

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.09

Моделирование химико-технологических процессов органического синтеза

(индекс дисциплины)

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **12** Органическая химия

Код

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая технология органических веществ

Уровень образования: бакалавриат

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		
	Аудиторные занятия	56		
	Лекции	28		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	28		
	Самостоятельная работа	52		
	Промежуточная аттестация	36		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	8		
	Зачет			
	РГР	8		
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная								4		
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология

и на основании учебного плана № b180301.12-12_20
b180301.12-3_20

Кафедра-разработчик: Органической химии

Заведующий кафедрой: Тришин Ю.Г.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Органической химии

Заведующий кафедрой: Тришин Ю.Г.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области моделирования химико-технологических процессов органического синтеза.

1.3. Задачи дисциплины

- Сформировать основные понятия процесса моделирования отдельных химико-технологических объектов и химико-технологических систем;
- Дать обучающимся принципы построения математической модели химико-технологического объекта и основные положения анализа и синтеза химико-технологических систем;
- Привить студентам навыки решения математических моделей как отдельных химико-технологических объектов, так и химико-технологических систем в целом.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы)

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-1	способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	2,3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) основы метода математического моделирования, принципы построения математических моделей химико-технологических объектов для решения профессиональных задач; 2) методы математического моделирования в оптимизации и проектировании процессов химической технологии и биотехнологии. Уметь: 1) использовать прикладные и специальные программы для решения профессиональных задач; 2) разрабатывать математические модели типовых процессов химической технологии с учетом динамических свойств. Владеть: 1) навыками построения математических моделей, основанных на физико-химических закономерностях химико-технологических процессов, а также методами построения и исследования кинетики гомогенных и гетерогенных химических реакций; 2) методами моделирования химических реакторов различных типов.		
ПК-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования	3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) о роли математического моделирования при разработке и эксплуатации современных крупнотоннажных промышленных предприятий;		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
	2) принципы и методы построения математических моделей основных процессов химической технологии. Уметь: 1) использовать математические методы разработки и исследования эффективных процессов и аппаратов химической технологии; 2) использовать компьютерные моделирующие системы для исследования и оперативного анализа типовых объектов химической технологии; Владеть: 1) базовыми навыками использования программных продуктов для инженерного оформления технологических процессов; 2) навыками решения конкретных задач по моделированию химико-технологических процессов органического синтеза.	
ПК-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) модульный принцип разработки математического описания химико-технологических процессов органического синтеза; 2) особенности моделирования процессов промышленного основного и тонкого органического синтеза, а также производства высокомолекулярных соединений и переработки природного сырья. Уметь: 1) провести практические расчеты при исследовании реальных процессов и аппаратов, химических реакторов; 2) провести анализ влияния параметров технологического процесса на экономические показатели производства и состояние окружающей среды. Владеть: 1) базовыми навыками работы на современных компьютерах, практического использования современных программных средств различного назначения; 2) навыками использования современных офисных систем и графических оболочек.		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Электротехника и промышленная электроника (ПК-1);
- Водоподготовка в технологии органических веществ (ПК-1);
- Реагентные методы очистки воды в технологии органических веществ (ПК-1);
- Технология органического синтеза (ПК-1);
- Основы химии твердых веществ органического синтеза (ПК-1);
- Сорбционные технологии органического синтеза (ПК-1);
- Современные методы идентификации органических веществ (ПК-1);
- Спектральные методы анализа органических соединений (ПК-1);
- Производственная практика (ПК-1, ПК-4);
- Химия и технология экстрактивных веществ и терпенов (ПК-1);
- Композиционные материалы на основе органических веществ и полимерных пленок (ПК-1);
- Математика (ПК-2);
- Информатика (ПК-2);
- Аналитическая химия и физико-химические методы анализа в технологии органических веществ (ПК-2);
- Инженерная и компьютерная графика (ПК-2);
- Физическая химия (ПК-4);
- Экология процессов органического синтеза (ПК-4);
- Общая химическая технология (ПК-4);
- Технология органического синтеза (ПК-4);

