

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.05

(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая химическая технология

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

04.03.01 Химия

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)

Медицинская и фармацевтическая химия

(направленность (профиль)/специализация)

Форма обучения: очная

Год набора: 2018

Распределение часов дисциплины по семестрам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	6												
Часов по РУП	216												
Виды контроля в семестрах:	Экзамены			Зачеты			Курсовые проекты		Курсовые работы		Контрольные работы (для заочной формы обучения)		
	5												
	№№ семестров												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого	
ЗЕТ по семестрам					6							6	
Лекции					36							36	
Лабораторные					18							18	
Практические					36							36	
Контактная работа					90							90	
Сам. работа					90							90	
Контроль					36							36	
Итого					216							216	

Тольятти, 2018

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВПО/ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 04.03.01. Химия
(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Химия, химические процессы и технологии» (протокол заседания № 7 от 12 февраля 2018 г.).

Рецензент

(должность, ученое звание, степень)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«__»____20__г.

Срок действия рабочей программы дисциплины до 12 февраля 2022 г.

Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:

Протокол заседания кафедры № ____ от «__»____20__г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__»____20__г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__»____20__г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__»____20__г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Химия, химические процессы и технологии»
(разработавшей РПД)

«__»____20__г.

(подпись)

Г.И. Остапенко
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ
дисциплины (учебного курса)
Б1.В.05 Общая химическая технология
(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)

Цель – изучение теоретических закономерностей основных процессов химической технологии, знакомство с теорией химических реакторов и общими принципами разработки химико-технологических процессов на основе системного подхода.

Задачи:

1. Знакомство с химическим производством, его структурой и компонентами. Изучение основ химических процессов и реакторов.
2. Изучение роли процессов переноса импульса, тепла и массы в решении проблемы интенсификации химико-технологических процессов.
3. Рассмотрение основных примеров термодинамических расчетов химико-технологических процессов и использования законов химической кинетики при выборе технологического режима и моделировании этих процессов.
4. Знакомство с физико-химическими и технологическими аспектами анализа процессов в химическом производстве и организации химико-технологических процессов.
5. Изучение теоретических основ курса на примере некоторых конкретных химических производств.

2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – «Физика», «Высшая математика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия».

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – «Методология современного биоорганического синтеза», «Химия и физика высокомолекулярных соединений», «Химия гетероциклических соединений», «Биомедицинская химия», «Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
способность к поиску и первичной обработке научной и научно-технической информации (ОПК-5);	Знать: – основные понятия и законы гидродинамики, процессов тепло- и массообмена, термодинамики, кинетики;
	Уметь: – пользоваться специальной технической литературой для расчета термодинамических и кинетических характеристик типовых процессов химической технологии;
	Владеть: – аналитическими и графическими методами обработки первичной информации (экспериментальных данных)
способность применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-4);	Знать: – основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки;
	Уметь: – применять основные естественнонаучные законы и при анализе результатов;
	Владеть: – методами расчета технологических показателей эффективности технологического процесса;
владеть методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств (ПК-7);	Знать: – основные методы обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств;
	Уметь: – применять методы безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств.
	Владеть: – основными методами обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств

Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Модуль 1. Общие сведения о химической технологии. Химико-технологическая система.	Состояние и тенденции развития химической промышленности, ее сырьевые и экологические проблемы. Области и направления приоритетных исследований в химии и химической технологии.
	Сырье химической промышленности. Энергетические ресурсы химической промышленности. Вода. Промышленная водоподготовка
	Химическое производство и химико-технологический процесс, структура, состав и компоненты химического производства.
	Химико-технологическая система. Технологические схемы. Основные технологические показатели химико-технологического процесса
	Принципы классификации химико-технологических процессов. Гомогенные и гетерогенные процессы
Модуль 2: Химические процессы и реакторы	Виды химических реакторов. Реакторы идеального смешения и идеального вытеснения
	Классификация химических процессов. Гомогенный химический процесс. Простые реакции. Сложные реакции
	Гетерогенный химический процесс. Основные определения. Система «Газ – жидкость», «газ-твердое»
	Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс процессов массопередачи. Механизм процессов массопереноса. Уравнение массоотдачи. Подobie процессов массообмена. Диффузионные критерии подобия. Уравнение массопередачи.
	Каталитический химический процесс. Гомогенный и гетерогенный катализ. Стадии гетерогенного катализа. Реакторы для каталитических процессов
	Уровни анализа, описания и расчета химических процессов, протекающих в реакторах. Структура математической модели химического реактора. Уравнение материального баланса реактора.
	Тепловые явления в химическом реакторе. Изотермический процесс, неизотермический процесс в химическом реакторе. Организация теплообмена в реакторе и температурные режимы.
	Моделирование и модели. Способы моделирования. Понятие системы. Математическое описание системы и подходы к его созданию.
Модуль 3: Важнейшие химические производства	Технология связанного азота. Сырьевая база азотной промышленности. Синтез аммиака
	Производство азотной кислоты
	Химическая переработка нефти. Первичная переработка. Каталитический крекинг, Каталитический риформинг нефти.
	Технология серной кислоты и минеральных удобрений

Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 6 ЗЕТ.

4. Технологическая карта по учебному курсу Общая химическая технология

Семестр изучения	Кол-во недель, в течение кото- рых реализуется курс	Объем учебного курса и виды учебных мероприятий														Форма контроля	Контроль в часах
		Всего часов по уч. плану	Контактная работа занятия					Самостоятельная работа									
			Всего				В т.ч. в интерактив- ной форме	Всего	Лабораторные	Консультации	РГР	Курс. проекты (Курс. работы)	Контрольные работы	Иное	ЦТ		
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические											
5	18	216	90	36	18	36		90	0	0	0	0	0	88	2	экзамен	36

№ недели	№ модуля	Наименование учебного мероприятия	Краткое название типа учебного мероприятия	Описание учебного мероприятия (тема, формы проведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реализующие применяемую образовательную технологию)	Выставляется в расписание? (+, -)	Ответственный за проведение (ведущий: лектор - Л, преподаватель - П)	Максимальное кол-во баллов за задание	Продолжительность учебных мероприятий, проводимых				Требования к ресурсам					Рекомендуемая литература (№ и стр.)
								в аудитории		Самостоятельная работа		Тип аудитории	Кол-во аудиторий	Предлагаемое место проведения (№ ауд., др. место)	Максимальное кол-во студентов в аудитории	Требуемое оборудование	
								в часах	в т.ч. в интерактивной форме (+, -)	в часах	в днях						
1	1	Лекция №1: Введение в курс	Лек №1	Введение в дисциплину. Понятие технологии.Технология химических производств. Место технологии среди других наук. Состояние и тенденции развития химической промышленности, ее сырьевые и экологические проблемы. Области и направления приоритетных исследований в химии и	+	Л		2				Лекционная аудитория	1	А-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]

				химической техноло- гии.													
1	1	Практическое занятие № 1	ПЗ1	Практическая работа №1. Расчеты по хими- ческим уравнениям. Расчеты с примени- ем газовых законов	+	П	3	2				Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[1,2,3,8]
2	1	Лекция №2: Сырье и ресурсы химической промышленности	Лек №2	Сырье химической промышленности. Энергетические ресур- сы химической про- мышленности. Вода. Промышленная водо- подготовка.	+	Л		2				Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]
2	1	Практическое занятие № 2	ПЗ2	Практическая работа №2. Состав исходных и реакционных смесей	+	П	3	2				Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[1,2,3,8]
2	1	Лабораторное занятие № 1	Лаб31	Лабораторная работа №1. Определение плотности раствори- телей	+	П	8	4				Лаборатория "Физическая и коллоидная химия"	1	A -318	24	Лабораторное оборудование	[1,2,3,8]
1 - 9	1	Самостоятельное изучение мате- риала	Сам	Изучение лекционного материала. Подготовка к защите практических и лабораторных работ.	-					44		Помещение для самостоятельной работы студен- тов	1	Г-401	16	Компьютер с выходом в сеть Интернет	[1,2,3,8]
3	1	Лекция №3: Структура и состав химиче- ского производ- ства	Лек №3	Химическое производ- ство и химико- технологический про- цесс, структура, состав и компоненты химиче- ского производства.	+	Л		2				Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]
3	1	Практическое занятие № 3	ПЗ3	Практическая работа №3 Самостоятельная работа по теме «Состав исходных и реакцион- ных смесей»	+	П	4	2				Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[1,2,3,8]
4	1	Лекция №4: Химико- технологическая система	Лек №4	Химико- технологическая си- стема. Технологи- ческие схемы. Основные технологические пока- затели эффективности химико- технологического про- цесса	+	Л		2				Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]
4	1	Практическое занятие № 4	ПЗ4	Практическая работа №4 Методика состав- ления и форма пред-	+	П	3	2				Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	

				ставления материаль-ного баланса.													
4	1	Лабораторное занятие № 2	Лаб32	Лабораторная работа №2 Определение сте-пени влагопоглощения адсорбента	+	П	8	4			Лаборатория "Физическая и коллоидная химия"	1	A -318	24	Лабораторное оборудование	[1,2,3,8]	
5	1	Лекция №5: Классификация химико-технологических систем	Лек. № 5	Принципы класси-фикации химико-технологических про-цессов. Гомогенные и гетерогенные процессы	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]	
5	1	Практическое занятие № 5	ПЗ5	Практическая работа № 5. Основные тех-нологические показа-тели ХТ процессов	+	П	3	2			Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[1,2,3,8]	
6	2	Лекция №6: Химические реакторы	Лек. № 6	Виды химических реакторов. Реакторы идеального смешения и идеального вытеснения	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]	
6	2	Практическое занятие № 6	ПЗ6	Практическая работа № 6. Особенности составления матери-альных балансов для необратимых реакций	+	П	3	2			Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая		
6	1	Лабораторное занятие № 3		Лабораторная работа №3. Промышленная водо-подготовка 1	+	П	8	4			Лаборатория "Физическая и коллоидная химия"	1	A -318	24	Лабораторное оборудование	[1,2,3,8]	
7	2	Лекция №7: Гомогенные химические ре-акции	Лек №7	Классификация хими-ческих процессов. Гомогенный химиче-ский процесс. Простые реакции. Сложные реакции. Реакторы для гомогенных процессов	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]	
7	2	Практическое занятие № 7	ПЗ7	Практическая работа № 7. Особенности составления матери-альных балансов для обратимых реакций	+	П	3	2			Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[7,8]	
8	2	Лекция№8 Гетерогенные процессы	Лек № 8	Гетерогенный химиче-ский процесс. Основ-ные определения. Си-стема «Газ – жид-кость», «газ-твердое». Реакторы для гетеро-генных процессов	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[1,2,3,8]	
8	2	Практическое	ПЗ8	Практическая работа	+	П	3	2				1	A-306	40	Доска меловая		

		занятие № 8		№ 8. Расчет расходных коэффициентов													
8	1	Лабораторное занятие № 4	Лаб34	Лабораторная работа №4. Промышленная водоподготовка 2	+	Л	8	4			Лаборатория "Физическая и коллоидная химия"	1	А -318	24	Лабораторное оборудование	[1,2,3,8]	
9	2	Лекция №9: Каталитические процессы	Лек. № 9	Каталитические процессы в химической технологии. Гомогенные и гетерогенные каталитические процессы. Катализаторы. Свойства катализаторов. Реакторы для каталитических процессов	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	А-115	187	Доска меловая	[5,7,10]	
9	2	Практическое занятие № 9	ПЗ9	Практическое занятие № 9. Методика расчета тепловых балансов	+	П	3	2			Лекционная аудитория	1	А-306	40	Доска меловая	[1,2,3]	
10	2	Лекция №10. Материальный баланс	Лек. № 10	Уровни анализа, описания и расчета химических процессов, протекающих в реакторах. Структура математической модели химического реактора. Уравнение материального баланса реактора.	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	А-115	187	Доска меловая	[5,7,10]	
10	2	Практическое занятие № 10	ПЗ10	Практическое занятие № 10. Контрольная работа по теме технологические расчеты»	+	П	9	2			Лекционная аудитория	1	А-306	40	Доска меловая	[1,2,3]	
10	2	Лабораторное занятие № 5	Лаб35	Лабораторная работа №5 Защита лабораторных работ	+	Л		2			Лаборатория "Физическая и коллоидная химия"	1	А -318	187	Лабораторное оборудование	[7,8]	
11	2	Лекция № 11: Тепловые явления в химическом реакторе. Моделирование и модели в ХТ	Лек. № 11	Тепловые явления в химическом реакторе. Изотермический процесс, неизотермический процесс в химическом реакторе. Организация теплообмена в реакторе и температурные режимы. Моделирование и модели. Способы моделирования. Понятие системы.	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	А-115	187	Доска меловая	[2,4]	

