

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-
ние высшего образования
«Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)**

**Северодонецкий технологический институт
Кафедра химических технологий**

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись) _____
« 26 » _____ 2024 года



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Кинетика и катализ»**

По направлению подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Профиль: «Химическая технология неорганических веществ»

Северодонецк – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Кинетика и катализ» по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология– 27с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Кинетика и катализ» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (утвержденная приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020г. № 922 ,с изменениями и дополнениями от _____ 20__ г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

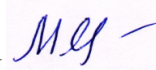
к.т.н., доцент кафедры химических технологий



М.А. Ожередова

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры химических технологий «23» 09 2024 г., протокол № 2

Ио заведующего кафедрой химических технологий



М.А. Ожередова

Переутверждена: «___» _____ 20__ г., протокол № _____

СОГЛАСОВАНА(для обеспечивающей кафедры):

Переутверждена: «___» _____ 20__ года, протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института «23» 09 2024 г., протокол № 2.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» _____



Ю.В. Бородач

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – формирование общих закономерностей протекания химико-технологических процессов, их применение к решению важных задач химической технологии.

Основные задачи дисциплины: изучение фундаментальных закономерностей формальной кинетики, закономерности образования и распада молекул, теории активных соударений и переходного состояния, основ теории цепных реакций, причин снижения энергии активации в каталитических реакциях.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина входит в часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Основывается на базе дисциплин: Теоретические основы химических технологий, Промышленная неорганическая химия, Реакционная способность неорганических веществ.

Является основой для изучения следующих дисциплин: Технология основного неорганического синтеза, Технология катализаторов и сорбентов, Производственная и преддипломная практики, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

Дисциплина нацелена на формирование: общепрофессиональных (ОПК-1), профессиональных (ПК-1) компетенций выпускника.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	Знать: основные законы и понятия химии, необходимые для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности Знать: строение различных классов химических соединений, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов, необходимыми для применения естественнонаучных знаний в профессиональной деятельности; основные методы получения и анализа органоминеральных удобрений	Знает: основные законы и понятия химии, необходимые для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности; строение различных классов химических соединений, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов, необходимыми для применения естественнонаучных знаний в профессиональной деятельности; основные методы получения и анализа органоминеральных удобре-

	Уметь: применять основные положения и методы химии при решении сложных комплексных профессиональных задач. Определять направленность процесса в заданных начальных условиях; прогнозировать влияние различных факторов на процесс Уметь: применять методы естественнонаучных дисциплин для сбора, обработки и анализа информации, оценки перспективы ее использования с учетом решаемых профессиональных задач Владеть: способностью изучения и использования механизмов химических реакций на основании знаний о строении и свойствах органических соединений Владеть: навыками использование знаний основных понятий, законов и закономерностей физической химии о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов для изучения химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мир	ний Умеет: применять основные положения и методы химии при решении сложных комплексных профессиональных задач; определять направленность процесса в заданных начальных условиях; прогнозировать влияние различных факторов на процесс; применять методы естественнонаучных дисциплин для сбора, обработки и анализа информации, оценки перспективы ее использования с учетом решаемых профессиональных задач Владеет: способностью изучения и использования механизмов химических реакций на основании знаний о строении и свойствах органических соединений; навыками использование знаний основных понятий, законов и закономерностей физической химии о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов для изучения химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мир; теоретическими и экспериментальными навыками, необходимым для профессиональной деятельности в области химической технологии
ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность Владеть: методами расчетов	Знает: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов Умеет: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и се-

	реакторов для проведения химико-технологических процессов	лективность Владеет: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов
--	---	--

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108	108
Обязательная контактная работа (всего)	68	6
в том числе:		
Лекции	34	6
Семинарские занятия	-	
Практические занятия	34	6
Лабораторные работы	-	
Курсовая работа (курсовой проект)	-	
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т. п.)	-	
Самостоятельная работа студента (всего)	40	96
Форма аттестации	Зачет	Зачет

4.2 Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основные понятия. Кинетика простых необратимых реакций. Методы определения порядка реакции.