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Общие вопросы моделирования химических производств			
Тема 1. Химико-технологические системы (ХТС) Иерархическая структура современного химического предприятия. Химико-технологическая система как большая система. Основные положения системного анализа. Понятие физико-химической системы	4		
Тема 2 Компьютерные технологии как основа современного подхода к управлению технологическими процессами органического синтеза Общая характеристика задач химической технологии, решаемых с применением компьютерных технологий: автоматизированные системы научных исследований, автоматизированное проектирование, автоматизированные системы управления технологическим процессом.	4		
Тема 3. Общие принципы моделирования ХТС Математическое моделирование ХТС. Понятие модели, классификация моделей. Виды моделирования (физическое, математическое). Классификация математических моделей. Принципы математического моделирования процессов химической технологии. Исследование химико-технологических процессов методом математического моделирования. Блочный принцип построения математической модели ХТС. Классификация уравнений модели. Этапы построения математической модели ХТС органического синтеза.	8		
Текущий контроль 1 (устный опрос)	2		
Учебный модуль 2. Детерминированный подход к моделированию			
Тема 4. Гидродинамическая структура однофазных потоков Время пребывания элементов потока как случайная величина. Экспериментальное изучение распределения времени пребывания элементов потока. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока. Типовые модели структуры потоков: модель идеального перемешивания, модель идеального вытеснения, однопараметрическая диффузионная модель, ячеечная модель, комбинированные модели. Алгоритм идентификации математического описания структуры потоков.	18		
Тема 5. Теплообменные процессы Основы теплового расчета. Проектный расчет теплообменного аппарата. Проверочный расчет теплообменного аппарата. Математические модели теплообменников: «перемешивание-перемешивание», «перемешивание-вытеснение», «вытеснение-вытеснение». Оптимальное проектирование теплообменного аппарата. Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации.	10		
Тема 6. Кинетика химических реакций Основные понятия химической кинетики. Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Механизм химической реакции Простые и сложные реакции. Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения Стехиометрическая матрица. Методы упрощения математической модели кинетики. Стехиометрически линейно зависимые и стехиометрически линейно независимые реакции. Линейные инварианты. Ключевые вещества. Этапы идентификации математической модели кинетики химических реакций. Экспериментальное исследование кинетики химических реакций. Формулирование гипотез о возможных механизмах реакции. Разработка математической модели кинетики химических реакций. Формулирование критерия адекватности. Отыскание кинетических констант (параметрическая идентификация модели).	12		
Тема 7. Массообменные процессы Постановка задачи. Блочный принцип построения моделей массопере-	9		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
дачи. Общая характеристика математического описания: уравнение баланса массы, уравнение равновесия, уравнение кинетики. Пример моделирования процесса адсорбции. Уравнение материального баланса. Уравнение кинетики сорбции. Уравнение равновесия сорбции. Уравнение теплового баланса. Уравнение передачи тепла. Начальные и граничные условия.			
Тема 8. Химические реакторы Классификация химических реакторов. Математические модели процессов в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения. Каскад реакторов идеального смешения. Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешения.	10		
Текущий контроль 2 (устный опрос)	3		
Учебный модуль 3. Вероятностный подход к моделированию			
Тема 9. Функция одной переменной Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости. Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости.	6		
Тема 10. Функции многих переменных Множественная регрессия. Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка.	3		
Текущий контроль 3 (устный опрос)	1		
Текущий контроль 3 (РГР)	18		
Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен)	36		
ВСЕГО:	144		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	8	1				
2	8	1				
3	8	4				
4	8	6				
5	8	4				
6	8	4				
7	8	4				
8	8	2				
9	8	1				
10	8	1				
ВСЕГО:		28				

3.2. Практические занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Химико-технологические системы и компьютерные технологии (практическое занятие)	8	2				
3	Общие принципы моделирования ХТС органического синтеза (практическое занятие)	8	2				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
4	Гидродинамическая структура однофазных потоков (практическое занятие)	8	6				
5	Теплообменные процессы (практическое занятие)	8	2				
6	Кинетика химических реакций (практическое занятие)	8	4				
7	Массообменные процессы (практическое занятие)	8	2				
8	Химические реакторы (практическое занятие)	8	6				
9	Вероятностный подход к моделированию (практическое занятие)	8	4				
ВСЕГО:			28				