				Математическое описание системы и подходы к его созданию.													
11-18	2	Самостоятельное изучение материала	Сам	Изучение лекционного материала. Подготовка к защите практических работ.	-					44		Помещение для самостоятельной работы	1	Г-401	16	Компьютер с выходом в сеть Интернет	[1-10]
11	2	Практическое занятие № 11	ПЗ11	Практическая работа №5 Самостоятельная работа по расчету материального баланса.1	+	П	4	2				Лекционная аудитория	1	А-306	40	Доска меловая	[2,4]
12	3	Лекция № 12: Основные производства нефтехимии	Лек. № 12	Производство низших олефинов пиролизом углеводородов. Производство этилбензола. Производства стирола и полистирола.	+	Л		2				Лекционная аудитория	1	А-115	187	Доска меловая	[2,4]
12	2	Практическое занятие № 12	ПЗ12	Практическая работа №12. Самостоятельная работа по расчету материальных балансов 2	+	П	3	2				Лекционная аудитория	1	А-306	40	Доска меловая	[2,4]
13	3	Лекция №13: Производство серной кислоты	Лек. №13	Сырье для серной кислоты и методы ее получения.. Контактный способ получения серной кислоты. Получение обжигового газа из колчедана. Каталитическое окисление диоксида серы. Абсорбция триоксида серы. Технологическая схема производства кА серной кислоты.	+	Л		2				Лекционная аудитория	1	А-115	187	Доска меловая	[1 - 5]
13	3	Практическое занятие №13	ПЗ13	Практическая работа №13. Технологические расчеты производства серной кислоты	+	Л	3	2				Лекционная аудитория	1	А-306	40	Доска меловая	[2,4]
14	3	Лекция №14: Технология связанного азота. Синтез аммиака.	Лек. №14	Сырьевая база азотной промышленности. Получение технологических газов. Очистка кон. газа от оксидов азота. Синтез аммиака. Технологическая схема производства аммиака	+	Л		2				Лекционная аудитория	1	А-115	187	Доска меловая	[1 - 5]
14	3	Практическое занятие №14	ПЗ14	Практическая работа № 14. Технологические	+	П	3	2				Лекционная аудитория	1	А-306	40	Доска меловая	[2,4]

				расчеты производства аммиака													
15	3	Лекция №15: Технология связанного азота.. Производство азотной кислоты	Лек. №15	Каталитическое окисление аммиака. Абсорбция оксидов азота. Очистка отходящих газов от оксидов азота. Производство концентрированной азотной кислоты. технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты (АК-72)	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[2,4]	
15	3	Практическое занятие №15	ПЗ15	Практическая работа № 15.. Технологические расчеты производства азотной кислоты	+	П	3	2			Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[2,4]	
16	3	Лекция №16: Производство азотных минеральных удобрений	Лек. №16	Производство карбамида. Основные стадии. Технологическая схема стриппинг-процесса. Производство аммиачной селитры.	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[2,4]	
16	3	Практическое занятие №16	ПЗ16	Практическая работа № 16 Технологические расчеты производства карбамида	+	П	3	2			Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[2,4]	
17	3	Лекция №17: Технология фосфорной кислоты и фосфорных удобрений	Лек. №17	Сырье для производства фосфорной кислоты и фосфорных удобрений. Функциональная схема экстракционной фосфорной кислоты. Технологическая схема получения суперфосфатов.	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[2,4]	
17	3	Практическое занятие №17	ПЗ17	Практическая работа № 17. Контрольная работа по расчету тепловых балансов	+	П	9	2			Лекционная аудитория	1	A-306	40	Доска меловая	[2,4]	
18	3	Лекция №18: Химико-технологические методы защиты окружающей среды	Лек. №18	Утилизация и обезвреживание твердых отходов. Утилизация и обезвреживание жидких отходов. Обезвреживание газовых вы-	+	Л		2			Лекционная аудитория	1	A-115	187	Доска меловая	[2,4]	

				бросов													
18	3	Практическое занятие №18	ПЗ18	Практическая работа № 18. Итоговое занятие	+	П	3	2				Лекционная аудитория	1	А-306	40	Доска меловая	[2,4]
		Итоговый тест по курсу через ОТ	ТИ		+		100			2		Компьютерный класс общего доступа	1	УЛК-812	19	Компьютеры с программным обеспечением для проведения итогового тестирования	
Подготовка к экзамену										36							
ИТОГО								90		126							
								216									
ИТОГО через ОТ								2									

5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Наименования учебных мероприятий	Типы учебных мероприятий	Количество баллов	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Лабораторные занятия	Выполнение и защита одной работы	8 за каждую лабораторную работу и 32 балла за четыре запланированных работы	Без допуска	За выполнение лабораторной работы –4 балла, за защиту – 4 балла	
			Выполнение работы и наличие отчета по ней	«зачтено»	8 баллов - подготовлен полный отчет по лабораторной работе. В процессе защиты даны ответы не менее, чем на 80% вопросов по теме лабораторной работы, заданных преподавателем (задается не менее 10 вопросов)

				«не зачтено»	0 - 4 баллов – не выполнена лабораторная работа или неверно оформлен отчет о лабораторной работе. В процессе защиты даны ответы менее, чем на 80% вопросов по теме лабораторной работы, заданных преподавателем (задается не менее 10 вопросов).
Практические работы	Выполнение одной из 13 запланированных работ	3 – 4 балла за каждую практическую работу. Всего 36 баллов за тринадцать выполненных работ	Без допуска	«зачтено»	4 балла – представлены результаты расчета в требуемом объеме
	Контрольные работы № 1,2 Самостоятельные работы №1,2	8 баллов за контрольные и самостоятельные работы Всего 32 балла за две контрольных и две самостоятельных работы		«не зачтено»	0 - 3 баллов – не представлены результаты расчета или представлены не в полном объеме
Итоговый тест по курсу через ЦТ	Итоговый тест по курсу через ЦТ	100			
Схема расчета итоговой оценки			(Сумма)/2» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе.		

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Экзамен (тестирование)	Выполнение лабораторных работ № 1-4, оформление и защита этих работ. Выполнение практических работ № 1-13. Выполнение контрольных и самостоятельных работ	«отлично»	Текущий рейтинг составляет 80-100 баллов
		«хорошо»	Текущий рейтинг составляет 60-79 баллов
		«удовлетворительно»	Текущий рейтинг составляет 40-59 баллов
		«неудовлетворительно»	Текущий рейтинг составляет менее 40 баллов

6. Банк тестовых заданий и регламент проведения тестирований

6.1. Банк тестовых заданий для проведения тестирований

Название банка тестовых заданий	Кол-во заданий в банке тестовых заданий	Разработчики
Общая химическая технология	300	Капустин П.П.

6.2. Регламент проведения тестирований

Название банка тестовых заданий	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Номера и наименования разделов теста	Кол-во заданий в разделе	Время на тестирование, мин.
Общая химическая технология	40	1. Общие сведения о химической технологии. Химико-технологическая система.	15	70
		2. Химические процессы и реакторы	15	
		3. Важнейшие химические производства	10	

7. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

Данный раздел учебным планом не предусмотрен.

8. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

Данный раздел учебным планом не предусмотрен.

9. Вопросы к экзамену

№ пп	Вопросы
1.	Химическая технология как наука. Химико-технологическая система, технологическая схема. Значение химической технологии и химиче-

	ского машиностроения.
2.	Краткие сведения по истории развития химической технологии.
3.	Основные тенденции развития химической технологии и химической промышленности.
4.	Производительность аппаратов. Интенсивность работы аппаратов.
5.	Характеристика периодических и непрерывных процессов.
6.	Сырье химической промышленности. Классификация.
7.	Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов.
8.	Принципы обогащения сырья. Основные методы.
9.	Воздух как сырье. Другие области применения воздуха.
10.	Вода. Свойства. Природная вода. Жесткость воды.
11.	Промышленная водоподготовка.
12.	Области применения воды в химической промышленности. Требования к воде.
13.	Основные стадии технологического процесса. Лимитирующая стадия. Области протекания технологического процесса.
14.	Классификация процессов и аппаратов.
15.	Закон действия масс. Константа равновесия. Принцип Ле-Шателье. Равновесие в технологических процессах.
16.	Степень превращения. Избирательность. Выход продукта. Равновесный выход продукта.
17.	Скорость технологических процессов (гомогенных и гетерогенных). Коэффициент диффузии.
18.	Движущая сила технологического процесса.
19.	Абсорбция при прямотоке, противотоке и перекрестном токе.
20.	Способы повышения скорости технологического процесса. Влияние температуры. Уравнение Аррениуса и Вант-Гоффа. Влияние температуры на выход продукта обратимого экзотермического процесса. Экономически рациональная температура.
21.	Основные способы создания хороших условий контакта фаз в гетерогенных процессах с участием твердой фазы.
22.	Основные способы увеличения поверхности соприкосновения реагирующих фаз в системе газ-жидкость.
23.	Технологические схемы с открытой цепью и замкнутые. Характеристика.
24.	Технико-экономические показатели химико-технологических процессов. Расходный коэффициент. Мощность аппарата. Удельные капитальные затраты. Зависимость удельных капитальных затрат от единой мощности установки. Себестоимость.
25.	Основные положения материальных и тепловых балансов.
26.	Требования к химическим реакторам. Производительность и интенсивность.
27.	Классификация химических реакторов.
28.	Реакторы периодического и непрерывного действия. Основные харак-

	теристики.
29.	Классификация реакторов по режиму движения реагентов. Основные характеристики.
30.	Кинетическая модель реактора идеального вытеснения.
31.	Реакторы полного смещения. Характеристика. Математическое описание.
32.	Каскад реакторов полного смещения. Степень превращения. Движущая сила. Скорость процесса. Математическое описание.
33.	Классификация реакторов по температурному режиму. Сравнение реакторов.
34.	Гомогенные некаталитические процессы и реакторы. Технологические закономерности и характеристики. Типы реакторов.
35.	Закономерности гетерогенных процессов. Коэффициент массопередачи. Определение лимитирующей стадии.
36.	Процессы и реакторы системы газ-жидкость. Закон Генри. Критериальные уравнения. Коэффициент извлечения. Скорость процесса. Приемы увеличения скорости технологического процесса.
37.	Процессы и реакторы для систем твердое-жидкость. Скорость технологического процесса.
38.	Процессы и реакторы в системе газ-твердое. Адсорбция. Стадии процесса. Кинетические уравнения.
39.	Промышленные печи. Основные уравнения теплопередачи. Интенсификация тепловых процессов. Классификация промышленных печей. Основные характеристики.
40.	Процессы в системах твердое-твердое и жидкость-жидкость. Характеристика. Реакторы.
41.	Каталитические процессы. Закономерности каталитических процессов.
42.	Технологический режим каталитических процессов. Температурный режим. Выход продукта. Влияние давления и концентрации.
43.	Требования к контактным аппаратам. Способы контакта фаз газ-твердое вещество в каталитических реакторах.
44.	Приемы теплообмена в контактных аппаратах для каталитических процессов.
45.	Топливо. Классификация. Теплота сгорания. Энергоемкость. Определение теплоты и температуры горения.
46.	Химическая переработка твердых топлив.
47.	Основные стадии производства аммиака.
48.	Принципиальная технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты.
49.	Принципиальная технологическая схема производства серной кислоты.
50.	Принципиальная технологическая схема производства карбамида с жидкостным рециклом.