Сложные и простые реакции. Понятие о механизме реакции и элементарной стадии. Скорость реакции. Основные кинетические закономерности элементарных реакций. Молекулярность реакции. Основной постулат химической кинетики. Принцип независимости. Формальная кинетика. Кинетическое уравнение. Порядок реакции. Кинетические обратимые и необратимые реакции. Необратимые реакции нулевого и первого порядка. Период полупревращения и среднее время жизни в реакциях первого порядка. Необратимые реакции второго и третьего порядка. Примеры. Реакции n -ого порядка. Методы определения порядка и кажущихся констант скоростей из экспериментальных данных, его достоинства и недостатки. Модификации интегрального метода. Дифференциальный метод обработки экспериментальных данных. Две модификации дифференциального метода. Сравнение интегрального и дифференциального методов.

Тема 2. Кинетика сложных реакций: обратимые, параллельные, последовательные.

Кинетика параллельных реакций 1-го, 2-го и смешанных порядков. Относительная реакционная способность соединений. Кинетическое исследование последовательных реакций 1-го порядка.

Тема 3. Принцип квазиравновесия и квазистационарности. Зависимость скорости реакции от температуры.

Стационарный режим протекания реакции и принцип квазистационарности. Понятие о лимитирующей стадии процесса и принцип квазиравновесия. Зависимость скорости реакции от температуры. Температурный коэффициент. Правило Вант-Гоффа. Уравнение

Аррениуса и его термодинамический вывод. Энергия активации и её определение из экспериментальных данных. Статистический смысл энергии активации.

Тема 4. Теория активных соударений. Мономолекулярные реакции в ТАС.

Теория активных соударений (ТАС). Сечение соударения. Фактор соударения. Гипотеза Аррениуса, её достоинства и недостатки. Подсчёт числа двойных соударений. Формула Траутца-Льюиса. Предэкспоненциальный множитель. Нормальные, быстрые и медленные бимолекулярные реакции. Формула Хиншельвуда. Стерический множитель. Мономолекулярные реакции в ТАС. Теория Линдемана, давление перехода. Сравнение эксперимента с теорией. Формула Хиншельвуда. Основные недостатки теорий Линдемана и Хиншельвуда. Мономолекулярные реакции в ТАК. Понятие о современных теориях мономолекулярных реакций. Понятие о теории РРКМ. Три молекулярные реакции в ТАС.

Тема 5. Теория активированного комплекса. Полуэмпирический метод ППЭ Эйринга-Поляни.

Поверхность потенциальной энергии в случае взаимодействия свободного атома с двухатомной молекулой. Полуэмпирический метод построения поверхностей потенциальной энергии Эйринга-Поляни (ППЭ). Энергия активации и координата реакции. Вывод основного уравнения ТАК. Термодинамическая форма основного уравнения ТАК, теплота и энтропия активации. Связь теплоты активации с экспериментальной энергией активации. Сравнение ТАК и ТАС.

Тема 6. Сопряженные и фотохимические реакции.

Сопряжённые реакции. Примеры. Атор, акцептор, индуктор. Фактор индукции. Роль химической индукции в биологических системах. Фотохимические реакции. Закон Гротгуса-Дрепера. Закон Вант-Гоффа, закон Ламберта-Бера, закон эквивалентности Эйнштейна. Квантовый выход реакции. Первичные фотохимические процессы. Механизм Штерна-Фольмера. Экспериментальное определение квантового выхода первичного процесса. Вторичные фотохимические процессы. Фотосенсибилизация.

Тема 7. Цепные реакции. Теория воспламенения Н.Н. Семёнова. Тепловой взрыв.

Сложные цепные и нецепные реакции. Частота, вероятность реакции, длина цепи. Природа активных частиц. Принцип неуничтожимости свободной валентности. Примеры цепных реакций. Основные стадии цепной реакции: инициирование, продолжение и обрыв цепи. Простые (неразветвлённые) и разветвлённые цепные реакции. Стадия разветвления цепи. Формальная кинетика цепных реакций. Реакция окисления водорода как пример разветвлённой цепной реакции. Механизм и кинетика реакции. Принцип квазистационарности Н.Н. Семёнова. Теория пределов воспламенения Н.Н. Семёнова. Тепловой взрыв.

Тема 8. Каталитические реакции. Гомогенный, гетерогенный катализ.

