

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.Б.04
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Катализ в химической технологии

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
18.04.01 Химическая технология

направленность (профиль)
Рациональное использование природных и сырьевых ресурсов в химической технологии и
нефтехимии

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Общая трудоемкость: 5 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	1	Итого
Форма контроля	Зачет	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные		
Практические	48	48
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	64,25	64,25
Самостоятельная работа	115,75	115,75
Контроль		
Итого	180	180

Рабочую программу составил(и):

Доцент, доцент, к.х.н. Орлов Ю.Н.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 18.04.01 Химическая технология

Срок действия рабочей программы дисциплины до «___» _____ 20__ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

«Химическая технология и ресурсосбережение»

«___» _____ 20__ г.

(подпись)

М.В.Кравцова
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 2 от «19 » сентября 2019 г.).

Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:

Протокол заседания кафедры «Химическая технология и ресурсосбережение» № 9 от 12 марта 2020 г.

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов базы теоретических знаний и навыков практических расчётов в области процессов и аппаратов химических и нефтехимических предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: Современные методы контроля качества продуктов основного органического и нефтехимического синтеза.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Методы оптимизации ресурсосберегающих процессов в нефтехимии и химической технологии; Рациональное использование природных и сырьевых ресурсов в химической технологии и нефтехимии.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	-	Знать: современные естественнонаучные теории; современные методы анализа, органического и нефтехимического синтеза
		Уметь: обобщать, анализировать, воспринимать информацию в области катализа в химической технологии; ставить цель и выбирать оптимальные пути её достижения
		Владеть: методами качественного и количественного анализа многокомпонентных каталитических систем; навыками работы в аналитической лаборатории
способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей (ПК-1)	-	Знать: теоретические основы гомогенного, гетерогенного и ферментативного видов катализа, аппаратное оформление каталитических процессов.
		Уметь: проводить расчеты кинетических параметров для каталитических реакций.
		Владеть: теорией и практикой планирования эксперимента, выявления лимитирующих стадий сложного каталитического

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи (ПК-2)	-	процесса.
		Знать: правила проведения патентного поиска с выявлением наиболее близких технических решений, обработки информационных данных в виде аналитических обзоров.
		Уметь: разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск методик и средств измерения для решения научно-исследовательских задач, выполнять моделирование каталитических процессов.
способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты (ПК-3)	-	Владеть: математическим аппаратом для статистической обработки экспериментальных данных, расчета ошибок и вывода аналитических уравнений.
		Знать: устройство, назначение и принцип работы современных аналитических приборов, правила аттестации и аккредитации методик контроля.
		Уметь: профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, компьютерные программные средства для получения и обработки экспериментальных данных, определять сроки службы промышленных катализаторов.
		Владеть: методиками расчета эффективности различных каталитических систем.

4. Структура и содержание дисциплины «Катализ в химической технологии»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Термодинами- ческие и кинетические аспекты в катализе.	Лек1	Классификация каталитических процессов и оборудование для их осуществления.	1	2	-	-	
	Лек2	Требования к каталитическим системам, методы регулирования параметров катализаторов.	1	4	-	-	
	Пр1	Основы и методы построения математических моделей каталитических процессов химической технологии.	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 1
	Пр2	Моделирование кинетики гомогенных и гетерогенных каталитических реакций.	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 2
	Лек3	Основные технологические процессы, идущие с участием катализаторов.	1	2	-	-	
	Лек4	Каталитическая нейтрализация вредных выбросов химических производств.	1	2	-	-	
	СР1	Изучение теоретического материала. Подготовка отчёта по практическим занятиям	1	57,75	-	-	
	ПА	Промежуточная аттестация	1	0,25	-	-	
Модуль 2. Гетерогенный катализ в производстве	Лек5	Гетерогенный катализ. Общие положения. Практическая реализация каталитических процессов.	1	2	-	-	
	Лек6	Промышленные катализаторы для сероочистки природного газа, первичного риформинга метана в синтез-газ.	1	4	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр3	Каталитические процессы окислительного дегидрирования метанола в формальдегид.	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 3
	Пр4	Катализаторы и аппаратное оформление процесса нейтрализации дымовых газов аммиачного производства.	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 4
	Пр5	Современные технологические процессы обеззараживания формальдегидсодержащих абгазов.	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 5
	Пр6	Математическое, кинетическое и компьютерное моделирование биокаталитических процессов	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 6
	Пр7	Каталитические процессы крупнотоннажных агрегатов получения аммиака.	1	8	-	-	Отчет по практическому занятию 7
	Пр8	Процесс МТО – переработка метанола в олефины.	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 8
	Пр9	Жидкофазные каталитические процессы на примере получения уксусной кислоты.	1	8	-	-	Отчет по практическому занятию 9
	Пр10	Промышленные катализаторы полимеризации олефинов.	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию 10
	СР2	Изучение теоретического материала. Подготовка отчётов по практическим занятиям	1	58	-	-	
Итого:				180	-		