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения о химической технологии. Химико-технологическая система.	ОПК-5, ПК-4, ПК-7	Отчеты о практических и лабораторных работах. Тесты по темам «Промышленная водоподготовка», «Химико-технологическая система»
2	Химические процессы и реакторы	ОПК-5, ПК-4, ПК-7	Отчеты о практических и лабораторных работах. Контрольная и самостоятельные работы Тесты по темам «Основы химико-технологических процессов», «Химические реакторы»
3	Важнейшие химические производства	ОПК-5, ПК-4, ПК-7	Отчеты и защита практических работ. Контрольная работа Тесты по темам «Технология связанного азота», «Технология серной кислоты»

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

10.2.1. Комплект отчетов по лабораторным работам

Лабораторная работа №1 «Определение плотности растворителей»

Цель работы: определить плотность различных растворителей с использованием пикнометра.

Определение плотности пикнометром является давним способом определения плотности, как жидкостей, так и твердых тел.

Пикнометр представляет собой стеклянный сосуд определённой формы и известным объёмом. Принцип действия пикнометра основан на взвешивании находящегося в нём вещества. Зная массу и объём пикнометра можно рассчитать плотность вещества по формуле $\rho = m / V$, где ρ — плотность, m — масса вещества (без массы пикнометра), V — объём пикнометра.

Процесс определения плотности пикнометром можно описать поэтапно:

1. Наполнение пикнометра веществом до определённой отметки;

2. Взвешивание наполненного пикнометра;
3. Математический расчёт плотности.

Главным недостатком данного метода измерения плотности является трудоемкость процесса и необходимость в высокоточных весах, для уменьшения погрешности. С другой стороны, данный метод очень прост и его можно реализовать практически в любых, в том числе и бытовых, условиях.

Плотность измеряется массой тела в единице объема и выражается в $г/см^3$.

При измерении плотности иногда используют относительную плотность $\rho_{t_2}^{t_1}$, равную отношению массы тела при температуре t_1 к массе того же объема воды при температуре t_2 ; относительная плотность величина безразмерная, ее значение определяют обычно при $20^\circ C$ и относят к плотности воды при $4^\circ C$. Так как масса $1 см^3$ воды при $4^\circ C$ равна $1 г$, то плотность, выраженная в $г/см^3$, численно равна относительной плотности ρ_4^{20} .

Плотности растворителей, как правило, увеличиваются с увеличением молекулярного веса углеводородов и с переходом от парафинов к олефинам, нафтенам и углеводородам ароматического ряда.

Методика определения:

Определение относительной плотности при помощи пикнометра основано на измерении массы исследуемой фракции, помещенной в сосуд определенного объема (пикнометр) и отнесенной к массе воды, взятой в том же объеме и при той же температуре. Продукт и воду взвешивают на аналитических весах.

Взвешенный пикнометр при помощи пипетки наполняют дистиллированной водой. Жгутиком из фильтровальной бумаги удаляют избыток воды из горлышка пикнометра, закрывают его, вытирают снаружи и взвешивают.

Удаляют воду из пикнометра, высушивают его, заполняют нефтяной фракцией, вытирают досуха и взвешивают в третий раз.

«Водное число» пикнометра m определяют по формуле

$$m = m_2 - m_1$$

где m_2 — масса пикнометра с водой, определяемая взвешиванием, в г;

m_1 — масса пикнометра с воздухом, определяемая взвешиванием, в г.

Относительную плотность определяют по формуле

$$\rho_{20}^{20} = \frac{m_3 - m_1}{m}$$

где m_3 — масса пикнометра с исследуемой фракцией, определенная взвешиванием при $20^\circ C$.

Полученная величина дает только приближенное значение относительной плотности и называется «видимой».

Для пересчета «видимой» плотности в плотность по отношению к воде при $4^\circ C$ служит формула

$$\rho_4^{20} = \rho_{20}^{20} * 0.99823$$

где 0,99823 — температурная поправка плотности воды (от 4° С к 20° С), численно равная плотности воды при 20° С (см. табл.).

Температурные поправки плотностей (по Худяковой, Чистович, Кускову)

Пределы плотности	Температурные поправки на 1° С	Пределы плотности	Температурные поправки на 1° С
0,70-0,71	0,000897	0,85—0,86	0,000699
0,71-0,72	0,000884	0,86—0,87	0,000686
0,72-0,73	0,000870	0,87—0,88	0,000673
0,73-0,74	0,000857	0,88-0,89	0,000660
0,74-0,75	0,000844	0,89-0,90	0,000647
0,75-0,76	0,000831	0,90—0,91	0,000633
0,76-0,77	0,000818	0,91-0,92	0,000620
0,77-0,78	0,000805	0,92-0,93	0,000607
0,78-0,79	0,000792	0,93-0,94	0,000594
0,79-0,80	0,000778	0,94-0,95	0,000581
0,80-0,81	0,000765	0,95-0,96	0,000567
0,81-0,82	0,000752	0,96—0,97	0,000554
0,82-0,83	0,000738	0,97-0,98	0,000541
0,83-0,84	0,000725	0,98-0,99	0,000528
0,84-0,85	0,000712	0,99-1,00	0,000515

В тех случаях, когда плотность продуктов определяют не при 20°С, а при какой-либо другой температуре, полученный результат пересчитывают. Для этого пользуются температурными поправками плотности.

С повышением температуры плотность уменьшается. Поэтому в случае измерений плотности при температурах выше 20 °С следует поправку, умноженную на число градусов отклонения, прибавить к «видимой» плотности; при измерениях плотности при температурах ниже 20 °С произведение поправки на разницу температур следует вычесть из «видимой» плотности.

Пример записи и расчета

Вес пикнометра с воздухом при 20 °С, г 11,1732
с водой при 20 °С, г 18,1314
с растворителем при 20° С, г 17,2318

Водное число $m_2 - m_1 = 6,9582$.

Плотность «видимая» $= (m_3 - m_1) / m = 0.87071$

$\rho_4^{20} = 0,87071 (0,9982 - 0,0012) + 0,0012 = 0,8693$

Расчёт итоговых значений

Температурные поправки использовать лишь в случае фиксации комнатной температуры.

При записи полученных данных необходимо привести все фиксируемые в ходе проведения лабораторной работы массы.

Привести все рассчитанные по экспериментальным данным значения плотности для заданных растворителей.

Рассчитать относительную погрешность определения плотности по сравнению со справочными данными (привести литературные ссылки на источник справочного материала) и по сравнению с данными измерения плотности ареометром, если такие проводились.

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основан пикнометрический метод?
2. Что такое относительная плотность?
3. Какие два вида плотности, полученные с использованием пикнометра, различают?
4. Почему определение плотности желательно проводить при 20 °С либо с фиксацией температуры?
5. Каковы преимущества и недостатки пикнометрического метода

Лабораторная работа №2 «Определение адсорбционной ёмкости адсорбентов»

Форма отчета по лабораторной работе №2

Отчет должен содержать:

- 1 Описание цели и хода работы.
- 2.Определение адсорбционной ёмкости адсорбентов, указанных преподавателем по отношению к воде.
- 3.Выводы по работе.

Лабораторная работа №3 «Промышленная водоподготовка»

Форма отчета по лабораторной работе №3

Отчет должен содержать:

- 1 Описание цели и хода работы.
- 2.Результаты эксперимента.
- 3.Выводы по работе

Лабораторное занятие № 4 «Промышленная водоочистка»

Отчет должен содержать:

- 1 Описание цели и хода работы.
- 2.Результаты эксперимента.
- 3.Выводы по работе

10.2.2. Комплект отчетов по практическим работам

Практическое занятие № 1 «Расчеты по химическим уравнениям. Расчеты с применением газовых законов».

Отчет должен содержать выполненные расчеты примерного содержания.

Условие задачи:

В баллоне находится 0,65 г кислорода при 14,5⁰С. Определить концентрацию кислорода в кмоль/м³, если его давление 0,85 кН/м².

Расчет

- 1) Количество кмоль кислорода

32 кг – 1 кмоль O₂

0,65*10⁻³ кг – n кмоль O₂

$$n = \frac{0,65 * 10^{-3}}{32}; \quad n = 0,02 * 10^{-3} \text{ кмоль}$$

2) Объем кислорода

$$PV = nRT; \quad V = \frac{nRT}{P}$$

$$T = 273 + 14,5 = 287,5 \text{ К}$$

$$R = 8,3 \text{ кДж/кмоль*град}$$

$$V = \frac{0,02 * 10^{-3} * 8,3 * 287,5}{0,85}; \quad V = 0,056 \text{ м}^3$$

3) Объем кислорода при нормальных условиях

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; \quad V_1 = \frac{P_2 V_2 T_1}{T_2 P_1}$$

$$V_1 = \frac{0,85 * 0,056 * 273}{287,5 * 101,3}; \quad V_1 = 0,00045 \text{ м}^3$$

4) Концентрация кислорода в кмоль/м³

$$\frac{0,02 * 10^{-3} \text{ кмоль} - 0,00045 \text{ м}^3}{n \text{ кмоль} - 1 \text{ м}^3}$$

$$n = \frac{0,02 * 10^{-3}}{0,00045}; \quad n = 0,044 \text{ кмоль/м}^3$$

Ответ: Концентрация кислорода 0,044 кмоль/м³

Условие задачи: В скруббере, орошаемом водой, входит 300 м³ в час газа (приведенного к нормальным условиям), состав которого: 50% Н₂, 25% СО, 13% СО₂, 8% N₂ и 4% других газов. Манометрическое давление газа на выходе из скруббера 155 мм вод.ст.; давление барометрическое 101 кН/м²; температура 12⁰С. По выходе из скруббера газ имеет следующий состав: 56,2% Н₂, 27,8% СО, 1,9% СО₂, 9,6% N₂ и 4,5% других газов. Определить: а) количество газа на выходе из скруббера; б) скорость его, если диаметр трубопровода 110 мм; в) концентрацию СО₂ в водном растворе, выходящем из скруббера, если в последний подается 8 м³/мин воды.

Решение:

1) Объем СО₂ в газе на входе в скруббер

$$300 \text{ м}^3 - 100\%$$

$$V \text{ м}^3 - 13\%$$

$$V = 39 \text{ м}^3$$

2) Количество СО₂, остающееся в газовой фазе на выходе

$$1,9 * 3 = 5,7 \text{ м}^3$$

3) Количество СО₂, поглощаемое водой

$$39 - 5,7 = 33,3 \text{ м}^3$$

4) Объем отходящего газа при нормальных условиях

$$300 - 33,3 = 266,7 \text{ м}^3$$

5) Объем отходящего газа при условиях выхода

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; \quad V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}.$$

$$T_2 = 273 + 12 = 285 \text{ K}$$

$$1 \text{ Па} = 0,1 \text{ мм вод.ст.}$$

$$155 \text{ мм вод.ст.} = 1,55 \text{ кН/м}^2$$

$$P_2 = 101 + 1,55 = 102,55 \text{ кН/м}^2$$

$$V_2 = \frac{101 * 266,7 * 285}{102,55 * 273}; \quad V = 274 \text{ м}^3/\text{ч}$$

6) Свободное сечение трубопровода

$$S = \pi r^2$$

$$S = 3,14 * (0,055)^2; \quad S = 0,0095 \text{ м}^2$$

7) Средняя скорость потока газа на выходе из скруббера

Среднюю скорость потока газа определяют, как объем его, проходящий через единицу поперечного сечения трубопровода в единицу времени.

$$\omega = V/S; \quad \omega = \frac{274}{0,0095} \text{ м/ч}$$

$$\omega = \frac{274}{3600 * 0,0095} \text{ м/сек}; \quad \omega = 8 \text{ м/сек}$$

8) Количество поглощенного водой CO_2 в кмоль и в кг

$$22,4 \text{ м}^3 - 1 \text{ кмоль}$$

$$33,3 \text{ м}^3 - n$$

$$n = 1,49 \text{ кмоль/ч}$$

$$1 \text{ кмоль} - 44 \text{ кг}$$

$$1,49 - m$$

$$m = 65,41 \text{ кг/ч}$$

9) Поток орошаемой воды

$$8 \text{ м}^3/\text{мин} * 60 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}$$

10) Концентрация CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера

$$65,41 \text{ кг} - 480 \text{ м}^3$$

$$C - 1 \text{ м}^3 \quad C = \frac{65,41}{480}; \quad C = 0,136 \text{ кг/м}^3$$

$$1,49 \text{ кмоль} - 480 \text{ м}^3$$

$$C - 1 \text{ м}^3 \quad C = \frac{1,49}{480}; \quad C = 0,0031 \text{ кмоль/м}^3.$$

. В скруббере, орошаемом водой, входит 300 м^3 в час газа (приведенного к нормальным условиям), состав которого: 50% H_2 , 25% CO , 13% CO_2 , 8% N_2 и 4% других газов. Манометрическое давление газа на выходе из скруббера 155 мм вод.ст.; давление барометрическое 101 кН/м²; температура 12⁰С. По выходе из скруббера газ имеет следующий состав: 56,2% H_2 , 27,8% CO , 1,9% CO_2 , 9,6% N_2 и 4,5% других газов. Определить: а) количество газа на выходе из скруббера; б) скорость его, если диаметр трубопровода 110 мм; в) концентрацию CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера, если в последний подается 8 м³/мин воды.