Определение понятий катализа и катализатора. Основные характерные особенности каталитических реакций. Классификация каталитических реакций. Природа действия катализаторов в системах с равновесным распределением энергии. Факторы, определяющие каталитические свойства. Корреляционные соотношения Бренстеда-Поляни. Каталитическая активность и энергия промежуточного взаимодействия. Гомогенный катализ в растворах. Кислотно-основной катализ. Классификация кислот и оснований по Бренстеду и Льюису. Соотношение общего и специфического кислотно-основного катализа. Гетерогенный катализ. Промежуточное взаимодействие в гетерогенном катализе. Адсорбция как стадия гетерогенно-каталитической реакции. Теории гетерогенного катализа. Мультиплетная теория А.А. Баландина. Принцип энергетического и геометрического соответствия А.А. Баландина. Ферментативный катализ. Общие сведения о кинетике и механизмах ферментативных реакций. Температурная зависимость кинетических постоянных. Уравнение Михаэлиса-Ментэн. Катализ комплексными соединениями переходных металлов. Гомогенные реакции гидрирования, их кинетика и катализ.

4.3 Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Тема 1. Основные понятия. Кинетика простых необратимых реакций. Методы определения порядка реакции	4	6
2.	Тема 2. Кинетика сложных реакций: обратимые, параллельные, последовательные	4	
3.	Тема 3. Принцип квазиравновесия и квазистационарности. Зависимость скорости реакции от температуры	4	
4.	Тема 4. Теория активных соударений. Мономолекулярные реакции в ТАС	4	
5.	Тема 5. Теория активированного комплекса. Полуэмпирический метод ППЭ Эйринга - Поляни	4	
6.	Тема 6. Сопряженные и фотохимические реакции	4	
7.	Тема 7. Цепные реакции. Теория воспламенения Н.Н. Семёнова. Тепловой взрыв.	4	
8.	Тема 8. Каталитические реакции. Гомогенный, гетерогенный катализ	6	
Итого:		34	6

4.4 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Простые реакции. Определение порядков реакции	4	6
2.	Кинетика сложных реакций. Приближенные методы кинетики	4	
3.	Реакции в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения	4	
4.	Методы расчета энергии активации и предэкспоненциального множителя	4	
5.	Теория химической кинетики	4	
6.	Кинетика гетерогенных процессов в условиях стационарного режима диффузионного потока	4	
7.	Анализ и использование кинетического уравнения на практике	4	
8.	Каталитические реакции. Гомогенный, гетерогенный катализ	6	
Итого:		34	6

4.5 Лабораторные работы по дисциплине «Кинетика и катализ» не предусмотрены учебным планом.

4.6 Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
	Методы определения порядка и кажущихся констант скоростей из экспериментальных данных, его достоинства и недостатки. Модификации интегрального метода. Дифференциальный метод обработки экспериментальных данных. Две модификации дифференциального метода. Сравнение интегрального и дифференциального методов	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12
	Кинетическое исследование последовательных реакций 1-го порядка.	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12
	Энергия активации и её определение из экспериментальных данных. Статистический смысл энергии активации	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12
	Кинетика и кинетический анализ химических процессов	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12

	Понятие о современных теориях мономолекулярных реакций. Понятие о теории РРКМ. Три молекулярные реакции в ТАС.	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12
	Термодинамическая форма основного уравнения ТАК, теплота и энтропия активации. Связь теплоты активации с экспериментальной энергией активации. Сравнение ТАК и ТАС.	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12
	Энтропийное правило и его объяснение на основе эффекта электронаправленности. Солевые эффекты.	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12
	Принцип энергетического и геометрического соответствия А. А. Баландина. Ферментативный катализ.	проработка конспектов лекций, подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала, и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях, работа с учебной литературой и интернет ресурсами	5	12
Итого:			40	96

4.7 Курсовые работы/проекты по дисциплине «Кинетика и катализ» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

В ходе реализации учебного процесса используются как традиционное обучение (технологии поддерживающего обучения), так и СОТ. Выбор технологии зависит от уров-

ня базовых знаний в группе и от уровня мотивации к обучению как данной дисциплине, так и к процессу в общем.

Методы и формы обучения, используемые в учебном процессе:

- методы устного изложения: лекции, объяснения, беседы;
- наглядные методы: презентации, схемы, таблицы, рисунки, графики;
- интерактивные формы работы: интерактивные и проблемные лекции, лекции с заранее запланированными ошибками, учебные дискуссии, разборы конкретных ситуаций, «мозговой штурм», работа в малых группах;
- методы закрепления изучаемого материала: решение задач, работа с учебной литературой;
- методы самостоятельной работы: работа с учебной литературой, решение задач, подготовка конспектов, и выполнению заданий текущего контроля;
- методы проверки знаний: устные опросы, письменные экспресс- опросы , проверка индивидуальных домашних заданий, экзамен.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - СПб. : Лань, 2018. - 200 с.
2. Беляев А.П. Физическая и коллоидная химия. Задачник [Электронный ресурс] / А.П. Беляев [и др.]; под ред. А.П. Беляева - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 288 с. - ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970428443.html>
3. Зарубин, Д.П. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / ДП. Зарубин. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 474 с. - ЭБС