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3	Устный опрос	8	3				
3	РГР	8	1				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	8	16				
Подготовка к практическим занятиям	8	18				
Выполнение РГР	8	18				
Подготовка к экзамену	8	36				
ВСЕГО:		52+36				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Практические занятия	разбор конкретных ситуаций, опережающая самостоятельная работа; работа в команде, дискуссия, опрос, презентация домашнего задания	4		

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
ВСЕГО:		4		

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Бочкарев В.В. Оптимизация химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бочкарев В.В.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 264 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34690>.— ЭБС «IPRbooks».

б) дополнительная учебная литература

2. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Закгейм А.Ю.— М.: Логос, 2012.— 304 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9103>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Проблемно ориентированная информатика химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.В. Кравцов [и др.].— Томск: Томский политехнический университет, 2013.— 160 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34700>.— ЭБС «IPRbooks».

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Бельфор В.М. Математическое моделирование технологического объекта управления [Электронный ресурс]: учеб. пос. / В.М. Бельфор, В.Б. Попов, И.В. Антонишин. – СПб.: СПбГТУРП, 2013.– 34 с. - Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/2.pdf> - ЭБ ВШТЭ

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

- <http://chemport.ru> – химический портал
- <http://www.ep.espacenet.com> – база данных по патентам

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

- Microsoft Windows 8.1
- Microsoft Office Professional 2013

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

Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом (ноутбук или персональный компьютер, медиапроектор).

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Не предусмотрены

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	<p>Лекции являются теоретическим обеспечением дисциплины. На лекциях излагается основное содержание дисциплины, формулируются главные понятия и методология предмета. Содержание дисциплины иллюстрируется конкретными примерами, широко используется зарубежный и отечественный опыт по соответствующей тематике.</p> <p>Освоение лекционного материала обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Работа с конспектом лекций по данной дисциплине; • Чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы; • Просмотр российских и зарубежных периодических изданий; ресурсов Интернет.
Практические занятия	<p>На практических занятиях преподавателем разъясняются теоретические положения курса, обучающиеся работают с конкретными ситуациями, овладевают навыками сбора, анализа и обработки информации для принятия самостоятельных решений, навыками подготовки информационных обзоров и аналитических отчетов по соответствующей тематике; навыками работы в малых группах; развивают организаторские способности по подготовке коллективных проектов.</p> <p>Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ: подготовка ответов к контрольным вопросам; просмотр рекомендуемой литературы, решение задач по алгоритму и др.</p>
Самостоятельная работа	<p>Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации, подготовки к экзамену. Самостоятельная работа выполняется индивидуально, а также может проводиться при участии преподавателя.</p> <p>Расчетно-графическая работа является важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом. Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний и развитие практических навыков по решению задач в области моделирования химико-технологических процессов органического синтеза, выработка навыков анализа данных и формулирования выводов по полученным результатам.</p> <p>Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя. В процессе выполнения расчетно-графической работы допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях. В случае оформления работы в соответствии с требованиями студент защищает работу.</p> <p>При подготовке к экзамену необходимо проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.</p>

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-1 (2,3)	1. Освоил основы метода математического моделирования в оптимизации и проектировании процессов химической технологии и биотехнологии.	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (34 вопроса) 2. Практические