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения – организация учебного процесса в вузе, основанная на лекционно-семинарско-зачетной формах обучения. К формам обучения относятся лекции и практические занятия, самостоятельная работа. На лекциях в основном используются наглядные и словесные методы обучения, а на практических занятиях – наглядные, словесные и практические методы. Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала дисциплины с использованием лекционного курса, *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Модуль 1. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе.

Учебные вопросы.

Элементы молекулярно-кинетической теории газов. Теория активных столкновений. Мономолекулярные и бимолекулярные реакции. Основные положения в катализе. Понятия и определения. Теория промежуточных соединений в катализе.

Методические рекомендации по изучению темы.

Изучив данный модуль, студент должен:

иметь представление о современном катализе и химической кинетике, каталитических процессах, реализованных на предприятиях большой химии г. Тольятти.

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по базовым каталитическим процессам, реализованных на промышленных предприятиях г. Тольятти;
- акцентировать внимание студентов на кинетических закономерностях в катализе и роли активированного комплекса в ускорении химических реакций;
- выполнить задание по составлению принципиальной технологической схемы каталитического получения синтез-газа в трубчатом реакторе со съемом тепла реакции.
- ответить на контрольные вопросы:
 1. Классификация каталитических химических процессов.
 2. Зависимость скорости реакций от температуры. Кажущаяся энергия активации.
 3. Биокатализ.
 4. Механизм кислотно-основного катализа и его использование в промышленности.
 5. Уравнение скорости реакций и порядки реакций.
 6. Каталитические реакции и термодинамическое равновесие. Синтез аммиака.
 7. Химическое равновесие для неидеальных газов.
 8. Изотермы адсорбции Ленгмюра. Ассоциативная адсорбция. Диссоциативная адсорбция. Конкурентная адсорбция.
 9. Энтропия, автокатализ, колебательные реакции.
 10. Кинетика реакций, катализируемых энзимами.
 11. Теория переходных состояний для поверхностных реакций.
 12. Кинетика поверхностных реакций. Интермедианты в поверхностных реакциях.
 13. Микрокинетическое моделирование:
 - Схема реакции и выражение для скорости реакции;
 - Энергия активации и порядки реакции;
 - Катализатор синтеза аммиака в рабочих условиях.
 14. Химическая адсорбция в катализе. Модель Ньюиса – Андерсона.
 15. Требования, предъявляемые к эффективным катализаторам. Структура металлов, оксидов, сульфидов и их поверхностей.
 16. Технология получения нанесенных катализаторов. Соосаждение. Импрегнация. Ионный обмен.
 17. Катализаторы без носителей.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.

2. Вопросы для самостоятельной работы студентов

2.1. Аппаратурное оформление процесса конверсии низших углеводородов с водяным паром. Пассивация серой: селективное отравление катализатора меркаптанами и сульфидами.

2.2. Носители катализаторов. Кремнезем. Оксид алюминия. Углеродные носители. Формование носителей катализаторов.

2.3. Тестирование катализаторов. Десять заповедей по тестированию катализаторов. Измерение активности.

2.4. Методы исследования катализаторов.

2.5. Промоторы и ингибиторы каталитических систем.

2.6. Цеолиты в катализе.

3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим, семинарским, лабораторным работам) и выполнение соответствующих заданий;

4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.

5. Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам

6. Практическая работа с решением прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.

7. Подготовка отчетов по практическим работам.

Модуль 2. Гетерогенный катализ в производстве.

Учебные вопросы:

Гетерогенный катализ. Общие положения. Примеры каталитических промышленных процессов.

Методические рекомендации по изучению темы

Изучив данную тему, студент должен:

иметь представление о разновидностях промышленного гомогенного и гетерогенного катализа, механизме протекания ферментативного, кислотно-основного и других видов катализа, о современных теориях, объясняющих каталитические свойства соединений и их влияние на активационные параметры в уравнении Аррениуса.

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал, рассмотреть механизм конкретного каталитического процесса, его аппаратное оформление, мероприятия по обеспечению надежной эксплуатации оборудования;

- акцентировать внимание на мероприятиях по обеспечению пожарной и экологической безопасности объекта;

- выполнить задание по расчету объема загрузки катализатора, например, в трубы печи риформинга агрегата метанола;

- ответить на контрольные вопросы:

1. Процесс каталитической конверсии природного газа с водяным паром.