б) программное обеспечение и интернет ресурсы

1. Электронно- библиотечная система IPRbooks —научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. «Консультант Плюс»: кодексы, законы, указы, постановления Правительства РФ Компьютерная справочная правовая система в России. Реализованы все современные возможности для поиска и работы с правовой информацией
2. ChemSynthesis база данных о химических веществах. Содержит ссылки на вещества, их синтез и физические свойства. В доступе более чем 40000 соединений и более 45000 ссылок синтеза
3. <http://window.edu.ru/> Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» содержит электронные версии учебных материалов из библиотек вузов различных регионов России, научная и методическая литература.
4. Мультитран Информационная справочная система «Электронные словари»
5. Google Scholar Поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин
6. <https://neftegaz.ru> Информационно- аналитический портал о топливно- энергетическом комплексе. Содержит оперативную информацию, новости, аналитику; материалы портала включают техническую библиотеку, информацию об технологиях, фото- банк, биографии.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной образовательной сети университета. Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Internet и обеспечением доступа к электронной образовательной сети университета.

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Кинетика и катализ»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
-------------	------------------------	--	--

Начальный	ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	Пороговый Знать: основные законы и понятия химии, необходимые для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности Знать: строение различных классов химических соединений, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов, необходимыми для применения естественнонаучных знаний в профессиональной деятельности; основные методы получения и анализа органо-минеральных удобрений	знает: основные законы и понятия химии, необходимые для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности. Строение различных классов химических соединений, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов, необходимыми для применения естественнонаучных знаний в профессиональной деятельности; основные методы получения и анализа органо-минеральных удобрений
---	---	--	--

Основной		Базовый Уметь: применять основные положения и методы химии при решении сложных комплексных профессиональных задач. Определять направленность процесса в заданных начальных условиях; прогнозировать влияние различных факторов на процесс Уметь: применять методы естественнонаучных дисциплин для сбора, обработки и анализа информации, оценки перспективы ее использования с учетом решаемых профессиональных задач	умеет: применять основные положения и методы химии при решении сложных комплексных профессиональных задач. Определять направленность процесса в заданных начальных условиях; прогнозировать влияние различных факторов на процесс Применять методы естественнонаучных дисциплин для сбора, обработки и анализа информации, оценки перспективы ее использования с учетом решаемых профессиональных задач Использовать основные методы аналитической химии для идентификации и определения химического состава веществ Применять стандартные операции для определения состава веществ и материалов на их основе
----------	--	--	---

Заключительный		Высокий Владеть способностью изучения и использования механизмов химических реакций на основании знаний о строении и свойствах органических соединений Владеть навыками использования знаний основных понятий, законов и закономерностей физической химии о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов для изучения химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мир ОПК-1.11. Владеть теоретическими и экспериментальными навыками, необходимым для профессиональной деятельности в области химической технологии	владеет: способностью изучения и использования механизмов химических реакций на основании знаний о строении и свойствах органических соединений Навыками использования знаний основных понятий, законов и закономерностей физической химии о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов для изучения химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мир. Навыками выбора и использования методов исследования коллоидных систем для изучения и разработки новых материалов и технологий их изготовления. Навыками решения инженерно-геометрических задач графическими способами-теоретическими и экспериментальными навыками, необходимым для профессиональной деятельности в области химической технологии. Инструментами и методами химического анализа в профессиональной деятельности
Начальный	ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции	Пороговый Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов	знает: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов
Основной		Базовый Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность	умеет: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность
Заключительный		Высокий Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	владеет: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции (по дисциплине)	Темы учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ОПК-1.	ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	Знать: основные законы и понятия химии, необходимые для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности Знать: строение различных классов химических соединений, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов, необходимыми для применения естественнонаучных знаний в профессиональной деятельности; основные методы получения и анализа органоминеральных удобрений Уметь: применять основные положения и методы химии при решении сложных комплексных профессиональных задач. Определять направленность процесса в заданных начальных условиях; прогнозировать влияние различных факторов на процесс Уметь: применять	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8.	6-й семестр

