Автономная некоммерческая организация высшего образования

"Современный технический университет"

УТВЕРЖДАЮ
Ректор
_____А.Г. Ширяев
_____ 2025 г.

Теория химико-технологических процессов органического синтеза

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Технологии и эксплуатации**

Учебный план v18.03.01 оч-за 2025.plx
Направление 18.03.01 Химическая технология

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очно-заочная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108
в том числе:
аудиторные занятия 28
самостоятельная работа 70
часов на контроль 10

Виды контроля в семестрах:
экзамены 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**7 (4.1)**		Итого	
Недель	17 1/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	14	14	14	14
Практические	14	14	14	14
В том числе инт.	4	4	4	4
Итого ауд.	28	28	28	28
Контактная работа	28	28	28	28
Сам. работа	70	70	70	70
Часы на контроль	10	10	10	10
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):
Проф., Ширяев А.Г.

Рабочая программа дисциплины
Теория химико-технологических процессов органического синтеза

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

составлена на основании учебного плана:
Направление 18.03.01 Химическая технология
утвержденного учёным советом вуза от 28.06.2025 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Технологии и эксплуатации

Протокол от 28.06.2025г. № 6
Срок действия программы: 2025-2030 уч.г.
Зав. кафедрой Д.с.-х.н. Габибов М.А.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Расширение знаний студентов в области химеко-технологических процессов органического синтеза.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Органическая химия
2.1.2	Общая и неорганическая химия
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Технология тонкого органического синтеза
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
Индикатор достижения компетенции
УК-2.1: Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними
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
Индикатор достижения компетенции
ОПК-1.1: Способен основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов понимать и использовать механизмы химических реакций протекающих в технологических процессах и окружающем мире
ОПК-1.2: Анализирует общие закономерности протекания химических процессов природного и производственного характера
ОПК-1.3: Способен определять и прогнозировать основные химические и физико-химические свойства используемых и получаемых металлов, сплавов, неметаллов, полимеров
ПК-1: Способен проводить научные исследования и эксперименты, осуществлять испытания новой техники и технологии в производстве продукции
Индикатор достижения компетенции
ПК-1.2: Знает и умеет применять передовой научно-технический отечественный и зарубежный опыт в области химической технологии
ПК-4 : Способен осуществлять контроль работы технологических объектов
Индикатор достижения компетенции
ПК-4 .4: Знает способы эффективного использования оборудования технологического объекта
ПК-6 : Готов к обеспечению технологии производства продукции
Индикатор достижения компетенции
ПК-6 .1: Готов к соблюдению технологических норм и требований по охране окружающей природной среды
ПК-6 .2: Может руководить внедрением новых технологий, оборудования, разработкой новых и совершенствованием имеющихся видов продукции
ПК-6 .3: Имеет навыки выполнения исследовательских и экспериментальных работ по освоению вновь разрабатываемых технологических процессов
ПК-6 .4: Имеет навыки по внесению предложений в совершенствование технологии, внедрению достижений науки и техники, проектированию и внедрению технологических схем, средств охраны окружающей среды, своевременного освоения проектных мощностей
ПК-7: Готов обеспечить выработку компонентов и приготовление товарной продукции
Индикатор достижения компетенции
ПК-7.1: Способен подготовить предложения по разработке мероприятий по совершенствованию технологических процессов, повышающих качество товарной продукции

