа и основные особенности каталитических реакций. Сравнение активности различных катализаторов в реакции разложения пероксида водорода.	2
2	Виды катализа	Каталитические реакции	Классификация каталитических процессов. Селективность катализаторов. Каталитическая активность катализатора	2
3	Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Приготовление катализатора методом пропитки	Основные этапы и методы приготовления катализаторов. Выбор и подготовка исходных веществ. Методы синтеза катализаторов. Носители для катализаторов	2
4	Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Приготовление катализатора методом пропитки	Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки. Получение катализаторов нанесением активного компонента на носитель. Выбор режима сушки и активации катализатора	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>8</b>
<b>Итого:</b>				<b>8</b>

#### 4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
<b>4 семестр</b>				
1	Виды катализа	Гомогенный катализ	Основы гомогенного катализа. Каталитическое ускорение реакции разложения. Гомолитический процесс гомогенного окисления. Гомогенный окислительно-восстановительный катализ. Решение задач	2
2	Виды катализа	Гетерогенный катализ	Основы гетерогенного катализа. Классификация гетерогенных процессов по типу межфазной поверхности. Типы гетерогенных катализаторов, их особенности. Механизм гетерогенного катализа. Требования к гетерогенным катализаторам. Решение задач	2
3	Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Влияние активности и селективности катализаторов на глубину превращения и выход целевых продуктов	Факторы, определяющие глубину каталитических превращений. Активность, селективность, регенерируемость, стабильность свойств катализаторов. Суммарная скорость каталитического процесса. Преимущества использования высокоселективных катализаторов. Отравление катализаторов и устойчивость к контактными ядам. Влияние содержания примесей. Факторы, определяющие активность промышленных катализаторов	2
4	Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Основные промышленные каталитические процессы	Реакция каталитического крекинга: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса. Технологические параметры процесса. Целевые продукты. Структурная схема производства. Реакция изомеризации линейных алканов: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса. Целевые продукты. Технологические параметры процесса. Структурная схема производства	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>8</b>
<b>Итого:</b>				<b>8</b>

#### 4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
<b>4 семестр</b>			



Виды катализа	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Классификация катализа Основные параметры катализаторов. Активные центры катализаторов. Промотирование катализаторов. Структурные и энергетические факторы в катализе. Носители гетерогенных катализаторов. Методы приготовления катализаторов. Синтез оксидных и смешанных катализаторов. Ферментативные и металлокомплексные катализаторы. Актуальные направления развития каталитической химии. Подготовка к зачету по вопросам раздела.	12
Виды катализа	Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	Изучение теоретического материала по теме проведения лабораторной работы или практического занятия, оформление отчета	8
Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Основные каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии. Перспективы развития каталитических процессов. Используемые промышленные катализаторы. Роль катализа в экологии. Подготовка к зачету по вопросам раздела.	20
Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии	Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	Изучение теоретического материала по теме проведения лабораторной работы или практического занятия, оформление отчета	8
<b>Итого за семестр:</b>			<b>48</b>
<b>Итого:</b>			<b>48</b>

### 5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Библиографическое описание	Ресурс НТБ СамГТУ (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Катализ в нефтепереработке и нефтехимии : курс лекций / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология переработки нефти и газа; сост. Н. Н. Томина.- Самара, 2014.- 97 с.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 2165">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 2165</a>	Электронный ресурс
2	Катализ в органической технологии; Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 79299">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 79299</a>	Электронный ресурс

3	Катализ в химической технологии неорганических веществ; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  116563">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  116563</a>	Электронный ресурс
4	Каталитические процессы нефтехимии и нефтепереработки; Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  100689">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  100689</a>	Электронный ресурс
<b>Дополнительная литература</b>		
5	Заботин, Л.И. Каталитический риформинг : учеб. пособие / Л. И. Заботин, Е. А. Андреев; Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология переработки нефти и газа.- Самара, 2009.- 52 с.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  410">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  410</a>	Электронный ресурс
6	Методические указания к самостоятельной работе магистров по дисциплине «Кинетика и катализ в нефтепереработке и нефтехимии» для направления 18.04.01 (240100.68) Химическая технология : метод. указания / Самар.гос.техн.ун-т, Технология органического и нефтеорганического синтеза; сост. С. В. Леванова.- Самара, 2014.- 39 с.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2161">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2161</a>	Электронный ресурс
7	Методы исследования каталитических свойств гетерогенных катализаторов; Издательский Дом Томского государственного университета, 2017.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  109038">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  109038</a>	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ ([elib.samgtu.ru](http://elib.samgtu.ru)) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