			методы естественно-научных дисциплин для сбора, обработки и анализа информации, оценки перспективы ее использования с учетом решаемых профессиональных задач Владеть способностью изучения и использования механизмов химических реакций на основании знаний о строении и свойствах органических соединений Владеть навыками использования знаний основных понятий, законов и закономерностей физической химии о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов для изучения химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мир. Владеть навыками выбора и использование методов исследования коллоидных систем для изучения и разработки новых материалов и технологий их изготовления.		
2	ПК-1	ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гете-	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5.	6-й семестр

		основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции	рогенных процессов Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	Тема 6. Тема 7. Тема 8	
--	--	--	--	------------------------------	--

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1.Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических эле-	Знать: основные законы и понятия химии, необходимые для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности Знать: строение различных классов химических соединений, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов, необходимыми для применения естественнонаучных знаний в профессиональной деятельности; основные методы получения и анализа органоинеральных удобрений	Знать: основные законы и понятия химии, необходимые для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности Знать: строение различных классов химических соединений, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических	Тема 1. Тема.2 Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8	Контрольная работа

	ментов, соединений, веществ и материалов	Уметь: применять основные положения и методы химии при решении сложных комплексных профессиональных задач. Определять направленность процесса в заданных начальных условиях; прогнозировать влияние различных факторов на процесс Уметь: применять методы естественнонаучных дисциплин для сбора, обработки и анализа информации, оценки перспективы ее использования с учетом решаемых профессиональных задач Владеть теоретическими и экспериментальными навыками, необходимым для профессиональной деятельности в области химической технологии.	процессов, необходимыми для применения естественнонаучных знаний в профессиональной деятельности; основные методы получения и анализа органоминеральных удобрений Уметь: применять основные положения и методы химии при решении сложных комплексных профессиональных задач. Определять направленность процесса в заданных начальных условиях; прогнозировать влияние различных факторов на процесс. Уметь: применять методы естественнонаучных дисциплин для сбора, обработки и анализа информации, оценки перспективы ее использования с учетом решаемых профессиональных задач. Уметь: использовать основные методы аналитической химии		
--	--	--	--	--	--

			для идентификации и определения химического состава веществ. Уметь применять стандартные операции для определения состава веществ и материалов на их основе Владеть способностью изучения и использования механизмов химических реакций на основании знаний о строении и свойствах органических соединений. Владеть навыками использование знаний основных понятий, законов и закономерностей физической химии о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов для изучения химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мир.		
--	--	--	---	--	--

			Владеть навыками выбора и использование методов исследования коллоидных систем для изучения и разработки новых материалов и технологий их изготовления Владеть навыками решение инженерно-геометрических задач графическими способами Владеть теоретическими и экспериментальными навыками, необходимыми для профессиональной деятельности в области химической технологии Владеть инструментами и методами химического анализа в профессиональной деятельности		
2.	ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и	Тема 1. Тема.2 Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8	Контрольная работа

	оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	селективность Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов		
--	--	---	--	--	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине «Кинетика и катализ»
Комплект заданий для контрольной работы
Вопросы первого уровня сложности
(пороговый уровень)**

1. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции и константа скорости, их физический смысл и факторы, определяющие их величину.
2. Порядок и молекулярность реакции, причины их несовпадения. Время полупревращения.
3. Формальная кинетика простых реакций нулевого и первого порядка.
4. Формальная кинетика простых реакций второго порядка.
5. Методы определения порядка химических реакций.
6. Понятие сложных реакций. Основные закономерности протекания параллельных реакций.
7. Последовательные реакции. Примеры и основные кинетические закономерности. Лимитирующая стадия процесса.
8. Обратимые химические реакции. Особенности кинетического и термодинамического понятия обратимости. Связь равновесной концентрации продукта с константой равновесия.

**Вопросы второго уровня сложности
(базовый уровень)**

1. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Закон Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса.
2. Понятие энергии активации реакции.
3. Способы определения энергии активации.
4. Основные положения теории столкновений. Сущность предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса. Стерический фактор.
5. Теория переходного состояния Эйринга-Поляни.
6. Кинетика реакций в теории переходного состояния. Сущность предэкспоненциальной константы в уравнении Аррениуса.
7. Понятие цепных реакций и их классификация.
8. Простые цепные реакции, понятие и примеры. Особенности кинетики подобных реакций.
9. Вывод кинетического уравнения простой цепной реакции.