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	Строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов понимать и использовать механизмы химических реакций протекающих в технологических процессах и окружающем мире ОПК-1.1
3.1.2	Передовой научно-технический отечественный и зарубежный опыт в области химической технологии ПК-1.2
3.1.3	Способы эффективного использования оборудования технологического объекта ПК-4.4
3.2	**Уметь:**
3.2.1	Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними УК-2.1
3.2.2	Анализировать общие закономерности протекания химических процессов природного и производственного характера ОПК-1.2
3.2.3	Определять и прогнозировать основные химические и физико-химические свойства используемых и получаемых металлов, сплавов, неметаллов, полимеров ОПК-1.3
3.2.4	Применять передовой научно-технический отечественный и зарубежный опыт в области химической технологии ПК-1.2
3.2.5	Вносить предложения в совершенствование технологии, внедрению достижений науки и техники, проектированию и внедрению технологических схем, средств охраны окружающей среды, своевременного освоения проектных мощностей ПК-6.4
3.2.6	Соблюдать технологические нормы и требования по охране окружающей природной среды ПК-6.1
3.2.7	Руководить внедрением новых технологий, оборудования, разработкой новых и совершенствованием имеющихся видов продукции ПК-6.2
3.2.8	Выполнять исследовательские и экспериментальные работы по освоению вновь разрабатываемых технологических процессов ПК-6.3
3.2.9	Подготовить предложения по разработке мероприятий по совершенствованию технологических процессов, повышающих качество товарной продукции ПК-7.1
3.2.10	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1.						
1.1	1.Введение. Задачи курса и его роль в химии и технологии органических веществ. Классификация химических реакций и компонентов реакционной массы. Стехиометрия и материальный баланс реакции. Степень конверсии, выход, селективность. Понятие механизма реакции. Методы исследования химической реакции и её механизма – химические и кинетические. /Лек/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.2	2.Механизм и кинетика органических реакций. 2 .1. Реакции замещения в ароматических соединениях. Ароматичность. Полициклические ароматические углеводороды. Гетероциклические соединения. Электрофильное замещение. Механизм и кинетика реакций электрофильного замещения. Ориентация при электрофильном замещении. Влияние заместителей в ароматических соединениях на их реакционную способность. Факторы парциальных скоростей. Активность электрофильного реагента, устойчивость ареноний ионов, селективность. Введение заместителя в молекулу дизамещённого ароматического соединения. Совпадающая и несовпадающая ориентация. Активирующий ряд заместителей. Особенности электрофильного замещения в ряду нафталина, антрахинона, их замещённых и других полициклических ароматических соединений. Нуклеофильное замещение. Особенности реакций нуклеофильного замещения в ароматических соединениях. Механизм реакций – мономолекулярный, бимолекулярный (присоединение-отщепление), ариновый, ионрадикальный. Кинетика реакций нуклеофильно /Лек/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.3	Механизм и кинетика органических реакций. Реакции замещения в ароматических соединениях /Пр/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	2	
1.4	Номенклатура органических соединений Изомерия Взаимное влияние атомов в молекуле Типы реакций и реагенты /Ср/	7	6	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.5	2.2. Радикально-цепные реакции. Реакции зарождения, развития и обрыва цепи. Механизм радикальных реакций замещения, расщепления и присоединения. Правила протекания этих реакций и их селективность. Разветвление цепи. Кинетика радикально-цепных реакций. Методы их исследования. /Лек/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.6	Радикально-цепные реакции. Реакции зарождения, развития и обрыва цепи. Механизм радикальных реакций замещения, расщепления и присоединения. Правила протекания этих реакций и их селективность. Разветвление цепи. Кинетика радикально-цепных реакций. Методы их исследования /Пр/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	2	
1.7	Радикально-цепные реакции. Реакции зарождения, развития и обрыва цепи. Механизм радикальных реакций замещения, расщепления и присоединения. Правила протекания этих реакций и их селективность. Разветвление цепи. Кинетика радикально-цепных реакций. Методы их исследования. /Ср/	7	12	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.8	3. Исследование химических реакций. 3.1 Применение химических и физико-химических методов для установления структуры органических соединений и промежуточных продуктов реакции. Химические и физико- химические методы установления структуры органических соединений и доказательства образования промежуточных продуктов. Применение метода меченых атомов. Хроматография. Возможности использования хроматографических методов для идентификации продукта, количественного анализа, выделения из смеси и очистки. ИК и КР спектроскопия. Использование групповых частот для идентификации органических соединений. Спектроскопия ЯМР. Использование основных параметров спектра ПМР (химический сдвиг, спин-спиновое взаимодействие. Константа ССВ) для установления структуры органических соединений. Масс-спектрометрия. Возможности метода. Первичный анализ масс-спектра. Электронная спектроскопия. Особенности электронных спектров сопряжённых систем. Возможности и ограничения применения метода для идентификации органических соединений. /Лек/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.9	Исследование химических реакций.Применение химических и физико-химических методов для установления структуры органических соединений и промежуточных продуктов реакции. Химические и физико-химические методы установления структуры органических соединений и доказательства образования промежуточных продуктов. Применение метода меченых атомов. /Пр/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.10	Исследование химических реакций.