2. Аппаратурное оформление процесса паровой конверсии углеводородов.

3. Профилактика пожарной опасности каталитических реакторов.

4. Катализаторы для проведения процесса паровой конверсии метана.

5. Реакции с участием синтез-газа. Получение метанола. Основные понятия процесса.

6. Кинетические и термодинамические параметры получения метанола на медно-цинковом катализаторе.

7. Горизонтальный реактор крупнотоннажного агрегата метанола. Достоинства и недостатки.
8. Процесс получения жидкого топлива (реакция Фишера-Тропша).
9. Принципиальная технологическая схема получения аммиака по реакции Габера.
10. Возобновляемые источники энергии. Водород и топливные элементы.
11. Катализаторы окисления метанола в формальдегид. Конверсия и селективность процесса.
12. Технологические аспекты получения железомолибденового катализатора.
13. Катализаторы Циглера–Натта (ТИБА) в производстве синтетических каучуков.
14. Каталитический процесс получения оксида азота в ОАО «КуйбышевАзот».
15. Структура задач и мероприятий по совершенствованию эффективности катализаторов в азотной промышленности.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.
2. Вопросы для самостоятельной работы студентов
 - 2.1. Технологический регламент получения карбамидоформальдегидного концентрата в ОАО «Тольяттиазот».
 - 2.2. Промышленная утилизация отработанных катализаторов производства аммиака и метанола.
 - 2.3. Аппаратурное оформление сероочистки природного газа.
 - 2.4. Утилизация тепла каталитических экзотермических процессов.
 - 2.5. Мониторинг безаварийной эксплуатации каталитических реакторов окисления метанола в формальдегид и нейтрализации формальдегидсодержащего абгаза.
 - 2.6. Расчет предохранительной мембраны для предотвращения разрушения аппарата окисления метанола в формальдегид и возникновения пожара.
 - 2.7. Каталитическая гидроочистка нефтепродуктов.
3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим, семинарским, лабораторным работам) и выполнение соответствующих заданий;
4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.
5. Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам
6. Практическая работа с решением прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.
7. Подготовка отчетов по практическим работам.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	ОК-1	Отчёты по практическим занятиям
	ПК-1	
	ПК-2	
	ПК-3	

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Отчёт по практическому занятию

(наименование оценочного средства)

Типовые примеры заданий

Практическое занятие №1.

Основы и методы построения математических моделей каталитических процессов химической технологии.

Задание: составить термодинамическое описание энергетических барьеров некаталитической и каталитической реакций первого порядка.

В качестве базового предлагается взять уравнение Аррениуса и предложить применительно к нему термодинамическое описание энергетических барьеров некаталитической и каталитической реакций первого порядка.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №2.

Моделирование кинетики гомогенных и гетерогенных химических реакций.

Задание: составить модели кинетики гомогенных и гетерогенных химических реакций.

В качестве гомогенных химических реакций могут быть рассмотрены:

- катализируемое атомами хлора разложение озона в стратосфере;
- получение уксусной кислоты из метанола и оксида углерода в присутствии рутениевого катализатора

Примерами гетерогенных каталитических реакций могут быть рассмотрены:

- окисление метанола в муравьиную кислоту в реакторе полочного типа;
- нейтрализация формальдегидсодержащего абгаза в реакторе дожигания на платиновом катализаторе.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №3.

Каталитические процессы окислительного дегидрирования метанола в формальдегид.

Задание: оптимизация технологической схемы, расчет тепла химической реакции, составление материального баланса данной стадии получения формалина.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №4.

Катализаторы и аппаратное оформление процесса нейтрализации дымовых газов аммиачного производства.

Задание: выбор катализатора и восстановительной системы, аппаратное оформление каталитического процесса по технологии Делюкс, составление материального и энергетического балансов при заданной селективности процесса.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №5.

Современные технологические процессы обеззараживания формальдегидсодержащих абгазов.

Задание: рассмотрение технологической схемы и аппаратного оформления узла очистки ф. FORMOX с применением платинового гранулированного катализатора. Решение задач по поддержанию заданной температуры в реакторе полочного типа.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №6. Математическое, кинетическое и компьютерное моделирование биокаталитических процессов.

Определение значения константы Михаэлиса и значения максимальной скорости всеми возможными методами для реакции гидролиза метилового эфира N-ацетил – L-валина, катализируемого α – химотрипсином с использованием исходных данных.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №7. Каталитические процессы крупнотоннажных агрегатов получения аммиака. Получение синтез-газа в печи риформинга.

Задание: расчет – подтверждение безопасной эксплуатации каталитических реакционных труб при повышенных температурах и давлениях с учетом длительной прочности стали аустенитного класса.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №8. Процесс МТО – переработка метанола в олефины.