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	2. Способен разрабатывать математические модели типовых процессов химической технологии с учетом динамических свойств. 3. Использует навыки построения математических моделей, основанных на физико-химических закономерностях химико-технологических процессов, для моделирования химических реакторов различных типов.		задания (6 заданий)
ПК-2 (3)	1. Может применить принципы и методы построения математических моделей основных процессов химической технологии при разработке и эксплуатации современных крупнотоннажных промышленных предприятий. 2. Использует компьютерные моделирующие системы для разработки и исследования эффективных процессов и аппаратов химической технологии. 3. Применяет базовые навыки использования программных продуктов для решения конкретных задач по моделированию химико-технологических процессов.	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (34 вопроса) 2. Практические задания (6 заданий)
ПК-4 (3)	1. Способен применить модульный принцип разработки математического описания химико-технологических процессов промышленного основного и тонкого органического синтеза, а также производства высокомолекулярных соединений и переработки природного сырья. 2. Проводит практические расчеты при исследовании реальных процессов и аппаратов, химических реакторов; 3. Оценивает влияние параметров технологического процесса на экономические показатели производства и состояние окружающей среды.	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (34 вопроса) 2. Практические задания (6 заданий)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Устное собеседование
отлично	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий знание основных областей применения композиционных материалов на основе органических пигментов, красителей и связующих и компьютерных технологий, а также глубокое понимание принципов их производства и функций, широкую эрудицию в оцениваемой области. Обучающийся может объяснить принципы создания таких материалов на основе имеющихся сведений о свойствах органических веществ и полимерных материалов, а также вероятные области применения разрабатываемых материалов. Могут присутствовать несущественные ошибки, не связанные с сутью обсуждаемой проблемы. Критический, оригинальный подход к материалу.
хорошо	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации (материалы практических занятий, рекомендованная литература). Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки, большая часть которых может быть исправлена самостоятельно при устном собеседовании с преподавателем.
удовлетворительно	Ответ неполный, основанный только на материалах лекций. Может перечислить виды композиционных материалов на органических связующих и области их применения. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по несколь-

	ким темам, незнание (путаница) важных терминов
неудовлетворительно	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Неспособность интерпретировать наблюдаемые или описываемые явления с позиций основных положений изученной дисциплины (вне зависимости от успешности выполненного письменного задания).

* **Существенные ошибки** – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).

* **Несущественные ошибки** – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов к экзамену, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Иерархическая структура современного химического предприятия. Химико-технологическая система как большая система.	1
2	Основные положения системного анализа.	1
3	Физико-химическая система.	1
4	Автоматизированные системы научных исследований.	2
5	Автоматизированное проектирование.	2
6	Автоматизированные системы управления технологическим процессом.	2
7	Математическое моделирование ХТС.	3
8	Классификация моделей. Виды моделирования (физическое, математическое).	3
9	Классификация математических моделей.	3
10	Принципы математического моделирования процессов химической технологии. Исследование химико-технологических процессов методом математического моделирования.	3
11	Блочный принцип построения математической модели ХТС. Этапы построения математической модели ХТС.	3
12	Экспериментальное изучение распределения времени пребывания элементов потока. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока.	4
13	Типовые модели гидродинамической структуры однофазных потоков: модель идеального перемешивания, модель идеального вытеснения, однопараметрическая диффузионная модель, ячеечная модель, комбинированные модели.	4
14	Алгоритм идентификации математического описания гидродинамической структуры однофазных потоков.	4
15	Основы теплового расчета. Проектный и проверочный расчеты теплообменного аппарата.	5
16	Математические модели теплообменников: «перемешивание-перемешивание», «перемешивание-вытеснение», «вытеснение-вытеснение».	5
17	Оптимальное проектирование теплообменного аппарата.	5
18	Основные понятия химической кинетики. Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения.	6
19	Механизм химической реакции. Простые и сложные реакции.	6
20	Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения. Стехиометрическая матрица.	6
21	Методы упрощения математической модели кинетики.	6
22	Идентификация математической модели кинетики химических реакций.	6
23	Экспериментальное исследование кинетики химических реакций. Формулирование гипотез о возможных механизмах реакции.	6
24	Разработка математической модели кинетики химических реакций. Формулирование критерия адекватности.	6
25	Параметрическая идентификация модели.	6
26	Блочный принцип построения моделей массопередачи.	7
27	Общая характеристика математического описания процесса массопередачи: уравне-	7