Применение химических и физико-химических методов для установления структуры органических соединений и промежуточных продуктов реакции. Химические и физико-химические методы установления структуры органических соединений и доказательства образования промежуточных продуктов. Применение метода меченых атомов. /Ср/	7	8	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.11	3.2 Исследование кинетики химических реакций. Скорости превращения веществ и скорости реакций, их связь. Кинетические уравнения и модели. Схема превращений, способы её подтверждения. Методика кинетического исследования, типы установок, варьируемые параметры. Использование химических и физико-химических методов для получения кинетических зависимостей при исследовании органических реакций. Основы обработки кинетических данных. Интегральный и дифференциальный методы. Поиск констант линейным и нелинейным методом наименьших квадратов. Качественная и количественная оценка адекватности моделей с экспериментом. Оценка доверительных интервалов параметров кинетических уравнений и моделей. Примеры обработки экспериментальных данных. Кинетика элементарных реакций, переходное состояние. Кинетика неэлементарных реакций. Методы и примеры построения кинетических уравнений, связь их с механизмом реакций. Существование реагентов в разных формах, преобразование уравнений и моделей. Построение кинетических моделей сложных /Лек/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.12	Исследование кинетики химических реакций /Пр/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.13	Кинетика химических реакций /Ср/	7	12	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.14	Влияние растворителей на скорость реакции. Электростатическая и специфическая сольватация. Влияние растворителей на гомогенное химической равновесие, на реакционную способность амбидентных ионов. Ионная сила и солевой эффект, их влияние на скорость реакции. /Лек/	7	1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.15	Влияние растворителей на скорость реакции /Пр/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.16	Влияние растворителей на скорость реакции. Электростатическая и специфическая сольватация. Влияние растворителей на гомогенное химической равновесие, на реакционную способность амбидентных ионов. Ионная сила и солевой эффект, их влияние на скорость реакции. /Ср/	7	8	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.17	Гомогенно-каталитические реакции. Классификация гомогенных катализаторов. Кислотно- основный катализ. Механизм кислотного катализа. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Абсолютная кислотности и основности. Функция кислотности. Специфический кислотный катализ. Кинетика. Общий кислотный катализ. Кинетика. Нуклеофильный катализ. Механизм и кинетика. Нуклеофильность и основность. Металлокомплексный катализ. Каталитически активные комплексы металлов. Элементарные стадии металлокомплексного катализа. Примеры механизмов реакций металлокомплексного катлиза. Кинетика. Ферментативный катализ. Особенности исследования кинетики гомогеннокаталитических реакций. Иммобилизованные гомогенные катализаторы, ионообменные полимеры, другие способы иммобилизации. Особенности механизма и кинетики реакций на иммобилизованных катализаторах. /Лек/	7	1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.18	Гомогенно-каталитические реакции /Пр/	7	2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.19	Гомогенно-каталитические реакции. Классификация гомогенных катализаторов. Кислотно- основный катализ. Механизм кислотного катализа. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Абсолютная кислотности и основности. Функция кислотности. Специфический кислотный катализ. Кинетика. Общий кислотный катализ. Кинетика. Нуклеофильный катализ. Механизм и кинетика. Нуклеофильность и основность. Металлокомплексный катализ. Каталитически активные комплексы металлов. Элементарные стадии металлокомплексного катализа. Примеры механизмов реакций металлокомплексного катлиза. Кинетика. Ферментативный катализ. Особенности исследования кинетики гомогеннокаталитических реакций. Иммобилизованные гомогенные катализаторы, ионообменные полимеры, другие способы иммобилизации. Особенности механизма и кинетики реакций на иммобилизованных катализаторах. /Ср/	7	8	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.20	Гетерофазные реакции. Общая характеристика и значение гетерофазных реакций в органическом синтезе. Кинетическая область гетерофазных реакций, её признаки и экспериментальное подтверждение. Кинетика. Основные количественные закономерности и способы исследования. Кинетика гетерофазных реакций в переходной области при сравнительно медленной химической реакции без учёта превращения в пограничной плёнке. Диффузионная область гетерофазных реакций при мгновенной химической реакции. Явление ускорения массопрердачи. Влияние гетерофазности на селективность реакции. /Лек/	7	1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.21	Гетерофазные реакции. Общая характеристика и значение гетерофазных реакций в органическом синтезе. Кинетическая область гетерофазных реакций, её признаки и экспериментальное подтверждение. Кинетика. Основные количественные закономерности и способы исследования. Кинетика гетерофазных реакций в переходной области при сравнительно медленной химической реакции без учёта превращения в пограничной плёнке. Диффузионная область гетерофазных реакций при мгновенной химической реакции. Явление ускорения массопрердачи. Влияние гетерофазности на селективность реакции. /Пр/	7	1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.22	Гетерофазные реакции. Общая характеристика и значение гетерофазных реакций в органическом синтезе. Кинетическая область гетерофазных реакций, её признаки и экспериментальное подтверждение. Кинетика. Основные количественные закономерности и способы исследования. Кинетика гетерофазных реакций в переходной области при сравнительно медленной химической реакции без учёта превращения в пограничной плёнке. Диффузионная область гетерофазных реакций при мгновенной химической реакции. Явление ускорения массопрердачи. Влияние гетерофазности на селективность реакции. /Ср/	7	8	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.23	Применение кинетических моделей для выбора условий проведения реакций. Удельная производительность идеальных реакторов и их сочетаний, выбор типа реакционных узлов. Влияние концентраций (парциальных давлений), степени конверсии и температуры на удельную производительность реакторов и их сочетаний. Выбор параметров процесса по этому критерию. Оптимальный профиль температур. Экономические критерии оптимизации и основы их применения для простых реакций. Селективность сложных реакций, зависимость её от концентраций реагентов, степени конверсии, соотношения реагентов. Влияние на селективность типа реакторов, способа введения реагентов, температуры и давления. Выбор реакционных узлов и параметров процесса по критерию селективности. Применение экономических критериев оптимизации. /Лек/	7	1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.24	Применение кинетических моделей для выбора условий проведения реакций. Удельная производительность идеальных реакторов и их сочетаний, выбор типа реакционных узлов. Влияние концентраций (парциальных давлений), степени конверсии и температуры на удельную производительность реакторов и их сочетаний. Выбор параметров процесса по этому критерию. Оптимальный профиль температур. Экономические критерии оптимизации и основы их применения для простых реакций. Селективность сложных реакций, зависимость её от концентраций реагентов, степени конверсии, соотношения реагентов. Влияние на селективность типа реакторов, способа введения реагентов, температуры и давления. Выбор реакционных узлов и параметров процесса по критерию селективности. Применение экономических критериев оптимизации. /Пр/	7	1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