- 11) Объем CO_2 в газе на входе в скруббер
 $300 \text{ м}^3 - 100\%$
 $V \text{ м}^3 - 13\%$
 $V = 39 \text{ м}^3$
- 12) Количество CO_2 , остающееся в газовой фазе на выходе
 $1,9 * 3 = 5,7 \text{ м}^3$
- 13) Количество CO_2 , поглощаемое водой
 $39 - 5,7 = 33,3 \text{ м}^3$
- 14) Объем отходящего газа при нормальных условиях
 $300 - 33,3 = 266,7 \text{ м}^3$
- 15) Объем отходящего газа при условиях выхода

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; \quad V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}.$$
 $T_2 = 273 + 12 = 285 \text{ К}$
 $1 \text{ Па} = 0,1 \text{ мм вод.ст.}$
 $155 \text{ мм вод.ст.} = 1,55 \text{ кН/м}^2$
 $P_2 = 101 + 1,55 = 102,55 \text{ кН/м}^2$

$$V_2 = \frac{101 * 266,7 * 285}{102,55 * 273}; \quad V = 274 \text{ м}^3/\text{ч}$$
- 16) Свободное сечение трубопровода
 $S = \pi r^2$
 $S = 3,14 * (0,055)^2; \quad S = 0,0095 \text{ м}^2$
- 17) Средняя скорость потока газа на выходе из скруббера
Среднюю скорость потока газа определяют, как объем его, проходящий через единицу поперечного сечения трубопровода в единицу времени.

$$\omega = V/S; \quad \omega = \frac{274}{0,0095} \text{ м/ч}$$

$$\omega = \frac{274}{3600 * 0,0095} \text{ м/сек}; \quad \omega = 8 \text{ м/сек}$$
- 18) Количество поглощенного водой CO_2 в кмоль и в кг
 $22,4 \text{ м}^3 - 1 \text{ кмоль}$
 $33,3 \text{ м}^3 - n$
 $n = 1,49 \text{ кмоль/ч}$
 $1 \text{ кмоль} - 44 \text{ кг}$
 $1,49 - m$
 $m = 65,41 \text{ кг/ч}$
- 19) Поток орошаемой воды
 $8 \text{ м}^3/\text{мин} * 60 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}$
- 20) Концентрация CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера
 $65,41 \text{ кг} - 480 \text{ м}^3$

$$C = \frac{65,41}{480}; \quad C = 0,136 \text{ кг/м}^3$$

 $1,49 \text{ кмоль} - 480 \text{ м}^3$

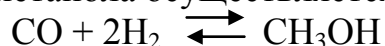
$$C = 1 \text{ м}^3 \quad C = \frac{1,49}{480}; \quad C = 0,0031 \text{ кмоль/м}^3.$$

Практическое занятие № 2 «Состав исходных и реакционных смесей».

Отчет должен содержать выполненные расчеты примерного содержания.

Условие задачи:

1. Синтез метанола осуществляется по реакции



В рассматриваемый момент концентрации CO составляла 0,3 кмоль/м³, а H₂ – 0,5 кмоль/м³. Константа скорости прямой реакции равна 0,4. Найдите скорость реакции на данный момент и по истечении некоторого времени, когда концентрация CO уменьшилась на 0,1 кмоль/м³.

Решение:

Скорость реакции выражается формулой: $W = k[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2$

Подставим в неё значения концентрации CO и H₂ в рассматриваемый момент и значение константы скорости: $W_1 = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 0,5^2$, получим значение скорости реакции в рассматриваемый момент:

$$W_1 = 0,03 \text{ кмоль/м}^3$$

С уменьшением концентрации CO на 0,1 кмоль/м³, концентрация H₂ уменьшается на 0,2 кмоль/м³ и, подставляя измененные значения концентраций веществ, получим значение скорости реакции:

$$W_2 = 0,4(0,3 - 0,1) \cdot (0,5 - 0,2)^2$$

$$W_2 = 0,0072 \text{ кмоль/м}^3$$

Условие задачи: В состоянии равновесия газовая смесь содержала 8 кмоль/м³ SO₂, 6 кмоль/м³ O₂ и 14 кмоль/м³ SO₃. Определить исходные концентрации реагентов.

Решение:

На образование 2 кмоль SO₃ расходуется 2 кмоль SO₂ и 1 кмоль O₂.

Соответственно, на образование 14 кмоль SO₃ необходимо взаимодействие 14 кмоль SO₂ и 7 кмоль O₂. Тогда исходная концентрация SO₂ была (8 + 14) кмоль/м³, а кислорода (6 + 7) кмоль/м³

	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$		
Исходные концентрации	22	13	кмоль/м ³
Прореагировало	14	7	кмоль/м ³
Равновесные концентрации	8	6	14 кмоль/м ³

Практическое занятие № 4 «Методика составления и форма представления материального баланса».

Отчет должен содержать выполненные расчеты примерного содержания.

Задание:

Представить материальный баланс системы.



Состав руды: CaCO_3 – 47%; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – 30%; CaF_2 – 3%; Al_2O_3 – 10%; SiO_2 – 10%.

CaCO_3 превращается на 80%, H_2SO_4 берется с избытком в 1,1 в виде 20%-ного раствора.

Принять, что 75% H_2O выводится со шламом, а 25% переходит в газовую фазу.

Температуру реагентов принять 20°C . Расчет вести на 1 т CaSO_4 .

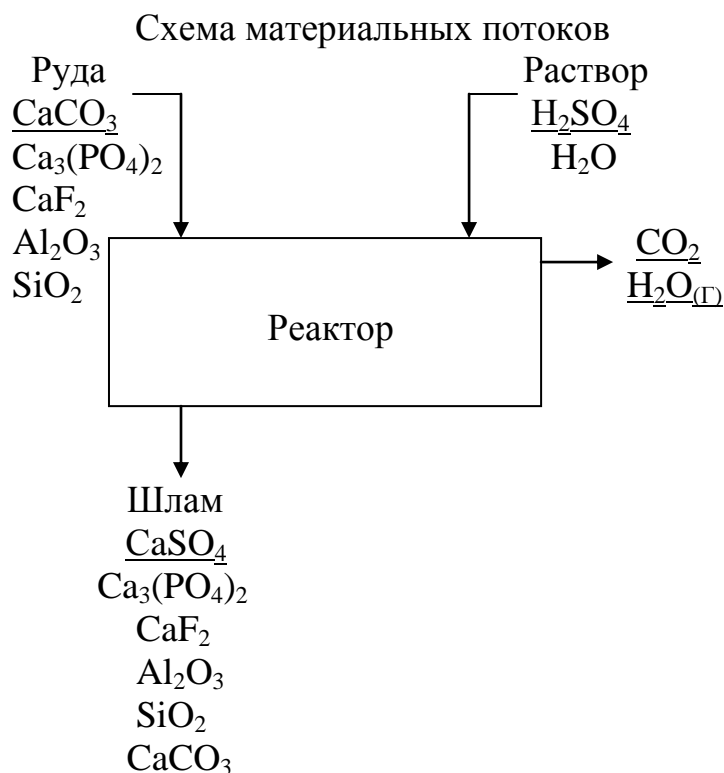
Решение.

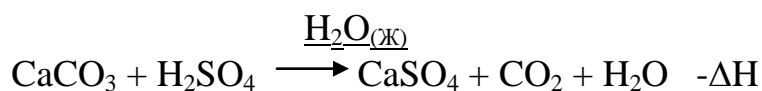
Составим схему движения материальных потоков.

Производство простого суперфосфата заключается в сернокислотном разложении фторапатита. Процесс гетерогенный, многофазный, осуществляемый согласно общему уравнению реакции



В действительности процесс разложения значительно более сложен, протекает в две стадии и сопровождается рядом побочных реакций. Так, карбонаты кальция, всегда присутствующие в осадочных фосфоритных рудах, разлагаются серной кислотой с выделением диоксида углерода. Именно эту реакцию рассматриваем в данном задании.





Проводим расчеты материального баланса процесса

1) теоретически необходимое количество CaCO_3 .

По уравнению реакции на 136 кг CaSO_4 необходимо 100 кг CaCO_3 . Тогда на 1000 кг CaSO_4 необходимо 735,3 кг CaCO_3 (или 7,35 кмоль)

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{100 * 1000}{136}; \quad m_{\text{CaCO}_3} = 735,3 \text{ кг}$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = \frac{735,3}{100}; \quad n_{\text{CaCO}_3} = 7,353 \text{ кмоль}$$

где m – масса вещества, кг

n – количество вещества, кмоль

2) потребность в CaCO_3 с учетом степени превращения 80%

$$735,3 - 80\% \quad m_{\text{CaCO}_3} = 919,12 \text{ кг}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} - 100\% \quad n_{\text{CaCO}_3} = 9,19 \text{ кмоль}$$

3) количество CaCO_3 не вступившее в химическое взаимодействие

$$919,12 - 735,3 = 183,82 \text{ кг (или 1,84 кмоль)}$$

4) количество $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ в руде

$$919,12 - 47\% \quad m_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 586,67 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} - 30\%$$

$$n_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = \frac{586,67}{310}; \quad n_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 1,89 \text{ кмоль}$$

5) аналогично находится содержание остальных соединений в руде

$$m_{\text{CaF}_2} = 58,67 \text{ кг} \quad n_{\text{CaF}_2} = 0,75 \text{ кмоль}$$

$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 195,56 \text{ кг} \quad n_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1,92 \text{ кмоль}$$

$$m_{\text{SiO}_2} = 195,56 \text{ кг} \quad n_{\text{SiO}_2} = 3,26 \text{ кмоль}$$

6) теоретически необходимое количество серной кислоты. По уравнению реакции на 136 кг CaSO_4 необходимо 98 кг H_2SO_4 . Тогда на 1000 кг CaSO_4 необходимо 720,59 кг (или 7,35 кмоль).

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{98 * 1000}{136}; \quad m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 720,59 \text{ кг}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{720,59}{98}; \quad n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 7,35 \text{ кмоль}$$

7) потребность в серной кислоте с учетом избытка

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 720,59 * 1,1; \quad m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 792,65 \text{ кг}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 8,09 \text{ кмоль}$$

8) количество H_2SO_4 , не вступающее в химическое взаимодействие
 $792,65 - 720,59 = 72,06 \text{ кг}$ (или $0,73 \text{ кмоль}$)

9) количество воды, поступающее в аппарат с раствором серной кислоты
 $792,65 \text{ кг} - 20\% \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = 3170,6 \text{ кг}$
 $m_{\text{H}_2\text{O}} - 80\% \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = 176,14 \text{ кмоль}$

10) количество образующегося диоксида углерода определяется по уравнению реакции.

При разложении 100 кг CaCO_3 образуется 44 кг CO_2 . Тогда при разложении $735,3 \text{ кг CaCO}_3$ образуется $323,53 \text{ кг}$ (или $7,35 \text{ кмоль}$) CO_2

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{735,3 \cdot 44}{100}; \quad m_{\text{CO}_2} = 323,53 \text{ кг}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 7,35 \text{ кмоль}$$

11) количество образующейся H_2O

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{735,3 \cdot 18}{100}; \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = 132,35 \text{ кг}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 7,35 \text{ кмоль}$$

12) полученные расчетные данные сводим в таблицу материального баланса

Приход			Расход		
Вещество	кг	кмоль	Вещество	кг	Кмоль
CaCO_3	919,12	9,19	CaCO_3	183,82	1,84
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	586,67	1,89	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	586,67	1,89
CaF_2	58,67	0,75	CaF_2	58,67	0,75
Al_2O_3	195,56	1,92	Al_2O_3	195,56	1,92
SiO_2	195,56	3,26	SiO_2	195,56	3,26
H_2SO_4	792,65	8,09	H_2SO_4	72,06	0,73
H_2O	3170,6	176,14	H_2O	3170,6	176,14
			CaSO_4	1000	7,35
			CO_2	323,53	7,35
			H_2O	132,35	7,35
ИТОГО	5918,15			5918,15	208,58

Практическое занятие № 5 «Основные технологические показатели ХТ процессов».