## **6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения**

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Производитель</b>	<b>Способ распространения</b>
1	Microsoft Windows 8.1 Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Office 2013	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
3	Программное обеспечение «Антиплагиат. Эксперт»	АО «Антиплагиат» (Отечественный)	Лицензионное
4	Антивирус Kaspersky EndPoint Security	«Лаборатории Касперского» (Отечественный)	Лицензионное

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	РОСПАТЕНТ	<a href="http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru">http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru</a>	Ресурсы открытого доступа
2	Консультант плюс	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>	Ресурсы открытого доступа
3	Нефтепереработка и нефтехимия. Электронная библиотека.	<a href="http://oilr.ru/">http://oilr.ru/</a>	Ресурсы открытого доступа
4	Сайт, посвященный добыче, переработке нефти и тенденциях развития нефтепереработки в РФ. Справочная, экономическая и другая информация.	<a href="http://vseonefti.ru">http://vseonefti.ru</a>	Ресурсы открытого доступа
5	Scopus - база данных рефератов и цитирования	<a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>	Зарубежные базы данных ограниченного доступа

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

### Лекционные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования, учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории, набор демонстрационного оборудования: экран, проектор, переносной ноутбук.

Набор учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин: комплект плакатов «Химия» 560x800 мм.

Специализированная мебель: 27 ученических парт, стол и стул для преподавателя, тумба, доска.

### Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории, набор демонстрационного оборудования: экран, проектор, переносной ноутбук.

Набор учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин: комплект плакатов «Химия» 560x800 мм.

Специализированная мебель: 14 ученических столов, 28 ученических стульев, стол и стул для преподавателя, доска.

### Лабораторные занятия

Лаборатория №8 «Органическая химия».

Лаборатория оснащена оборудованием: сушильным электрошкафом, приборами для определения температуры плавления, весами аналитическими, электроплитками лабораторными, терморегуляторами, штативами лабораторными, магнитными мешалками: с подогревом, верхнеприводными мешалками насосом вакуумным, баня 2-хместная, колба нагретелем.

Специализированная мебель: шкафы вытяжные лабораторные, лабораторные столы, столы-мойки, столы для весов, шкаф для лабораторных халатов, шкафы для хранения химических реактивов и химической посуды, стол и стул преподавателя; переносной ноутбук, экран.

### **Самостоятельная работа**

Помещение для самостоятельной работы оснащено компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду СамГТУ и специализированной мебелью.

## **9. Методические материалы**

### **Методические рекомендации при работе на лекции**

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

### **Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии**

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний

находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

## Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимся выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

## Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

## 10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины  
Б1.В.ДВ.01.01 «Катализ и катализаторы в  
химической технологии»

**Фонд оценочных средств  
по дисциплине  
Б1.В.ДВ.01.01 «Катализ и катализаторы в химической технологии»**

<b>Код и направление подготовки (специальность)</b>	18.04.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Технология химических производств
<b>Квалификация</b>	Магистр
<b>Форма обучения</b>	Очно-Заочная
<b>Год начала подготовки</b>	2021
<b>Институт / факультет</b>	Кафедры филиала ФГБОУ ВО "СамГТУ" в г. Новокуйбышевске
<b>Выпускающая кафедра</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Кафедра-разработчик</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Объем дисциплины, ч. / з.е.</b>	72 / 2
<b>Форма контроля (промежуточная аттестация)</b>	Зачет

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной  
программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-4 Способен осуществлять обеспечение и контроль соблюдения технологии производства	ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	Владеть навыками проведения каталитических процессов в соответствии с технологическим регламентом на производство продукции
			Знать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач в области каталитических процессов химической технологии; ассортимент применяемых катализаторов и их свойства; типовые каталитические процессы химической технологии и нефтепереработки
			Уметь осуществлять контроль выполнения технологических регламентов каталитических процессов

**Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения**

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
<b>Виды катализа</b>				
ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	<b>Уметь</b> осуществлять контроль выполнения технологических регламентов каталитических процессов	Отчет по практическим занятиям	Да	Нет
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет

	<b>Владеть</b> навыками проведения каталитических процессов в соответствии с технологическим регламентом на производство продукции	Отчет по практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Знать</b> математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач в области каталитических процессов химической технологии; ассортимент применяемых катализаторов и их свойства; типовые каталитические процессы химической технологии и нефтепереработки	Вопросы к зачету	Нет	Да
<b>Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии</b>				
ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	<b>Владеть</b> навыками проведения каталитических процессов в соответствии с технологическим регламентом на производство продукции	Отчет по практическим занятиям	Да	Нет
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет
	<b>Знать</b> математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач в области каталитических процессов химической технологии; ассортимент применяемых катализаторов и их свойства; типовые каталитические процессы химической технологии и нефтепереработки	Вопросы к зачету	Нет	Да
		<b>Уметь</b> осуществлять контроль выполнения технологических регламентов каталитических процессов	Отчет по практическим занятиям	Да
	отчет по лабораторным работам		Да	Нет



**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**Формы текущего контроля успеваемости**

**Примерные вопросы к лабораторным работам**

**Лабораторная работа № 1-2 «Каталитические реакции»**

1. Дайте определения понятиям «катализ», «катализатор», «ингибитор».
2. Как влияет катализатор на равновесие? Можно ли, подбирая катализатор, изменить направление реакции?
3. Классификация каталитических процессов
4. Селективность катализаторов
5. Каталитическая активность катализатора. Влияние на каталитическую активность степени дисперсности катализатора, присутствия посторонних веществ, температуры, давления
6. Способен ли катализатор вызвать реакцию или он ее только ускоряет?
7. Через какой кинетический параметр влияет катализатор на скорость реакции?
8. Подсчитайте, используя уравнение Аррениуса, во сколько раз увеличивается скорость разложения пероксида водорода при снижении энергии активации реакции с 75,6 кДж/моль – в отсутствие катализатора, до 54,6 кДж/моль в присутствии ионов железа (III).
9. Укажите отличительные особенности гомогенного и гетерогенного катализа
10. Может ли катализатор влиять на состояние химического равновесия в соответствии с принципом Ле Шателье?

**Лабораторная работа № 3-4 «Приготовление катализатора методом пропитки»**

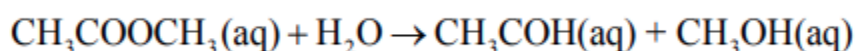
1. Назовите известные вам методы получения катализаторов
2. В чем заключается получение катализатора методом пропитки?
3. Назовите стадии технологии приготовления катализатора методом пропитки
4. Как осуществляется выбор режима сушки и активации катализатора?
5. Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки
6. Преимущества получения катализаторов нанесением активного компонента на носитель
7. Метод пропитки по влагеёмкости
8. Влияние числа пропиток на содержание активных компонентов в катализаторе
9. От чего зависит скорость капиллярной пропитки?
10. Способы интенсификации капиллярной пропитки

**Примерные вопросы к практическим занятиям**

**Практическое занятие №1 «Гомогенный катализ»**

1. Поясните термины «гомолитический процесс гомогенного окисления» и «гетеролитический процесс гомогенного окисления». Приведите примеры таких процессов.

2. Приведите примеры реакций, относящихся к гомогенному окислительно-восстановительному катализу а) в растворе, б) в газовой фазе.
3. Опишите кинетику реакции специфического кислотного катализа в квазиравновесном приближении. Выразите скорость образования продукта через: а) текущую, б) исходную концентрацию субстрата. Коэффициенты активности принять равными единице.
4. Присутствие катализатора позволяет уменьшить энергию активации химического процесса, реализуемого при температуре 500 °С, от 50 до 35 кДж. А) во сколько раз увеличится скорость каталитической реакции по сравнению с некаталитической, полагая, что все другие факторы скорости реакции остаются неизменными?  
Б) при какой температуре каталитическая реакция протекала бы с такой же скоростью, что и некаталитическая при 500 °С?
5. Химическая реакция



катализируется ионами  $\text{H}^+$ . Экспериментально установлено, что наблюдаемая (эффективная) константа скорости связана с константой скорости некаталитического процесса соотношением:

$$k_{\text{эф}} = k(c_{\text{H}^+})^n$$

Опытные данные следующие:

$k_{\text{эф}} \cdot 10^4, \text{с}^{-1}$	0,108	0,585	1,000	2,682	3,469
$c_{\text{HCl}}, \text{моль/дм}^3$	0,1005	0,5024	0,8275	1,8000	2,4290

Определите  $k$  и  $n$  для этой каталитической реакции.