1.25	Применение кинетических моделей для выбора условий проведения реакций. Удельная производительность идеальных реакторов и их сочетаний, выбор типа реакционных узлов. Влияние концентраций (парциальных давлений), степени конверсии и температуры на удельную производительность реакторов и их сочетаний. Выбор параметров процесса по этому критерию. Оптимальный профиль температур. Экономические критерии оптимизации и основы их применения для простых реакций. Селективность сложных реакций, зависимость её от концентраций реагентов, степени конверсии, соотношения реагентов. Влияние на селективность типа реакторов, способа введения реагентов, температуры и давления. Выбор реакционных узлов и параметров процесса по критерию селективности. Применение экономических критериев оптимизации. /Ср/	7	8	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	
1.26	/Экзамен/	7	10	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-1.2 ПК-4 .4 ПК-6 .1 ПК-6 .2 ПК-6 .3 ПК-6 .4 ПК-7.1 УК-2.1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Вопросы к промежуточной аттестации

1. Общие закономерности химических процессов. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
2. Химический катализ. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
3. Химические реакторы ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
4. Химико-технологические системы ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
5. Энергия в химическом производстве ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
6. Важнейшие химические производства ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
7. Основные энергетические и технологические показатели процесса, критерии оценки эффективности производства. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
8. Основные процессы химико-технологических производств. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
9. Общие закономерности химических процессов. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
10. Равновесие в технологических процессах; ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
11. Термодинамические параметры технологических процессов; ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
12. Кинетические параметры процесса;1. Общие закономерности химических процессов. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1, УК-2.1
2. Химический катализ. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
3. Химические реакторы. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
4. Химико-технологические системы. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
5. Энергия в химическом производстве. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
6. Важнейшие химические производства. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-

7.1
7. Основные энергетические и технологические показатели процесса, критерии оценки эффективности производства. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
8. Основные процессы химико-технологических производств. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
9. Общие закономерности химических процессов. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
10. Равновесие в технологических процессах; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
11. Термодинамические параметры технологических процессов; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
12. Кинетические параметры процесса; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
13. Физико-химическое описание простых, сложных, многомаршрутных реакций; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
14. Основы гомогенного и гетерогенного катализа; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
15. Влияние катализа на кинетику и равновесие реакции; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
16. Выбор оптимальных условий проведения каталитического процесса. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
17. Химические реакторы. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
18. Основные математические модели процессов в химических реакторах; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
19. Изотермические и неизотермические реакторы; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
20. Модели реакторов смешения и вытеснения; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
21. Промышленные химические реакторы. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
22. Химико-технологические системы. ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
23. Структура химико-технологических систем; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
24. Методы описания химико-технологических систем; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
25. Синтез и анализ ХТС; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
26. Сырьевая и энергетическая подсистемы ХТС. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
27. Энергия в химическом производстве
28. Очередность выбора технологических параметров; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
29. Устойчивость технологического процесса; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
30. Расчет теплового баланса технологического процесса; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
31. Определение минимальной температуры потока реагентов на входе в реактор; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
32. Выбор оптимальной температуры ведения процесса; . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1
33. Способы утилизации тепловой энергии в технологический схеме аппаратов. . ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ПК-1.2, ПК-4.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-7.1

5.2. Текущий контроль и контроль СРС

Темы рефератов:
1. Энергия в химическом производстве
2. Физико-химическое описание, сложных, многомаршрутных реакций
3. Выбор оптимальных условий проведения каталитического процесса
4. Основные математические модели процессов в химических реакторах
5. Химико-технологические системы
6. Синтез и анализ ХТС
7. Сырьевая и энергетическая подсистемы ХТС
8. Очередность выбора технологических параметров
9. Устойчивость технологического процесса;
10. Способы утилизации тепловой энергии в технологический схеме аппаратов

5.3. Критерии выставления оценки студенту

Оценка «5» (отлично) ставится если: полно раскрыто содержание материала билета: исчерпывающие и аргументированные

ответы на вопросы в билете; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, не требует дополнительных пояснений, точно используется терминология; демонстрируются глубокие знания дисциплины (модуля); даны обоснованные ответы на дополнительные вопросы.
Оценка «4» (хорошо) ставится, если: ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно; демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер, в изложении допущены небольшие пробелы (неточности), не исказившие содержание ответа; материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия; при ответе на дополнительные вопросы полные ответы даны только при помощи наводящих вопросов.
Оценка «3» (удовлетворительно) ставится, если: неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после замечаний преподавателя; при неполном знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, студент не может применить теорию в новой ситуации.
Оценка «2» (неудовлетворительно) ставится, если: не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких замечаний преподавателя; нарушена логика в изложении материала, нет необходимых обобщений и выводов; недостаточно сформированы навыки письменной речи; работа является плагиатом других работ более чем на 90%.