Отчет должен содержать выполненные расчеты примерного содержания.

Условие задачи: Подсчитать производительность катализатора при синтезе аммиака, если через колонну синтеза пропускают $20000 \text{ нм}^3/\text{ч}$ азото-водородной смеси; содержание NH_3 в газовой смеси после синтеза 18% ; объем занимаемый катализатором в колонне, $1,25 \text{ м}^3$.

Решение.

Объемная скорость газа $20000/1,25 = 16000 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. на 1 м^3 катализатора через колонну проходит $16000 \text{ м}^3/\text{ч}$ азото-водородной смеси.

Количество газовой смеси после колонны синтеза и количество получаемого аммиака в 1 ч определяется из следующего. Из реакции образования аммиака $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ видно, что на образование 2 моль NH_3 требуется 4 моля азото-водородной смеси, т.е. 1% NH_3 соответствует 2% последней. Если количество газовой смеси после колонны синтеза обозначим через $x \text{ м}^3/\text{ч}$, то количество аммиака в ней будет равно $\text{NH}_3 = 0,18x \text{ м}^3/\text{ч}$, что эквивалентно $2 \cdot 0,18 \cdot x \text{ м}^3/\text{ч}$ азото-водородной смеси. Кроме того, в газах отходящих после колонны синтеза, содержится азото-водородной смеси $(1 - 0,18)x \text{ м}^3$.

Следовательно, всего прошло азото-водородной смеси через колонну $2 \cdot 0,18 \cdot x + 0,82 \cdot x \text{ м}^3/\text{ч}$. По условиям задачи это количество азото-водородной смеси должно составить $20000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Таким образом, $2 \cdot 0,18 \cdot x + 0,82 \cdot x = 20000$, откуда $x = 16950 \text{ м}^3/\text{ч}$. Следовательно, количество получаемого аммиака равно $0,18 \cdot 16950 = 3050 \text{ м}^3/\text{ч}$, или $(3050/22,4) \cdot 17,0 = 2325 \text{ кг}/\text{ч}$.

Объем катализатора в колонне $1,25 \text{ м}^3$. Отсюда производительность его составит $2325/1,25 = 1852 \text{ кг NH}_3$ в час.

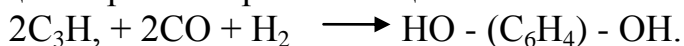
10.2.3. Комплект заданий для контрольной работы

Контрольная работа №1

Тема: Основные показатели химико-технологической системы

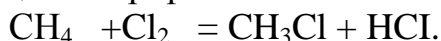
Вариант 1

Составить схему материальных потоков для смесителя и реактора, рассчитать составы исходной и реакционной смесей в % мас, % моль и кмоль/ м^3 , определить массовые расходы реагентов и реакционной смеси для реакции карбонилирования ацетилена:



Вариант 2

Составить схему материальных потоков для смесителя и реактора, рассчитать составы исходной и реакционной смесей в % мас, % моль и кмоль/ м^3 , определить массовые расходы реагентов и реакционной смеси для реакции хлорирования метана



Вариант 3

Составить схему материальных потоков для смесителя и реактора, рассчитать составы исходной и реакционной смесей в % мас, % моль и кмоль/ м^3 , определить массовые расходы реагентов и реакционной смеси для реакции гидратации пропилена



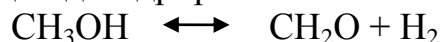
Вариант 4

Составить схему материальных потоков для смесителя и реактора, рассчитать составы исходной и реакционной смесей в % мас, % моль и кмоль/м³, определить массовые расходы реагентов и реакционной смеси для реакции гидратации этилена



Вариант 5

Составить схему материальных потоков для смесителя и реактора, рассчитать составы исходной и реакционной смесей в % мас, % моль и кмоль/м³, определить массовые расходы реагентов и реакционной смеси для реакции дегидрирования метанола



Вариант 6

На основании краткого описания **процесса окисления аммиака до окиси азота и исходных данных** рассчитать технологические характеристики процесса: конверсию реагентов, пропускную способность, селективность образования целевого продукта

Вариант 7

На основании краткого описания **процесса получения азотной кислоты и исходных данных** рассчитать технологические характеристики процесса: конверсию реагентов, пропускную способность, селективность образования целевого продукта

Вариант 8

На основании краткого описания **процесса получения метана из синтез-газа и исходных данных** рассчитать технологические характеристики процесса: конверсию реагентов, пропускную способность, селективность образования целевого продукта

Вариант 9

На основании краткого описания **процесса получения формальдегида окислением метанола и исходных данных** рассчитать технологические характеристики процесса: конверсию реагентов, пропускную способность, селективность образования целевого продукта

Вариант 10

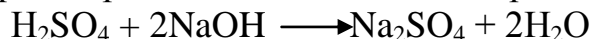
На основании краткого описания **процесса получения уксусной кислоты карбонилированием метилового спирта и исходных данных** рассчитать технологические характеристики процесса: конверсию реагентов, пропускную способность, селективность образования целевого продукта

Контрольная работа №2

Тема: Расчет материального и теплового баланса

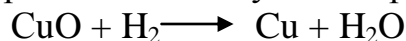
Вариант 1 .

1. На нейтрализацию 100 кг 20%-ного раствора H_2SO_4 подано 100 кг 20%-ного раствора NaOH . Составить материальный баланс.



Вариант 2

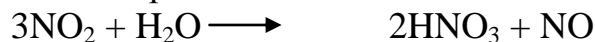
2. Составить материальный баланс процесса восстановления 1 т оксида меди, содержащего 10% пустой породы



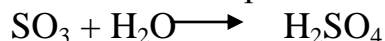
3. Составить материальный баланс процесса получения 1 т сульфата цинка. Серная кислота взята в виде 20%-ного раствора с коэффициентом избытка в 1,1.



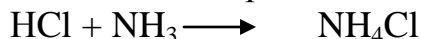
4. Составить материальный баланс абсорбции $60 \text{ м}^3 \text{ NO}_2$ (н.у.). Сорбция NO_2 – 90%. На абсорбцию подается $900 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$.



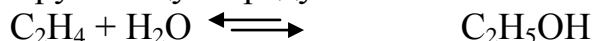
5. Составить материальный баланс абсорбции $50 \text{ м}^3 \text{ SO}_3$ (н.у.). SO_3 сорбируется на 90%. На абсорбцию подается $1000 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$.



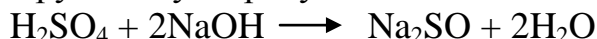
6. Составить тепловой баланс процесса получения 500 кг NH_4Cl . В качестве реагентов приняты 20%-ный раствор HCl и аммиак, содержащий 3% N_2 и 2% CO . Реагенты взяты в эквивалентном количестве с температурой 25°C . Конверсия 98%. Потери тепла 3% от прихода.



7. Составить тепловой баланс реактора синтеза этилового спирта. Исходный газ (1000 м^3) имеет состав: 40% H_2O и 60% C_2H_4 . Конверсия этилена за проход 5%. Температура на входе в аппарат 290°C , на выходе 340°C . Возможны потери тепла в окружающую среду.



8. Составить тепловой баланс процесса нейтрализации. При 20°C в аппарат подается 20 кг 20%-ного раствора H_2SO_4 и 30 кг 12%-ного раствора NaOH . Потери тепла в окружающую среду составляют 1%.



9. Составить тепловой баланс процесса синтеза формальдегида неполным каталитическим окислением этана. На $100 \text{ м}^3 \text{ C}_2\text{H}_6$ подано 750 м^3 воздуха. Температура реагентов на входе в реактор 20°C . Конверсия этана 5%.



10. Составить тепловой баланс процесса синтеза формальдегида неполным каталитическим окислением метанола. В реактор подается 100 м^3 паров метанола, содержащего 10% влаги, и 450 м^3 воздуха. Конверсия метанола 20%. Температура газового потока на входе в реактор 150°C .



Процедура оценивания

Контрольная работа выполняется на основании исходных данных, предоставляемых преподавателем. Пакет исходных данных включен в ФОС дисциплины и находится на кафедре разработчика.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» (7 - 8 баллов) выставляется студенту, если расчеты выполнены правильно, результаты оформлены в виде таблицы материального (теплового баланса);
- оценка «хорошо» (5 – 6 баллов) выставляется студенту, если в расчетах допущены не принципиальные ошибки, не влияющие на конечный результат;
- оценка «удовлетворительно» (3 - балла) выставляется студенту, если в работе допущены серьезные ошибки, но студент их исправляет при проверке;
- оценка «неудовлетворительно» (0 – 2 балла) выставляется студенту, если работа не выполнена или в работе допущены принципиальные ошибки, которые студент не может исправить при проверке;

10.2.4.Комплект заданий для самостоятельной работы

Вариант 1

1. Процесс окисления ведется чистым кислородом при 620°C . В этих условиях плотность кислорода в аппарате $6,4 \text{ кг/м}^3$. Потребность производства в кислороде составляет 800 т в год. Определить расход кислорода в $\text{нм}^3/\text{ч}$, концентрацию (кмоль/м^3), плотность при н.у. и давление (кН/м^2) в реакторе.

2. Константа равновесия реакции $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ при 850°C равна 1. Сколько CO_2 подвергается превращению в CO , если взяты 1 кмоль CO_2 и 5 кмоль H_2

Вариант 2

1. В трубопроводе, подающем 6 т в сутки метана при 20°C поддерживается давление 1200 кН/м^2 . Определить количество газа, проходящего по трубопроводу в $\text{нм}^3/\text{ч}$, а так же плотность метана (кг/м^3) в летних ($+20^{\circ}\text{C}$) и зимних (-15°C) условиях.

2. Константа равновесия реакции $\text{H}_2 + \text{J}_2 \rightleftharpoons 2\text{HJ}$ при 445°C равна 50. Сколько молей H_2 надо взять на 1 моль J_2 , чтобы 90% последнего превратилось в HJ .

Вариант 3

1. На хлорирование подается 2 т в сутки хлора при 300°C и 205 кН/м^2 . Какое количество нм^3 хлора вступает в реакцию в час? Какова концентрация (кмоль/м^3) и плотность (кг/м^3) хлора в условиях реакции. Плотность хлора при н.у. $3,2 \text{ кг/м}^3$.

2. Реакция $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ проводится при избытке кислорода в 1,2. Конверсия SO_2 на первом катализаторном слое составляет 40%. Рассчитать константу равновесия (K_c).

Вариант 4

1. Производство потребляет 3,8 т в сутки CO_2 , поступающего при температуре -5°C и давлении 360 кН/м^2 . Определить расход CO_2 в $\text{нм}^3/\text{ч}$, концентрацию (кмоль/м^3) и плотность (кг/м^3) в заданных условиях. Плотность CO_2 при н.у. $1,98 \text{ кг/м}^3$.

2. В условиях равновесия реакции $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}$ установились следующие концентрации веществ: $\text{CO} - 0,6 \text{ кмоль/м}^3$, $\text{H}_2 - 1,2 \text{ кмоль/м}^3$, $\text{CH}_3\text{OH} - 2,16 \text{ кмоль/м}^3$. Определить константу равновесия и концентрации реагентов на входе в контактный аппарат.

Вариант 5

1.. Термоокислительный крекинг метана ($11\text{CH}_4 + 5\text{O}_2 = 2\text{C}_2\text{H}_2 + 6\text{CO}_2 + 18\text{H}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) протекает при 300°C и 890 кН/м^2 . Объем реакционной зоны 2 м^3 . Превращение полное. Какова масса образовавшегося ацетилена? Как меняется давление в ходе реакции?

2. Равновесие реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ установилось при следующих концентрациях: $\text{SO}_2 - 1,2 \text{ кмоль/м}^3$, $\text{O}_2 - 0,9 \text{ кмоль/м}^3$, $\text{SO}_3 - 3,4 \text{ кмоль/м}^3$. Определить константу равновесия и концентрации реагентов на входе в контактный аппарат.