### Практическое занятие № 2 «Гетерогенный катализ»

1. Определить порядок гетерогенной каталитической реакции разложения озона на поверхности активированного угля при малых давлениях, если адсорбция озона протекает:

- 1) без диссоциации;
- 2) с диссоциацией на  $\text{O}$  и  $\text{O}_2$ ;
- 3) с диссоциацией на  $\text{O} + \text{O} + \text{O}$ ?

Принять, что продукты реакции не адсорбируются активированным углем, а адсорбция озона описывается изотермой Лэнгмюра.

2. При температуре 165 °С исследовалась кинетика окисления монооксида углерода на  $\text{Co}$ -содержащем цеолите ZSM-5. Установлено, что в реакции окисления участвует кислород, адсорбированный на поверхности катализатора. При увеличении содержания кислорода в реагирующей смеси порядок реакции по кислороду меняется от +1 до -1.

Зависимость отношения

$$\frac{c_{\text{O}_2}}{v} \text{ от } c_{\text{O}_2}/c_{\text{CO}}$$

имеет вид прямой линии ( $y = a + bx$ ) с постоянными коэффициентами, которые равны:

$$a_1 = 1,29 \cdot 10^4 \quad \text{и} \quad b_1 = 1,16 \cdot 10^3$$

Зависимость отношения

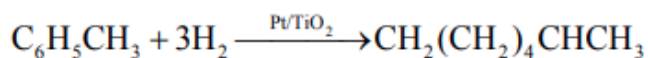
$$\frac{c_{\text{CO}}}{v} \text{ от } c_{\text{CO}}/c_{\text{O}_2}$$

тоже имеет вид прямой с постоянными коэффициентами, которые равны:

$$a_2 = 1,04 \cdot 10^3 \text{ и } b_2 = 1,49 \cdot 10^4$$

Рассмотреть возможные механизмы реакции и рассчитать эффективную константу скорости.

3. Изучалась кинетика гидрирования толуола на катализаторе Pt/SiO<sub>2</sub>:



Реакция протекает в интервале средних заполнений поверхности катализатора толуолом. Установлено, что лимитирующей стадией процесса является присоединение второй молекулы водорода к толуолу.

$P_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3} \cdot 10^{-3}, \text{ Па}$	2,0	5,0	7,5	9,0	3,0	6,0	9,0	11,0
$P_{\text{H}_2} \cdot 10^{-4}, \text{ Па}$	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	8,0	8,0	8,0
$v_{\text{эсп}} \cdot 10^3, \text{ моль/(ч г[кат.])}$	12,7	21,7	24,8	25,7	19,8	29,3	33,9	35,4

Используя экспериментальные данные, покажите, что скорость процесса может быть описана уравнением:

$$v = k_{\text{эф}} \frac{P_{\text{H}_2} P_{\text{C}_6\text{H}_6}}{P_{\text{H}_2}^{1/2} + b_1 P_{\text{H}_2} + b_2 P_{\text{C}_6\text{H}_6}}$$

Определите постоянные в кинетическом уравнении.

### Практическое занятие № 3 «Влияние активности и селективности катализаторов на глубину превращения и выход целевых продуктов»

1. Основные факторы, определяющие глубину каталитических превращений
2. Дайте определения понятиям активность, селективность, регенерируемость, стабильность свойств катализаторов
3. Как определяется суммарная скорость каталитического процесса?
4. Преимущества использования высокоселективных катализаторов
5. Отравление катализаторов и устойчивость к контактными ядам
6. Влияние содержания примесей. Факторы, определяющие активность промышленных катализаторов.

### Практическое занятие № 4 «Основные промышленные каталитические процессы»

1. Каталитические процессы в нефтепереработке. Реакция каталитического крекинга: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса. Структурная схема производства.
2. Реакция изомеризации линейных алканов: катализаторы, технологическое оформление и механизм процесса. Структурная схема производства.
3. Каталитическая нейтрализация выхлопных газов автотранспорта. Реакции и катализаторы. Окисление СО и механизм реакции на Pt и оксидном катализаторах. Окисление углеводородов.