5.4. Форма промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по результатам семестра по дисциплине проходит в форме экзамена.
Контроль за усвоением теоретических знаний и практических навыков (текущий контроль) осуществляется преподавателями при проверке умения анализировать научные теории, аргументировано отстаивать свою точку зрения; в ходе решения практических заданий, ситуационных задач, при защите докладов на практических занятиях, дебатов, проверке самостоятельной работы студента.
Фонд оценочных средств разработан и утвержден протоколом заседания кафедры.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Илалдинов, И.З.	Теория химико-технологических процессов органического синтеза : учебное пособие / И.З. Илалдинов, В.И. Гаврилов [Электронный ресурс]: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258814	Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 144 с. , 2012

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Суббочева, М.Ю.	Теория химико-технологических процессов органического синтеза : учебное пособие / М.Ю. Суббочева, К.В. Брянкин, А.А. Дегтярев [Электронный ресурс: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277922	Тамбов : , 2012. - 161 с. , 2012

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Никулин А,В, Ширяев А,Г,	Теория химико-технологических процессов органического синтеза. Гетерофазные и гетерогенно-каталитические реакции. Учебное пособие	Рязань, СТИ, 2013г.
Л3.2	Липатов А.Е.	Методические указания по самостоятельной работе студентов и подготовке к семинарским занятиям [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://109.195.167.114/pub/mr/_samost_rab_stud.pdf	Совр. тех. универ-т. рязань, 2021

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронная библиотечная система Knigafund.ru Электронная библиотечная система Руконт

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Лицензионное ПО
6.3.1.2	1. MS Office 2007. Н/лиц. 412127472 22.05.2010г.
6.3.1.3	2. Windows XP,
6.3.1.4	
6.3.1.5	Свободно распространяемое ПО
6.3.1.6	1. Офисное приложение Libre Office;
6.3.1.7	2. Архиватор 7-zip;
6.3.1.8	3. Браузер изображений Fast Stone Image Viewer;

6.3.1.9	4.	PDFридер Foxit Reader;
6.3.1.10	5.	Медиа проигрыватель VLCmediaplayer;
6.3.1.11	6.	Браузер Google Chrom, FireFox;
6.3.1.12	7.	Программа для работы с графикой XnView;
6.3.1.13	8.	Звуковой редактор Audacity;
6.3.1.14	9.	Mathcad Express
6.3.1.15		

6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Справочная система "Гарант"
6.3.2.2	1. www.http://biblioclub.ru/ - Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека онлайн";
6.3.2.3	2. www.elibrary.ru – научная электронная библиотека;
6.3.2.4	3. www.openedu.ru - «Национальная платформа открытого образования»;
6.3.2.5	4. https://uisrussia.msu.ru - Университетская информационная система «Россия».
6.3.2.6	Профессиональные базы данных:
6.3.2.7	http://www.tehlit.ru/ ТехЛит библиотека
6.3.2.8	http://www.raasn.ru/index.php Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)
6.3.2.9	http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html - База данных Термические константы веществ

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1	390048, г. Рязань, ул. Новоселов, д. 35 "А", ауд.102,Медиа-Аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием: компьютер Pentium-IV с DVD-RW, Проектор
7.2	390048, г. Рязань, ул. Новоселов, д. 35 "А", ауд.215 Компьютерный класс. Состав: рабочее место: Pentium IV-2Гб – 12 шт. Принтер: МФУ HP 1020 Комплект периферийного мультимедийного оборудования. Подключение к скоростному Интернет. Компьютерные программы: Windows XP, MS Office 2007, AutoCad, Лира, Мономах и др.
7.3	390048, г. Рязань, ул. Новоселов, д. 35 "А", ауд.117,Помещение для самостоятельной работы обучающихся.Оборудование: рабочее место: Pentium IV-2Гб – 4 шт. Серверы – 2 шт; Принтеры-сканеры-копиры: МФУ HP 125 – 1шт; Canon -2520 (A3) – 1шт; Canon -2318 (A3) – 1шт; Сканер (A3) Mystec – 1 шт; Цветной принтер Canon J 1411; Комплект периферийного мультимедийного оборудования. Подключение к скоростному Интернету.
7.4	390048, г. Рязань, ул. Новоселов, д. 35 "А", ауд.209,Медиа-Аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием: компьютер Pentium-IV с DVD-RW, Проектор
7.5	
7.6	
7.7	
7.8	

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Классификация химических реакций

В технологии органического синтеза встречаются практически все реакции органических, а часто и неорганических веществ: окисление и дегидрирование, гидрирование и нитрование, сульфирование и этери-фикация и др. Выбор реактора и условий проведения процессов в зна-чительной степени зависит от типа протекающих в нем реакций. Хими-ческие реакции можно классифицировать по следующим основным признакам:

1) по числу стадий химических превращений;
2) по термическим условиям;
3) по агрегатному (фазовому) состоянию реагентов;
4) по наличию и типу катализаторов.