10. Особенности кинетики разветвленных цепных реакций.
11. Фотохимические процессы. Первичные и вторичные процессы, эффект Франка-Рабиновича.
12. Основные законы фотохимии. Закон фотохимической эквивалентности.
13. Понятие квантового выхода реакции. Классификация реакций по величине квантового выхода, примеры.
14. Влияние различных факторов на скорость фотохимических процессов.
15. Сенсibilизация. Особенности протекания сенсibilизированных реакций.
16. Физико-химические аспекты фотосинтеза, его значение.

Вопросы третьего уровня сложности (высокий уровень)

1. Основные понятия каталитической химии: катализ, катализатор, ингибитор, промотор.
2. Классификация каталитических процессов.
3. Гомогенный катализ. Представления о механизме каталитического действия. Энергия активации каталитического процесса.
4. Сущность кислотно-основного катализа.
5. Особенности окислительно-восстановительного катализа.
6. Металлокомплексный катализ, примеры.
317. Ферментативный катализ. Константа Михаэлиса.
8. Понятие и примеры автокаталитических реакций. Индукционный период автокаталитических реакций.
9. Гетерогенный катализ. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов.
10. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций.
11. Теории гетерогенного катализа: активных центров, мультиплетов, активных ансамблей

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «контрольная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90 – 100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75 – 89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50 – 74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Оценочные средства для промежуточной аттестации «зачет»

Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине «Кинетика и катализ»

1. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции и константа скорости, их физический смысл и факторы, определяющие их величину.
2. Порядок и молекулярность реакции, причины их несовпадения. Время полупревращения.
3. Формальная кинетика простых реакций нулевого и первого порядка.
4. Формальная кинетика простых реакций второго порядка.
5. Методы определения порядка химических реакций.

6. Понятие сложных реакций. Основные закономерности протекания параллельных реакций.
7. Последовательные реакции. Примеры и основные кинетические закономерности. Лимитирующая стадия процесса.
8. Обратимые химические реакции. Особенности кинетического и термодинамического понятия обратимости. Связь равновесной концентрации продукта с константой равновесия.
9. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Закон Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса.
10. Понятие энергии активации реакции.
11. Способы определения энергии активации.
12. Основные положения теории столкновений. Сущность предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса. Стерический фактор.
13. Теория переходного состояния Эйринга-Поляни.
14. Кинетика реакций в теории переходного состояния. Сущность предэкспоненциальной константы в уравнении Аррениуса.
15. Понятие цепных реакций и их классификация. Цепные реакции: роль радикалов в цепных реакциях.
16. Простые цепные реакции, понятие и примеры. Особенности кинетики подобных реакций.
17. Вывод кинетического уравнения простой цепной реакции.
18. Особенности кинетики разветвленных цепных реакций.
19. Фотохимические процессы. Первичные и вторичные процессы, эффект Франка-Рабиновича.
20. Основные законы фотохимии. Закон фотохимической эквивалентности.
21. Понятие квантового выхода реакции. Классификация реакций по величине квантового выхода, примеры.
22. Влияние различных факторов на скорость фотохимических процессов.
23. Сенсibilизация. Особенности протекания сенсibilизированных реакций.
25. Физико-химические аспекты фотосинтеза, его значение.
26. Основные понятия каталитической химии: катализ, катализатор, ингибитор, промотор.
27. Классификация каталитических процессов.
28. Гомогенный катализ. Представления о механизме каталитического действия. Энергия активации каталитического процесса.
29. Сущность кислотно-основного катализа.
30. Особенности окислительно-восстановительного катализа.
31. Металлокомплексный катализ, примеры.
32. Ферментативный катализ. Константа Михаэлиса.
33. Понятие и примеры автокаталитических реакций. Индукционный период автокаталитических реакций.
34. Гетерогенный катализ. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов.
35. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций.
36. Теории гетерогенного катализа: активных центров, мультиплетов, активных ансамблей.

**Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации
«зачет»**

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач	зачтено
Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач	
Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах	
Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы	не зачтено

8. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;

- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;

- продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			

Лист дополнений к рабочей программе

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____

_____ И.О. Фамилия

« _____ » _____ 202__ г.

Список литературы к рабочей программе дисциплины
 _____ направление подготовки/специальность
 _____ по состоянию на « _____ » _____ 20__ г.

Основная литература:

- 1.
- 2.
- 3.

Дополнительная литература:

- 1.
- 2.
- 3.

Преподаватель _____
 _____ (подпись) _____ (И.О.Ф.)