Вариант 6

1. Формальдегид получают каталитическим окислением метанола ($2\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 = 2\text{CH}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$) при 600°C и 120 кН/м^2 . Объем контактной зоны $1,5 \text{ м}^3$. Превращение метанола полное. Кислород подан с избытком в 1,1. В условиях реакции продукты находятся в газовой фазе. Как меняется давление в ходе реакции? Сколько CH_2O по массе может быть получено?

2. Синтез этанола проводят по реакции $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ при 300°C и давлении 8 МПа на фосфорном катализаторе. За проход 10% этилена превращается в этанол. Найти равновесный состав газа и константу равновесия.

Вариант 7

1. При неполном окислении метана ($2\text{CH}_4 + \text{O}_2 = 2\text{CO} + 4\text{H}_2$) при 500°C получают 2 кг водорода за проход реакционной смеси через реактор объемом $3,7 \text{ м}^3$. Реагенты подаются в эквивалентных количествах и превращаются полностью. Определить давление (кН/м^2) и полностью (кг/м^3) газовой смеси на выходе из реактора.

2. Газовая смесь ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$), содержащая в равных объемах. CO , CO_2 , H_2 и водяные пары находится в состоянии равновесия при 1,1 атм. Подсчитать константу равновесия.

Вариант 8

1. При конверсии метана $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ на каждые 1,2 м³ исходной реакционной смеси (с эквивалентным соотношением реагентов) получают за проход через реакционную зону 2 м³ синтез-газа ($\text{CO} + 3\text{H}_2$). Объемы газов приведены к н.у. Выразить влажность (% об.) отходящего газа и давление при 500⁰С.

2. Окисление хлороводорода ($4\text{HCl} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) проводят при 370⁰С и 0,1 МПа на оксидном хромовом катализаторе. Состав исходной смеси (% об.) HCl – 35,5; воздуха 64,5. В состоянии равновесия найдено 13,2% Cl_2 . Рассчитать значение константы равновесия.

Вариант 9

1.. На крекинг подается 9 т в сутки этана ($\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$). Конверсия этана 80%. Сколько этилена (кг) образуется в час? Каково содержание этилена (% об.) в газах крекинга? Как меняется давление при крекинге?

2. Омыление уксусноэтилового эфира протекает по реакции второго порядка $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Исходные концентрации реагентов принять по 16 кмоль/м³. Через 5 мин концентрация каждого из реагентов понизилась до 10,24 кмоль/м³. Определить константу скорости.

Вариант 10

1. Обжигают 1 кг чистого количества в час в печи объемом 20 м³. Воздух подают с избытком в 1,5. Температура газа на входе 200⁰С, на выходе 800⁰С. Определить давление газа на входе и выходе из печи. $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 8\text{SO}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$.

2. Бимолекулярная реакция $\text{H}_2 + \text{J}_2 \leftrightarrow 2\text{HJ}$ через 10 минут завершается на 25%. Через какое время реакция завершится на 50%. Исходные вещества взяты в стехиометрическом состоянии.

Процедура оценивания

.Самостоятельная работа выполняется на основании исходных данных, предоставляемых преподавателем. Пакет исходных данных включен в ФОС дисциплины и находится на кафедре разработчика.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» (7 - 8 баллов) выставляется студенту, если две задачи решены правильно без ошибок;

- оценка «хорошо» (5 – 6 баллов) выставляется студенту, если при решении одной задачи допущены непринципиальные ошибки;
- оценка «удовлетворительно» (3 - 4 балла) выставляется студенту, если решена только одна задача;
- оценка «неудовлетворительно» (0 – 2 балла) выставляется студенту, если не решена ни одна из двух задач или обе решены неправильно.

10.2.5. Примерные тестовые задания по модулям.

Модуль № 1

Тема «Водоподготовка»

1. Умягчение воды достигается выведением в осадок солей жесткости:

- а) $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{MgCO}_3 + 2\text{NaCl}$
- б) $\text{MgCO}_3 + 2\text{NaCl} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{MgCl}_2$
- в) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- г) $\text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4$

2. Временная жесткость воды отражает содержание гидрокарбонатов кальция и магния:

- а) CaCO_3 , MgCO_3 ;
- б) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$;
- в) CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- г) $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, MgCO_3

3. Умягчение воды достигается выведением в осадок солей жесткости:

- а) $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- б) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- в) $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
- г) $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$

4. Осветление воды достигается введением коагулянтов:

- а) CaSO_4 ;
- б) NaCl ;
- в) FeSO_4 ;
- г) CuCl_2

5. Умягчение воды достигается выведением в осадок солей жесткости:

- а) $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- б) $\text{MgCO}_3 + 2\text{NaCl} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{MgCl}_2$
- в) $\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- г) $\text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4$

6/ Жесткость воды отражает содержание растворимых солей кальция и магния:

- а) CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
- б) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$;
- в) CaSO_4 , MgCO_3 ;
- г) MgCl_2 , MgCO_3

7. Постоянная жесткость воды отражает содержание хлоридов и сульфатов кальция и магния:

- а) CaCl_2 ;
- б) MgCl_2 , CaCO_3 , MgSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- в) CaCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 , MgCl_2 ;
- г) KCl , MgSO_4

8. Коррозионной активностью обладают растворенные в воде газы:

- а) H_2 , N_2 , CH_4 ;
- б) O_2 , N_2 , CH_4 ;
- в) O_2 , CO_2 , NH_3 , Cl_2 , H_2S ;
- г) N_2 , CH_4 , CO_2 , Cl_2 /

9. Катионит Кат/ H^+ способен поглощать из воды:

- а) MgSO_4 ;
- б) CaCO_3 ;
- в) Cl^- ;
- г) Ca^{2+}

10. Анионит Ан/ OH^- способен поглощать из воды:

- а) CaCl_2 ;
- б) Ca^{2+} ;
- в) MgCl_2 ;
- г) Cl^-

11. Обессоливание воды производится:

- а) методом электролиза;
- б) методом ионного обмена;
- в) методом коагуляции;
- г) методом фильтрации.

12. Удаление растворенных в воде газов производят:

- а) электрокоагуляцией;
- б) термической и химической дегазацией;
- в) ультрафильтрацией;
- г) вымораживанием.

13. Общей щелочностью воды называется суммарная концентрация содержащихся в воде анионов:

- а) Cl^- , NO_3^- , OH^- , PO_4^{3-} , HSiO_3^- , SiO_3^- ;
- б) OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , HSiO_3^- , SiO_3^- ;

- в) SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , OH^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} ;
г) Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , HSiO_3^- , SiO_3^{2-} ;

14. Иониты – это вещества, способные:

- а) обменивать свои ионы на ионы, содержащиеся в растворе;
б) изменять концентрацию гуминовых веществ в воде;
в) изменять pH воды;
г) задерживать ионы на фильтрующей перегородке.

15. В промышленности используются схемы оборотного водоснабжения:

- а) с очисткой воды;
б) с охлаждением и нагревом воды;
в) с очисткой и охлаждением воды;
г) с охлаждением воды.

Тесты по теме «Типы химико-технологических систем»

1. По агрегатному (фазовому) состоянию взаимодействующих веществ принято делить технологические процессы и соответствующие им аппараты на:

- а) на жидкостные, газовые и твердофазные;
б) на гомогенные и гетерогенные;
в) на однородные и неоднородные;
г) на простые и сложные.

2. В гомогенных системах все реагирующие вещества находятся в фазах:

- а) в разных;
б) газовой (г), жидкой (ж) или твердой (т);
в) газ-жидкость (г-ж), газ-твердое (г-т), газ-жидкость-жидкость (г-ж-ж);
г) жидкость-твердое (ж-т), жидкость-жидкость (ж-ж), жидкость-газ (ж-г).

3. Гетерогенными являются системы, состоящие:

- а) из двух и более фаз;
б) из аммиака и хлора;
в) из H_2O и $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
г) из O_2 и H_2

4. К гомогенным процессам из приведенных реакций относится:

- а) $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
б) $2\text{H}_2\text{S} + \text{ZnO} = \text{ZnS} + 2\text{H}_2\text{O}$
в) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 8\text{SO}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$;
г) $\text{CO}_2 + \text{CaO} = \text{CaCO}_3$;

5. Гетерогенной является система:

а) $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;

б) $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$; $\text{H}_2\text{O}_{(\text{т})}$;

в) $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$; NH_3 ;

г) HCl ; $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$.

6. Увеличение поверхности соприкосновения фаз в системе $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$ достигается развитием поверхности более тяжелой фазы:

а) разбрызгиванием H_2O ;

б) равномерным распределением NH_3 ;

в) подачей аммиака под давлением;

г) испарением аммиака;

7. Поверхность жидкой фазы не может быть увеличена:

а) барботажем;

б) разбрызгиванием;

в) распределением тонкой пленкой на насадке;

г) агломерацией;

8. Процесс протекает в диффузионной области, если:

а) скорость диффузионного процесса значительно больше скорости химической реакции;

б) скорость диффузионного процесса значительно меньше скорости химической реакции;

в) скорости всех стадий соизмеримы;

г) степень превращения реагента не зависит от длины реактора.

9. Увеличение поверхности соприкосновения фаз в системе хлороформ-вода достигается развитием поверхности более тяжелой фазы (плотность хлороформа – $1,5 \text{ г/см}^3$, плотность воды $1,0 \text{ г/см}^3$):

а) разбрызгиванием воды ;

б) разбрызгиванием хлороформа;

в) испарением воды;

г) барботажем воды.

10. Лимитирующая стадия процесса – это:

а) собственно химическое превращение;

б) стадия подвода реагентов к реактору;

в) стадия отвода продуктов из зоны реакции;

г) самая медленная стадия процесса.

11. Процесс протекает в переходной области, если::

а) лимитируется кинетической составляющей;

б) лимитируется диффузионной составляющей;

- в) скорости всех стадий процесса соизмеримы;
г) лимитируется межфазовыми переходами.

12. В приведенных реакциях бимолекулярной является:

- а) $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$;
б) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$;
в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
г) $\text{NO} + 1/2\text{O}_2 = \text{NO}_2$.

13. На скорость химической реакции влияют:

- а) температура, перемешивание реагентов;
б) давление, процессы подвода реагентов в зону реакции, температура;
в) температура и концентрации реагирующих веществ;
г) перемешивание реагентов, концентрация реагирующих веществ, давление, процессы подвода реагентов в зону реакции, температура;

Модуль №2

Тема «Основы химико-технологических процессов»

1. Скорость процесса $\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$ может быть выражена уравнением:

- а) $U = k_1 \cdot F \cdot [\text{CO}]$
б) $U = k \cdot [\text{CO}]$
в) $U = k_1 \cdot F \cdot [\text{CO}] - k_2 \cdot [\text{CO}_2]$
г) $U = k \cdot [\text{CO}] \cdot [\text{CO}_2]$

2. Скорость процесса $\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ может быть выражена уравнением:

- а) $U = k_2 \cdot [\text{HI}]^2 - k_1 \cdot [\text{H}_2][\text{I}_2]$;
б) $U = k_2 \cdot [\text{H}_2][\text{I}_2]$;
в) $U = k_1 \cdot [\text{HI}]^2$;
г) $U = k_1 \cdot [\text{H}_2]^2 \cdot [\text{I}_2]^2$;

3. Скорость гомогенного превращения описывается выражением:

- а) $U = k \cdot F \cdot \Delta C$;
б) $U = k \cdot v \cdot \Delta C$;
в) $U = k \cdot (F_1 - F_2) \cdot \Delta C$;
г) $U = k \cdot (V_1 - V_2) \cdot \Delta C$

4. Скорость гетерогенного превращения описывается выражением:

- а) $U = k \cdot V \cdot \Delta C$;
б) $U = k \cdot F \cdot \Delta C$;
в) $U = k \cdot (V_1 - V_2) \cdot \Delta C$;
г) $U = k \cdot (F_1 - F_2) \cdot \Delta C$

5. Температурный коэффициент скорости показывает:

а) во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на 10°C ;

б) на какую величину возрастает скорость реакции при повышении температуры на 10°C ;

в) во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на 1°C ;

г) на какую величину возрастает скорость реакции при повышении температуры на 1°C .