По числу стадий химические реакции можно разделить на про¬стые и сложные. Простые реакции обычно подразделяют на практиче¬ски необратимые (односторонние) и обратимые (двусторонние). По¬следние, в свою очередь, можно разделить на реакции, которые могут проводиться как в закрытых, так и в частично открытых системах (на-пример, за счет удаления одного из целевых продуктов из зоны реак-ции). Кроме того, простые реакции могут быть мономолекулярными и бимолекулярными, а также элементарными и неэлементарными.

Обратимые и необратимые реакции. При проведении практиче¬ски необратимой реакции главной задачей является обеспечение ее про¬текания с высокой скоростью. Ускорить необратимую реакцию можно, например, за счет увеличения

начальных концентраций реагирующих веществ, повышения температуры.
При осуществлении простых обратимых реакций побочные реак-ции практически не протекают. Процесс протекает до установления ди-намического равновесия, когда скорость прямой реакции станет равной скорости обратной, и характеризуется равновесным выходом продук-тов. При реализации обратимых реакций, как правило, на первом месте стоит задача сдвига равновесия в нужную сторону или организация ее проведения в частично открытой системе.
Сложные реакции. В органическом синтезе наряду с простыми реакциями широко встречаются сложные реакции (последовательные, параллельные и последовательно-параллельные). Под сложными реак-циями понимают совокупность двух и более химических реакций, про-текающих в реакционной системе и приводящих к образованию двух и более конечных и/или промежуточных продуктов.
Широкое распространение имеют последовательно-параллельные реакции. Для такого типа реакций на каждой последовательной стадии в реакции участвует общий реагент, который параллельно взаимодейст-вует с исходным веществом и/или промежуточным продуктом. К таким реакциям относятся многие процессы хлорирования, окисления, суль-фирования, нитрования, гидрирования, алкилирования.
Экзотермические реакции протекают с выделением тепла. Сле-довательно, в реакторах, в которых проводятся такого рода реакции, не¬обходимо предусматривать отвод тепла. Наиболее характерным приме¬ром экзотермических реакций являются все реакции окисления.
Эндотермические реакции протекают с поглощением тепла. По-этому при осуществлении этого рода реакций в реакторах предусматри-вается подвод тепла. К эндотермическим относятся реакции дегидриро-вания, крекинга и др.
Так как реагенты могут находиться при определенных условиях в газообразном, жидком или твердом состоянии, то в зависимости от их фазового состояния и сочетания фаз реакции могут протекать в одной фазе, на границе фаз или в нескольких фазах.
Гомофазными называются реакции, которые протекают в преде-лах одной фазы, так как все компоненты (в том числе и катализатор) на-ходятся только в этой фазе. В свою очередь, эти реакции делятся на га-зофазные, если все компоненты (реагенты и продукты) газообразные, и жидкофазные, когда все реагенты и продукты являются жидкими.
Гетерофазными называются такие реакции, которые протекают в системе, состоящей из нескольких фаз, т. е. когда компоненты (реаген¬ты и продукты) находятся в двух или более фазах. В этом случае имеют место системы газ - жиДкость, жиДкость - жиДкость, т. е. две не- смешивающиеся фазы.
Реакции подразделяются на кинетически-контролируемые и Диффузионно-контролируемые, в зависимости от того, какой стадией определяется их общая скорость (химическим взаимодействием или диффузией реагентов и продуктов реакций). Все это относится, главным образом, к гетерогенным процессам, в которых реакции могут протекать как на поверхности раздела сред (фаз), так и в одной из сред (фаз). При этом реакция может протекать и в кинетической, и в диффузионной об-ласти. Если скорость процесса лимитируется скоростью диффузии, на-пример газа в жидкость, то процесс протекает во внутренней диффузи-онной области. Если же скорость процесса лимитируется скоростью диффузии в дисперсной фазе, например для системы жиД¬кость - жиДкость, то процесс протекает во внешней диффузионной об¬ласти.
По кинетическому признаку, определяющему зависимость скоро-сти реакции от концентрации или парциального давления реагента, ре-акции делятся на реакции нулевого порядка, первого порядка, более вы-сокого порядка и дробного порядка. Для реакций нулевого порядка ско-рость постоянна и не зависит от концентрации или парциального давле-ния реагента, для реакций первого порядка эта зависимость прямоли-нейна, а для реакций более высокого порядка характеризуется экспо -ненциальной кривой.
В зависимости от того, участвует или не участвует катализатор в химическом превращении веществ, все реакции подразделяются на ка-талитические и некаталитические. Если катализатор и реагенты нахо-дятся в одной фазе (например, в жидкой), то говорят о гомогенно-каталитической реакции. Если катализатор и реагенты находятся в раз-ных фазах и реакция протекает только на поверхности катализатора, то эту реакцию принято называть гетерогенно-каталитической реакцией.
Классификация процессов
Процессы, протекающие в реакторе, определяются фазовым со-стоянием исходных реагентов и продуктов реакций (фазовая характери-стика), видом катализатора (твердый или жидкий), теплотой реакций и, соответственно, тепловым режимом (энергетические и термодинамиче-ские характеристики), динамикой процессов, характером движения реа-гентов и продуктов реакций, а также гидродинамикой системы. Кроме того, следствием энергетической и термодинамической характеристик является режим теплообмена.
По фазовому состоянию исходных реагентов и продуктов реакции процессы, протекающие в реакторах, делятся на гомогенные парофаз-ные, гомогенные жидкофазные и гетерогенные процессы. К первым от-носятся процессы, в которых все реагенты и продукты реакций в усло-виях проведения процесса находятся в газовой фазе. К гомогенным жидкофазным относятся процессы, в которых реагенты и продукты на-ходятся в жидком состоянии. Широко применяются гетерогенные про-цессы, в которых реагенты и продукты реакций присутствуют в разных фазах.
Наиболее важна для технологической организации процесса и прежде всего для выбора типа реактора классификация катализаторов по их агрегатному состоянию. Подобно тому, как химические реакции подразделяют в зависимости от агрегатного состояния реагентов и про-дуктов реакций на гомогенные и гетерогенные, так и катализ подразде-ляется на гомогенный и гетерогенный. При этом определяющим являет¬ся агрегатное состояние прежде всего катализатора, т. е. в зависимости от агрегатного состояния катализатора и реагентов процессы, проте¬кающие в реакторе, подразделяются на гомогенные и гетерогенные. К гетерогенному катализу и, соответственно, к гетерогенным процессам относят процессы, в которых катализатор и реагенты находятся в раз¬ных фазах и реакции протекают на границе раздела этих фаз.
В том случае, когда катализатор и реагенты находятся в одной фа¬зе, процесс называется гомогенным (реакции протекают в объеме). Ши¬роко применяются жидкофазные гомогенные процессы, протекающие в присутствии металлокомплексных катализаторов.
В некоторых процессах (реакциях) каталитическое действие мо¬жет оказывать один из продуктов, образующийся в результате реакций. Такие процессы называют автокаталитическими (автокатализ). Чаще всего к их числу относят цепные процессы.