## Формы промежуточной аттестации

### Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачет)

1. Понятие о катализе и катализаторах. Три области катализа.
2. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы
3. Технологическая схема каталитического производства. Основные признаки для катализаторов и каталитических процессов
4. Важнейшие производители катализаторов в России. Специфические требования, предъявляемые к катализаторам
5. Интенсивность катализатора
6. Активность катализатора
7. Процессы, протекающие на твердых катализаторах. Области протекания гетерогенных каталитических процессов
8. Факторы, определяющие активность промышленных катализаторов. Селективность катализатора. Факторы, оказывающие влияние на селективность катализатора
9. Гомогенные и гетерогенные системы
10. Требования, предъявляемые к катализатору
11. Текстурные характеристики катализатора. Агрегаты. Агломераты. Признаки пористых тел
12. Каталитические яды. Влияние содержания примесей. Факторы, определяющие активность промышленных катализаторов
13. Цеолиты. Типы цеолитов. Классификация цеолитов
14. Схема ионного обмена в цеолите. Применение цеолитов
15. Методы приготовления гетерогенных катализаторов
16. Отдельные представители промышленных катализаторов. Катализаторы окисления в производстве серной кислоты. Катализаторы синтеза и окисления аммиака.
17. Каталитическая очистка от вредных газов
18. Исследование структуры катализаторов. Методы определения поверхности катализаторов (объёмные, весовые, кинетические). Определение плотности, механической прочности катализаторов
19. Причины снижения каталитического действия катализаторов. Спекание. Блокировка. Отравление. Регенерация контактных масс
20. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе. Подбор катализаторов
21. Получение катализаторов методом осаждения. Основные положения
22. Получение катализаторов методом пропитки. Основные положения
23. Получение катализаторов методом смешения. Основные положения
24. Плавленные и скелетные катализаторы, их характеристика и способы производства
25. Каковы основные типы реакций в процессе каталитического риформинга?
26. Каковы основные типы реакций в процессе каталитического крекинга?
27. Каталитическое гидрирование. Механизм гидрирования олефинов на металлах

## Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Оценивание знаний, умений, навыков и опыта деятельности проводятся на основе сведений, приводимых в матрице соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения.

Цель текущего контроля успеваемости по учебным дисциплинам в семестре – проверка приобретаемых обучающимися знаний, умений, навыков в контексте формирования установленных образовательной программой компетенций в течение семестра. Текущий контроль осуществляется через систему оценки преподавателем всех видов работ обучающихся, предусмотренных рабочей программой дисциплины и учебным планом.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание результатов освоения дисциплины посредством испытания в форме экзамена (зачета). Промежуточная аттестация проводится в конце изучения дисциплины.

Разработанный фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации используется для осуществления контрольно-измерительных мероприятий и выработки обоснованных управляющих и корректирующих действий в процессе приобретения обучающимися необходимых знаний, умений и навыков, формирования соответствующих компетенций в результате освоения дисциплины.

Учебная дисциплина как правило формирует несколько компетенций, процедура оценивания представлена в таблице:

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Виды выставляемых оценок
1	Отчет по практическим	Систематически в соответствии с расписанием занятий, письменно	зачет/незачет
2	Отчет по лабораторным работам	Систематически в соответствии с расписанием занятий, письменно	зачет/незачет
3	Зачет	На этапе промежуточной аттестации	зачет/незачет

На этапе промежуточной аттестации (зачет) используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить сформированность планируемых результатов обучения (дескрипторов), а также уровень освоения материала обучающимися.

**Форма оценки знаний (зачет):** «Зачет»; «Незачет».

### Шкала оценивания:

**«Зачет»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается не ниже «удовлетворительно» при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

**«Незачет»** – выставляется, если при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

На этапе промежуточной аттестации (экзамен) используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить сформированность планируемых результатов обучения, а также уровень освоения материала обучающимися.

**Форма оценки знаний (пятибалльная шкала):** оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно».

**Шкала оценивания:**

**«Отлично»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

**«Хорошо»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно», допускается оценка «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

**«Удовлетворительно»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

**«Неудовлетворительно»** – выставляется, если при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность. Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Оценка «Удовлетворительно» по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин

Лабораторные работы и практические занятия оцениваются: «зачет», «незачет». Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.