6. Скорость технологического процесса

а) не может быть выше скорости химической реакции;

б) равна скорости химической реакции;

в) в два раза выше скорости химической реакции;

г) на порядок выше скорости химической реакции.

7. Правило Вант-Гоффа записывается уравнением:

а) $U = U_1 \cdot \gamma$

б) $U_2 = \frac{U_1 \cdot \gamma(t_2 - t_1)}{10}$

в) $U_2 = U_1 \cdot \gamma$

г) $U_2 = \frac{U_1 \cdot \gamma(t_2 - t_1)}{10}$

8. Скорость реакции $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ выражается уравнением:

а) $U = k \cdot F \cdot [\text{H}_2]$;

б) $U = k \cdot [\text{CuO}] \cdot [\text{H}_2]$;

в) $U = k \cdot F \cdot [\text{CuO}] \cdot [\text{H}_2]$;

г) $U = k \cdot [\text{H}_2]$

9. Зависимость константы скорости реакции от температуры описывается уравнением Аррениуса:

а) $k = k_0 \cdot \epsilon$;

б) $k = k_0 \cdot \gamma$;

в) $k = k_0 \cdot e^{-E/R}$;

г) $k = k_0 \cdot e^{R \cdot T}$

10. Скорость гомогенного обратимого процесса определяется формулой:

- а) $U = k \cdot \Delta C$;
- б) $U = k_1 \cdot \Delta C - k_2 \cdot \Delta C$;
- в) $U = k \cdot F \cdot \Delta C$;
- г) $U = k_1 \cdot F \cdot \Delta C - k_2 \cdot F \cdot \Delta C$.

11. Скорость гетерогенного обратимого процесса определяется формулой:

- а) $U = k_1 \cdot F \cdot \Delta C - k_2 \cdot F \cdot \Delta C$
- б) $U = k_1 \cdot F \cdot \Delta C$;
- в) $U = k \cdot V \cdot \Delta C$;
- г) $U = k_1 \cdot V \cdot \Delta C - k_2 \cdot V \cdot \Delta C$.

12. Скорость реакции $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ выражается уравнением:

- а) $U = k \cdot [H_2]^2 \cdot [O_2]$;
- б) $U = k \cdot F \cdot [H_2]^2 \cdot [O_2]$;
- в) $U = k_1 \cdot [H_2]^2 \cdot [O_2] - k_2 \cdot [H_2O]^2$;
- г) $U = k_1 \cdot [H_2]^2 \cdot [O_2] - k_2 \cdot F \cdot [H_2O]^2$

13. Увеличение константы скорости процесса может достигаться:

- а) повышением температуры, применением катализаторов, усилением перемешивания;
- б) повышением температуры;
- в) применением катализатора;
- г) совершенствованием конструкции аппарата.

14. Зависимость константы скорости от температуры определяется:

- а) уравнением Аррениуса;
- б) принципом Ле-Шателье;
- в) законом Гесса;
- г) законом эквивалентов.

15. Увеличение движущей силы процесса может достигаться:

- а) смещением равновесия;
- б) отводом продуктов из зоны реакции;
- в) увеличением концентрации реагентов;
- г) увеличением концентрации реагентов и давления, отводом продуктов из зоны реакции, смещением равновесия

Тесты по теме «Химические реакторы»

1. По характеру операции, протекающей в реакторе, реакторы делят:

- а) на периодические и непрерывные;
- б) на периодические, непрерывные и полунепрерывные;
- в) на непрерывные и полунепрерывные;

2. Непрерывные реакторы подразделяются по характеру движения реакционной среды на:

- а) внешнEDIффузионные и внутрEDIффузионные;
- б) идеального вытеснения и идеального смешения;
- в) внешнEDIффузионного вытеснения и внутрEDIффузионного смешения;
- г) внутрEDIффузионного вытеснения и внешнEDIффузионного смешения.

3. В реакторе периодического действия:

- а) загрузка реагентов и выгрузка продуктов осуществляется одновременно;
- б) выгрузка реагентов и катализатора осуществляется одновременно.
- в) загрузка реагентов и катализатора осуществляется одновременно;
- г) загрузка реагентов и выгрузка продуктов осуществляется в разное время;

4. В реакторе непрерывного действия:

- а) загрузка реагентов и выгрузка продуктов осуществляется одновременно;
- б) выгрузка реагентов и катализатора осуществляется одновременно.
- в) загрузка реагентов и катализатора осуществляется одновременно;
- г) загрузка реагентов и выгрузка продуктов осуществляется в разное время;

5. По температурному режиму реакторы подразделяют:

- а) адиабатические, эндотермические, политермические;
- б) эндотермические, экзотермические; изотермические;
- в) адиабатические, экзотермические, политермические;
- г) адиабатические, изотермические, политермические.

6. В периодическом реакторе идеального смешения изменение концентрации реагентов в объеме реактора происходит следующим образом:

- а) одинакова во всем объеме реактора и уменьшается во времени, по мере протекания химической реакции;
- б) не одинакова по объему реактора и не изменяется по мере протекания химической реакции;
- в) одинакова во всем объеме реактора и увеличивается по мере протекания химической реакции;
- г) изменяется по мере протекания химической реакции;

7. В реакторе идеального вытеснения изменение концентрации реагентов в зависимости от длины реактора происходят следующим образом:

- а) концентрации реагентов не изменяются по длине реактора;
- б) концентрации реагентов увеличиваются по длине реактора;
- в) концентрации реагентов уменьшаются по длине реактора;
- г) концентрации реагентов не зависят от длины реактора;

8. В реакторе идеального вытеснения изменение степени превращения реагента в зависимости от длины реактора происходит следующим образом:

- а) степень превращения реагента не изменяется по длине реактора;
- б) степень превращения реагента увеличивается по длине реактора;
- в) степень превращения реагента уменьшается по длине реактора;
- г) степень превращения реагента не зависит от длины реактора.

9. Для проведения гомогенных процессов используются:

- а) полочные, аксиальные реакторы;
- б) емкостные, трубчатые;
- в) с псевдоожиженным слоем реагентов;
- г) с взвешенным слоем реагентов.

10. Интенсивность массообмена при взаимодействии газа с жидкостью в реакторе можно увеличить:

- а) применяя перемешивание;
- б) изменяя температуру;
- в) изменяя геометрические размеры аппарата;
- г) увеличивая площадь поверхности контакта.

Модуль 3

Тесты по теме «Технология связанного азота»

1. Сырьем для получения продуктов в азотной промышленности является:

- а) природный газ, нефть, угли;
- б) азот и водород;
- в) атмосферный воздух и природный газ;
- г) атмосферный воздух и различные виды топлива.

2. Источниками сырья для получения синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) являются:

- а) твердое топливо, жидкие углеводороды, природный газ;
- б) кокс, нефть, угли;
- в) мазут, нефтя, угли;
- г) дымовые газы, сажа;

3. Паровая конверсия природного газа протекает при температуре:

- а) 550°C ;
- б) 1100°C;
- в) 800°C.
- г) 800°C при атмосферном давлении, 1100°C при давлении 3МПа

4. Чтобы получить синтез-газ для синтеза аммиака (75% H₂ и 25% N₂) проводят:

- а) парокислородную конверсию природного газа;
- б) парокислородвоздушную конверсию природного газа;
- в) паровую конверсию природного газа;
- г) углекислотную конверсию природного газа.

5. Катализаторами конверсии метана служат:

- а) оксиды железа и хрома;
- б) никелевые катализаторы на носителе;
- в) сульфиды никеля и молибдена;
- г) железные катализаторы на носителе.

6. В двухстадийной сероочистке в производстве аммиака применяются процессы:

- а) адсорбция серосодержащих веществ на цеолитах;
- б) моноэтаноламиновая абсорбция сероводорода;
- в) гидрирование сернистых соединений до сероводорода и адсорбция на оксиде цинка;
- г) адсорбция серосодержащих веществ на цеолитах и моноэтаноламиновая абсорбция сероводорода.

7. В конверсии оксида углерода используются катализаторы:

- а) на первой стадии – железохромовые, на второй – медно-цинковые;
- б) никелевые катализаторы на носителе
- в) на первой стадии – медно-цинковые, на второй – железохромовые
- г) платиновые.

8. Катализаторами реакции окисления сернистого ангидрида в серный служат:

- а) контактные массы на основе оксида железа;
- б) контактные массы на основе оксида ванадия;
- в) платиновые контактные массы;
- г) контактные массы на основе кремнезема.

9. В качестве контактных аппаратов для конверсии природного газа применяют:

- а) трубчатые печи, шахтные реакторы;
- б) трубчатые печи, форсуночные печи;
- в) циклонные реакторы и аппараты с рубашкой;

г) трубчатые вращающиеся печи.

10. В процессе синтеза аммиака используется следующий тип связей между элементами технологической схемы:

- а) последовательная;
- б) разветвленная;
- в) фракционный рецикл;
- г) обратная.

Тесты по теме «Производство серной кислоты»

1. Сырьем для производства серной кислоты служит:

- а) природный газ, нефть, серосодержащие угли;
- б) топочные газы, природный газ, самородная сера;
- в) железный колчедан, элементарная сера;
- г) железный колчедан, элементарная сера, сероводород.

2. Химическая схема производства серной кислоты из колчедана включает стадии:

а) обжиг колчедана, каталитическое окисление SO_2 , абсорбция SO_3 водой;

б) подготовка сырья; обжиг колчедана, очистка печного газа, каталитическое окисление SO_2 , абсорбция SO_3 ;

в) подготовка сырья; обжиг колчедана, охлаждение печного газа, очистка печного газа, каталитическое окисление SO_2 , абсорбция SO_3 водой;

г) подготовка сырья; окисление сероводорода, очистка печного газа, каталитическое окисление SO_2 , абсорбция SO_3 водой;

3. Скорость процесса обжига колчедана зависит:

а) от температуры, дисперсности колчедана, концентрации дисульфида в колчедане и концентрации кислорода в воздухе;

б) от температуры, дисперсности колчедана, конструкции печи;

в) от температуры, концентрации дисульфида в колчедане и концентрации кислорода в воздухе.

г) от дисперсности колчедана, конструкции печи, от температуры, дисперсности колчедана;

4. Скорость окислительного обжига определяется уравнением:

а) $U = k \cdot V \cdot \Delta C$;

б) $U = k \cdot F \cdot \Delta C$;

в) $U = k \cdot (V_1 - V_2) \cdot \Delta C$;

г) $U = k \cdot (F_1 - F_2) \cdot \Delta C$

5. Обжиговый газ должен быть очищен от:

- а) углекислого газа и пыли;
- б) пыли, сернокислотного тумана, соединений мышьяка и селена;
- в) углекислого газа, сероводорода, пыли, сернокислотного тумана, соединений мышьяка и селена;
- г) пыли и сернокислотного тумана.

6. Стадии контактного способа производства серной кислоты:

- а) контактное окисление сернистого ангидрида в серный, абсорбция серного ангидрида водой;
- б) контактное окисление сероводорода, абсорбция серного ангидрида серной кислотой;
- в) очистка газа от вредных примесей, окисление серы, контактное окисление сернистого ангидрида в серный, абсорбция серного ангидрида серной кислотой;
- г) очистка газа от вредных для катализатора примесей, контактное окисление сернистого ангидрида в серный, абсорбция серного ангидрида серной кислотой

7. Константа равновесия реакции окисления $\text{SO}_2 + 0,5 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 - \Delta H$ определяется формулой:

- а) $K_p = p_{\text{SO}_3} / p_{\text{SO}_2} * p_{\text{O}_2}$;
- б) $K_p = p_{\text{SO}_2} / p_{\text{SO}_2} * p_{\text{O}_2}$;
- в) $K_p = p_{\text{SO}_2} / p_{\text{SO}_3} * p_{\text{O}_2}$;
- г) $K_p = p_{\text{SO}_3} / p_{\text{SO}_2} * p_{\text{SO}_3}$

8. Катализаторами реакции окисления сернистого ангидрида в серный служат:

- а) контактные массы на основе оксида железа;
- б) контактные массы на основе оксида ванадия;
- в) платиновые контактные массы;
- г) контактные массы на основе кремнезема.