Выход целевых продуктов в значительной степени зависит от температурного режима в реакторе. Поэтому важно подобрать такие температурные условия, которые обеспечат максимальный выход целе-вого продукта. При этом определяющим фактором является теплота ре-акций, протекающих в реакторе. Температурный режим в реакторе мо-жет быть изотермическим, адиабатическим и политермическим.
Изотермический режим характеризуется постоянством темпера-туры во всем реакционном объеме.
Адиабатический режим характеризуется отсутствием теплообме-на с окружающей средой. Поэтому выделяемое тепло экзотермических реакций приводит к повышению температуры системы; в этом случае температура на входе реагентов ниже, чем на выходе. При проведении же эндотермических реакций имеет место обратная картина, т.е. наблю-дается понижение температуры системы; температура исходного сырья на входе в реактор будет выше, чем на выходе из него.
Политермический режим характеризуется таким внешним тепло-обменом, который не является пропорциональным теплоте реакций. Подача или отвод тепла в этом случае может осуществляться через стенку, разделяющую охлаждающие или нагревающие потоки, или не-посредственное их смешение. При этом теплообмен может быть непре-рывным или ступенчатым, когда теплообменные устройства вынесены из зоны реакций.
Возможны случаи, когда тепла, выделяющегося в результате ре-акций, достаточно, чтобы нагреть сырье (исходные реагенты) до нуж¬ной температуры, и исключается необходимость подвода тепла извне. Такие процессы называются автотермическими.
Характер движения исходных реагентов и продуктов реакций в значительной степени определяется объемом выпускаемой продукции. В зависимости от объема продукции используют периодические, полу-непрерывные, непрерывные и циклические или сменно-циклические про-цессы.
В технологии органического синтеза периодические процессы применяются, как правило, только для получения малотоннажных и вспомогательных продуктов, в том числе и катализаторов. Такие про-цессы обладают следующими преимуществами: характеризуются боль-шой гибкостью (в одном и том же реакторе можно получать разные продукты); реактор периодического действия предусматривает меньшие капиталовложения, чем реактор, работающий в непрерывном режиме.
Процессы полупериодического действия широко применяются при использовании реакторов, в которых катализатор требует регенера-ции. Примером такого процесса является триадная схема процесса оксо¬синтеза. В этом случае в одном реакторе протекает основной процесс, а в другом - регенерация катализатора. А затем они переключаются и ме¬няют свои функции.
Кроме того, к числу полупериодических процессов можно отнести такие, когда одни реагенты вводятся непрерывно, а другие - периодиче-ски. Подобные процессы используют, как правило, в случае высокоэк-зотермических реакций.
Наиболее широкое распространение в технологии основного ор-ганического и нефтехимического синтеза получили непрерывные про-цессы. Эти процессы имеют следующие преимущества: более низкие по сравнению с периодическими процессами эксплуатационные расходы из-за отсутствия таких операций, как многократные загрузки и выгрузки аппаратов; легко поддаются автоматизации, что также снижает эксплуа-тационные расходы; устойчивость технологического режима, так как легко поддерживать постоянными параметры процесса. Это, в свою оче¬редь, приводит к стабильности качества выпускаемого продукта.
К циклическим или сменно-циклическим процессам относятся та-кие, в которых для достижения непрерывности применяется каскад ре-акторов. Причем в разных реакторах могут протекать разнонаправлен-ные по теплоте химические реакции, а через определенный промежуток времени реакторы переключают и в них осуществляют другие стадии или циклы процесса. Обычно такое переключение реакторов происхо-дит автоматически.
По характеру движения исходных реагентов и продуктов реакций процессы могут быть подразделены на прямоточные, перекрестноточ-ные, процессы с постепенным добавлением реагентов и противоточ-ные.
С точки зрения гидродинамики процессы, протекающие в реакто-рах, могут быть подразделены на процессы с полным перемешиванием реагентов, с многоступенчатым (секционным) перемешиванием и без перемешивания. Другими словами, может происходить полное переме-шивание (идеальное смешение реагентов) как во всем реакторе, так и в отдельных его секциях, а также вытеснение реагентов.
В настоящем учебном пособии рассмотрены теоретические осно-вы гетерофазных реакций, гетерогенного катализа и гетерогенно-каталитических реакций.