Задание: выбор технологической схемы каталитического процесса, включающей реактор/регенератор, составление блок-схемы по разделению углеводородов.

Метанол-сырец \rightarrow смесь C_2H_4 , C_3H_6 , C_2H_6 , C_3H_8 , $H_2O \rightarrow$ компримирование и газофракционирование.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №9.

Жидкофазные каталитические процессы на примере получения уксусной кислоты.

Задание: составление принципиальной технологической схемы, включающей получение синтез-газа в печи риформинга, разделение водорода и оксида углерода и синтез уксусной кислоты на рениевом катализаторе. Материальный баланс процесса.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №10.

Промышленные катализаторы полимеризации олефинов на примере получения цис-1,4-полиизопрена.

Задание: описание механизма процесса, требование к качеству сырьевых компонентов, молекулярные параметры получаемого каучука, дезактивация каталитического комплекса и дегазация полимеризата с регенерацией изопентана – растворителя.

Составление принципиальной технологической схемы.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

«не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 1

№ п/п	Вопросы к зачету
1	Элементы молекулярно-кинетической теории газов.
2	Теория активных столкновений.
3	Мономолекулярные и бимолекулярные реакции.
4	Статистический аспект теории активированного комплекса.
5	Термодинамический аспект теории активированного комплекса.
6	Основные положения в катализе. Понятия и определения.
7	Теория промежуточных соединений в катализе.
8	Термодинамические аспекты в катализе.
9	Кинетические аспекты в катализе.
10	Автокатализ.
11	Ферментативный катализ.
12	Кинетика ферментативной реакции с одним субстратом.
13	Способы определения кинетических параметров.
14	Ингибирование ферментативных реакций..
15	Активность ферментов
16	Кислотно-основной катализ.
17	Теория кислот и оснований.
18	Типы кислотно-основного катализа.
19	Кинетика реакций кислотно-основного катализа.
20	Расчет солевых эффектов в катализе.
21	Применение корреляционных соотношений в катализе.
22	Функции кислотности Гаммета.
23	Гетерогенный катализ. Общие положения.
24	Катализаторы в промышленных процессах.
25	Физическая адсорбция и хемосорбция.
26	Адсорбционная теория Лэнгмюра.
27	Нелэнгмюровские изотермы адсорбции.
28	Кинетика гетерогенных каталитических реакций.
29	Макрокинетика гетерогенных каталитических реакций.
30	Природные катализаторы разрушения озона в атмосфере.
31	Энергетика химических каталитических реакций.
32	Реакция, заложенная в технологии получения уксусной кислоты.
33	Критерии термодинамического равновесия.
34	Влияние температуры на скорость химической реакции.
35	Катализ окисления диоксида серы кислородом воздуха.
36	Химические реакции, протекающие при контакте метанола-воздушной смеси с железомолибденовым катализатором.

№ п/п	Вопросы к зачету
37	Катализаторы Циглер-Натта.
38	Каталитические яды.
39	Стадии гетерогенно-каталитических реакций.
40	Промышленные катализаторы крекинга нефтепродуктов.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
1	Зачет (устно)	«зачтено»	Ответ на теоретический материал по одному из двух теоретических вопросов полный, ответы на дополнительные вопросы по теоретическому материалу должны быть близкими к теории.
		«не зачтено»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Ильин А.П., Кунин А.В.	Производство азотной кислоты	Учебное пособие	2013	ЭБС «Лань»
2	Кузнецова И.М. [и др.]; под ред. Харлампики Х.Э.	Общая химическая технология	Учебник	2014	ЭБС «Лань»
3	Потехин В.М., Потехин В.В.	Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
4	Березин Д.Б. [и др.]	Органическая химия	Учебное пособие	2014	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Афанасьев С.В., Трифонов К.И.	Физико-химические процессы в техносфере	Учебник	2014	10
2	Афанасьев С.В.	Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Катализ в химической технологии»	Учебно-методическое пособие	2014	методический кабинет кафедры

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

—
—
—

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	бессрочная
2	Office Standart	бессрочная

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» (А-409)	Стол ученический моноблок - 10 шт., стул ученический - 20 шт., доска аудиторная (меловая), проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение аэродисперсной системы в пространстве, установка, позволяющая создать аэродинамическую тягу, кафедра
2	Лекционная аудитория (А-419)	Стол ученический трехместный (моноблок) – 18 шт., моноблок двухместный - 6шт., стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), кафедра
3	Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401)	Стол ученический - 26 шт., стул - 26 шт., компьютер с выходом в сеть интернет - 16 шт.