	ние баланса массы, уравнение равновесия, уравнение кинетики.	
28	Классификация химических реакторов.	8
29	Математические модели процессов в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения.	8
30	Каскад реакторов идеального смешения.	8
31	Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешения.	8
32	Вероятностный подход к моделированию: выбор вида и определение параметров эмпирической монотонной зависимости.	9
33	Вероятностный подход к моделированию: выбор вида и определение параметров эмпирической немонотонной зависимости.	9
34	Вероятностный подход к моделированию: планирование эксперимента. Варианты факторных экспериментов.	10

10.2.2 Вариант типовых заданий (задач), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ
1	Определите число опытов дробного факторного эксперимента с числом факторов $k=5$ и показателем дробности $p=2$, приведите пример матрицы планирования.	Число опытов дробного факторного эксперимента определяется по формуле $n=2^{k \cdot p}$. Первые $(k-p)$ факторов строятся точно так же, как и в полном факторном эксперименте. Последующие факторы получаются по генерирующим соотношениям: $X_4=X_1X_2X_3$, и $X_5=X_1X_2$.
2	В некоей мономолекулярной реакции расходуется вещество А. В ходе экспериментального изучения реакции получены следующие данные, представленные в виде пар чисел «время; концентрация»: (0; 100), (1; 54,78), (2; 30,01), (3; 16,44), (4; 9,01), (5; 4,93), (6; 2,70), (7; 1,48), (8; 0,81), (9; 0,44), (10; 0,24). Представьте зависимость концентрации веществ от времени в виде уравнения.	Определяем методом средних точек вид экспериментальной зависимости. Наиболее точно отражает искомую зависимость уравнение вида: $A(t)=b_0 \exp(b_1 t)$, а именно $A(t)=100,28 \cdot \exp(-0,6029 \cdot t)$ ($R^2=1$)
3	На примере системы реакций первого порядка $A \xrightleftharpoons[k_3]{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ составьте математическую модель кинетики химического процесса в соответствии с исходными данными: $k_1 = 1,5$ [1/с]; $k_2 = 0,5$ [1/с]; $k_3 = 0,1$ [1/с]; $C_{a0} = 100$ [моль/л]; $C_{b0} = C_{c0} = 0$.	$\begin{cases} \frac{dC_a}{dt} = -k_1 \cdot C_a + k_3 \cdot C_b \\ \frac{dC_b}{dt} = k_1 \cdot C_a - k_3 \cdot C_b - k_2 \cdot C_b \\ \frac{dC_c}{dt} = k_2 \cdot C_b \end{cases}$ с начальными условиями при $t = 0$, $C_{a0} = 100$ [моль/л], $C_{b0} = C_{c0} = 0$.
4	Графически определите кинетические параметры уравнения модели кинетики процесса $aA + bB \rightarrow cC$.	Дифференциальное уравнение скорости реакции имеет вид $-r_A = \frac{dC_A}{d\tau} = k C_A^a C_B^b$ Полагая $a + \epsilon = n$ и приняв $[CA] = [CB]$, после логарифмирования получим выражение $-\lg r_A = (\lg k + n \lg [CA]).$ Искомый график выглядит следующим образом

5	Для системы реакций $A_1 + A_2 - A_3 - A_4 = 0$ $-A_1 + 2A_3 - A_4 = 0$ определите количество инвариантов и ключевых веществ.	Количество инвариантов 2, количество ключевых веществ 2.
6	Рассчитайте стоимость однопоточного теплообменника «труба в трубе» массой 860 кг, приняв оптовую цену теплообменника $C_{Топм} = 650$ руб/кг.	Расчет ведется по формуле: $C_T \approx C_{Топм} * G$ $C_T \approx 559$ тыс. руб

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена, и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная*

10.3.3. Особенности проведения экзамена

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- В том случае, если ответ требует выхода в сеть Интернет для демонстрации навыков обучающегося, такой выход может быть предоставлен.
- Время на подготовку ответа по билету 40 минут, время ответа на билет не более 10 минут.
- Письменный конспект подготовки по билету может быть использован при обязательном устном собеседовании.