Комплексное изучение предлагаемой студентам учебной дисциплины предполагает овладение материалами лекций, учебника, творческую работу студентов в ходе проведения семинарских занятий, а также систематическое выполнение тестовых и иных заданий для самостоятельной работы студентов.
В ходе лекций раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, делаются акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть приняты студентами во внимание. Материалы лекций являются основой для подготовки студента к семинарским занятиям.
Основной целью семинарских и практических занятий является контроль за степенью усвоения пройденного материала, ходом выполнения студентами самостоятельной работы и рассмотрение наиболее сложных и спорных вопросов в рамках темы занятия. Ряд вопросов дисциплины, заслушиваются на семинарских занятиях в форме подготовленных студентами сообщений (10-15 минут) с последующей их оценкой всеми студентами группы.
Практические занятия проводятся по материалам лекций, печатных изданий, электронных источников. Предусмотрено проведение индивидуальной работы (консультаций) со студентами в ходе изучении материала данной дисциплины.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ИНВАЛИДАМ И ЛИЦАМ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Специальные условия обучения и направления работы с инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья (далее - обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья) определены на основании:
- Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

- Федерального закона от 24.11.1995 № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»;
- приказа Минобрнауки России от 05.04.2017 № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- методических рекомендаций по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса, утвержденных Минобрнауки России 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Под специальными условиями для получения образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья понимаются условия обучения, воспитания и развития таких обучающихся, включающие в себя использование при необходимости адаптированных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего необходимую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания вуза и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.

Обучение в рамках учебной дисциплины обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется университетом с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Обучение по учебной дисциплине обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.

В целях доступности обучения по дисциплине обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
- наличие альтернативной версии официального сайта института в сети «Интернет» для слабовидящих;
- весь необходимый для изучения материал, согласно учебному плану (в том числе, для обучающихся по индивидуальным учебным планам) предоставляется в электронном виде на диске.
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение возможности выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собакупроводника, к зданию института.

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
- наличие микрофонов и звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования (аудиоколонки);

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов и других приспособлений).

Перед началом обучения могут проводиться консультативные занятия, позволяющие обучающимся с ограниченными возможностями адаптироваться к учебному процессу.

В процессе ведения учебной дисциплины профессорско-преподавательскому составу рекомендуется использование социально-активных и рефлексивных методов обучения, технологий социокультурной реабилитации с целью оказания помощи обучающимся с ограниченными возможностями здоровья в установлении полноценных межличностных отношений с другими обучающихся, создании комфортного психологического климата в учебной группе.

Особенности проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья устанавливаются с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и другое). При необходимости предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (зачете).