9. В качестве контактных аппаратов для каталитического окисления оксида серы применяют:

- а) аппараты с неподвижным слоем катализатора и аппараты кипящего слоя;
- б) трубчатые печи, форсуночные печи;
- в) циклонные реакторы и аппараты с рубашкой;
- г) трубчатые вращающиеся печи.

10. Процесс абсорбции серного ангидрида путем его поглощения:

- а) олеумом и 98%-ной кислотой;
- б) олеумом;
- в) на первой стадии - 20%-ным олеумом, на второй - 98%-ной кислотой;
- г) на первой стадии - 98%-ной кислотой, на второй - 20%-ным олеумом.

Критерии оценки текущего тестирования по темам.

«зачтено» ставится, если студент при тестировании правильно ответил на 60 % и более тестовых заданий;

«не зачтено» ставится, если студент при тестировании правильно ответил на 59 % и менее тестовых заданий.

11. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)

11.1 Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используются следующие технологии:

- технология традиционного обучения, включающая лекции, лабораторные и практические работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем. Форма текущего контроля – отчет о практических работах, отчет о лабораторных работах;
- технология обучения с применением интерактивных форм, включающая лекции с элементами дискуссии, с использованием технологий развития критического мышления;
- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных и мультимедийных технологий.

11.2 Методические рекомендации студенту по изучению дисциплины

МОДУЛЬ 1 Общие сведения о химической технологии. Химико-технологическая система.

Темы лекционных занятий:

Состояние и тенденции развития химической промышленности, ее сырьевые и экологические проблемы. Области и направления приоритетных исследований в химии и химической технологии..

Сырье химической промышленности. Энергетические ресурсы химической промышленности. Вода. Промышленная водоподготовка

Химическое производство и химико-технологический процесс, структура, состав и компоненты химического производства.

Химико-технологическая система. Технологические схемы. Основные технологические показатели химико-технологического процесса

Принципы классификации химико-технологических процессов. Гомогенные и гетерогенные процессы

Темы практических занятий:

Расчеты состава исходного сырья. Понятие реагента и технического состава сырья.

Определение количественных критериев эффективности химического производства.

Расчет технологических показателей химико-технологического процесса.

Расчет технологических процессов, связанных с расширением и сжатием газов

Расчет теплоты реакций

**Изучив данный модуль, студент должен:
иметь представление:**

- о значении химической технологии для развития экономики;
- об основных направлениях развития химической технологии;
- о динамике и масштабах производства основных продуктов химической промышленности.

знать:

- общую технологическую структуру химического производства;
- основные показатели эффективности химического производства;
- основные технологические компоненты – сырье, целевой и побочные продукты, полупродукты, отходы, энергетические ресурсы;
- классификацию химических производств

уметь:

- рассчитать основные технологические показатели эффективности;
- определить основные технологические параметры химического процесса.

Методические рекомендации по изучению темы

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему модулю дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике;
- акцентировать внимание на: классификации химико-технологических процессов; на основных технологических показателях химико-технологического процесса.
- ответить на контрольные вопросы:
 1. Дайте определения понятиям: химическое производство, химико-технологический процесс, химико-технологическая система и объясните их
 2. В чём заключается метод системного анализа для исследования химико-технологического процесса?
 3. Из каких частей состоит химико-технологическая система?
 4. Какие подсистемы можно выделить в химико-технологической системе?
 5. Какие элементы ХТС Вы можете указать? Их назначение и примеры в производстве.

6. Что такое связь в химико-технологической системе? Какие типы связей и их назначения Вы знаете?
7. Приведите пример химической, операционной и функциональной схем какого-либо производства?
8. Чем отличаются технологическая и структурная схемы химического производства? Покажите это на примере производства аммиака.
9. Перечислите основные технологические показатели эффективности химико-технологического процесса.
10. Что такое гомогенные и гетерогенные процессы ?
11. От чего зависит скорость гомогенного процесса?
12. От каких факторов зависит скорость гетерогенного процесса?
13. Способы повышения движущей силы гетерогенных процессов.
14. Стадии гетерогенного процесса
15. Способы увеличения поверхности контакта фаз в системах Ж – Т , Г - Ж, Г - Т

МОДУЛЬ 2 Химические процессы и реакторы

Темы лекционных занятий:

Виды химических реакторов. Реакторы идеального смешения и идеального вытеснения

Классификация химических процессов. Гомогенный химический процесс. Простые реакции. Сложные реакции

Гетерогенный химический процесс. Основные определения. Система «Газ – жидкость», «газ-твердое»

Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс процессов массопередачи. Механизм процессов массопереноса. Уравнение массоотдачи. Подобие процессов массообмена. Диффузионные критерии подобия. Уравнение массопередачи.

Каталитический химический процесс. Гомогенный и гетерогенный катализ. Стадии гетерогенного катализа. Реакторы для каталитических процессов

Уровни анализа, описания и расчета химических процессов, протекающих в реакторах. Структура математической модели химического реактора. Уравнение материального баланса реактора.

Тепловые явления в химическом реакторе. Изотермический процесс, неизотермический процесс в химическом реакторе. Организация теплообмена в реакторе и температурные режимы.

Моделирование и модели. Способы моделирования. Понятие системы. Математическое описание системы и подходы к его созданию.

Темы практических занятий:

Расчет материального баланса технологических процессов

Расчет теплового баланса технологических процессов

Изучив данную тему, студент должен:

иметь представление о гомогенных, гетерогенных и каталитических процессах, и о видах химических реакторов для различных фазовых процессов;

знать:

- классификацию химических процессов;
- закономерности гомогенных и гетерогенных реакций;
- основные стадии каталитических реакций;
- основные характеристики реакторов идеального смешения;
- основные характеристики реакторов идеального вытеснения;
- классификацию реакторов по температурному режиму ;
- способы теплообмена в химическом реакторе;
- способы повышения массообмена в реакторах для процессов между реагентами, находящимися в разных фазах;

уметь:

- рассчитать материальный и тепловой балансы процесса получения синтез-газа;
- оценить эффективность работы реактора;

владеть навыками:

- методами оценки работы реактора

Методические рекомендации по изучению темы

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему модулю дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике;
- акцентировать внимание на отличиях моделей реакторов идеального смешения и идеального вытеснения
- ответить на контрольные вопросы:
 1. Что такое гомогенные и гетерогенные процессы ?
 2. От чего зависит скорость гомогенного процесса?
 3. Приведите примеры гомогенных и гетерогенных реакций.
 4. Что такое порядок и молекулярность реакции?
 5. От каких факторов зависит скорость гетерогенного процесса?
 6. Зависимость скорости гетерогенного процесса от поверхности контакта.
 7. Зависимость скорости гетерогенного процесса от коэффициента скорости процесса
 8. Способы повышения движущей силы гетерогенных процессов.

9. Стадии гетерогенного процесса
10. Способы увеличения поверхности контакта фаз в системах Ж – Т , Г - Ж, Г - Т
11. Какие признаки легли в основу классификации химических реакторов?
12. Нарисуйте графики изменения концентрации во времени и в объеме реактора идеального смешения.
13. Нарисуйте графики изменения концентрации и степени превращения от длины реактора идеального вытеснения
14. Перечислите общие структурные элементы химических реакторов
15. Нарисуйте схемы реакторов для реализации гомогенных процессов и объясните их работу (вход сырья и выход продуктов, время проведения процесса, пути отвода и подвода теплоты и т.д.).
16. Сопоставьте периодические и проточные реакторы: попробуйте объяснить, какой тип реактора может иметь преимущества для осуществления разных процессов.
17. Нарисуйте схемы реакторов для гетерогенных процессов «газ-твердое» и объясните их работу.
18. Как можно организовать поток твердого вещества через реактор? Нарисуйте схемы аппаратов, объясните их работу.
19. Какие существуют способы организации взаимодействия газа с жидкостью?
20. Как можно увеличить скорость гетерогенного процесса «газ-твердое» и как изменится организация процесса?
21. Что такое катализ, виды катализа. Отношение катализатора к химическому равновесию.
22. Как влияет температура на скорость каталитической реакции ?
23. Что такое активность катализатора, и от каких факторов она зависит?
24. Что такое селективность катализатора?
25. Как производится теплообмен в каталитических реакторах?
26. Типы реакторов для гетерогенных каталитических процессов

МОДУЛЬ 3 Важнейшие химические производства

Темы лекционных занятий:

Технология связанного азота. Сырьевая база азотной промышленности.
Синтез аммиака

Производство азотной кислоты

Химическая переработка нефти. Первичная переработка. Каталитический крекинг, Каталитический риформинг нефти.

Технология серной кислоты и минеральных удобрений

Темы практических занятий:

Кинетические расчеты химической реакции

Расчеты каталитических процессов

Расчеты материального и теплового баланса процесса получения аммиака

Тестирование по темам «технология связанного азота» и «производство серной кислоты»

Изучив данную тему, студент должен:

иметь представление о технологиях производства аммиака, азотной кислоты; иметь представление о получении серной кислоты;

знать:

- стадии производства аммиака;
- характеристики катализаторов каталитических стадий производства аммиака: парового риформинга метана, конверсии оксида углерода, синтеза аммиака;
- основные технологические параметры стадии синтеза аммиака;
- сырье и отходы производства аммиака;
- основные стадии и катализаторы в производстве азотной кислоты;
- сырье и отходы производства серной кислоты;
- стадии производства серной кислоты;
- основные опасности производств аммиака, азотной кислоты.

уметь:

- ориентироваться в технологической аппаратуре производства синтеза аммиака;
- рассчитать материальный и тепловой баланс производств;
- оценить опасность продуктов и отходов производств аммиака, азотной кислоты и серной кислоты.
- ориентироваться в технологических схемах химических производств.

владеть навыками:

- применения полученных знаний для оценки безопасности химического производства

Методические рекомендации по изучению темы

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему модулю дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике;
- акцентировать внимание на стадиях производства аммиака и азотной и серной кислот и на оценки степени опасности производства для персонала и окружающей среды.
- ответить на контрольные вопросы:
 1. Что является сырьем для получения продуктов азотной промышленности?
 2. Из каких компонентов состоит синтез-газ, методы его получения, области использования?
 3. Что представляет собой сероочистка природного газа ?
 4. Технологический процесс конверсии природного газа водяным паром.
 5. Кислородная конверсия и паровоздушнокислородная конверсия природного газа.
 6. Конверсия оксида углерода
 7. Технологическая схема синтеза аммиака
 8. Области применения азотной кислоты
 9. Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты
 10. Технологическая схема производства азотной кислоты АК-72
 11. Как происходит очистка хвостовых газов в производстве азотной кислоты?
 12. Каковы основные технологические свойства серной кислоты и основное сырье для производства серной кислоты?
 13. Перечислите стадии производства серной кислоты.
 14. Почему реакция окисления сернистого ангидрида в серный ангидрид не идет без катализатора даже при высокой температуре?
 15. Какие катализаторы применяют для стадии окисления SO_2 в SO_3 ?
 16. От каких параметров процесса зависит скорость реакции окисления SO_2 в SO_3 ?

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

12.1. Обязательная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
1.	Кузнецова И.М. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС [Электронный ресурс] : учебник /И.М. Кузнецова [и др.]; под ред. Харлампиди Х.Э. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-1479-6	Учебник	ЭБС "Лань"
2	Атманских И.Н. Химическая технология [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / И.Н.Атманских [и др.]; - Екатеринбург: УрФУ, 2015. - 120 с. - ISBN 978-5-7996-1603-8.	Учебно-методическое пособие	ЭБС "IPRbooks"
3	Практикум по общей химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ж.К. Каирбеков [и др.]; Алма-ата: Казах. нац. ун-т им. аль-Фараби, 2013. - 108с.- ISBN 978-601-04-0093-1.	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"
4	Романков П.Г. Массообменные процессы химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие /П.Г. Романков [и др.]; - СПб.:ХИМИЗДАТ, 2017. - 440 с. - ISBN 978-5-93808-289-2.	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"
5	Левенец Т.В. Основы химических производств [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.В. Левенец, [и др.]; - Оренбург: Оренб. гос. ун-т, 2015. -122 с. - ISBN 978-5-7410-1292-5.	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"
6	Козадерова О.А. Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии минеральных удобрений [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.А. Козадерова, С.И. Нифталиев.. - Воронеж: Ворон. гос. ун-т инженерн.технол., 2018. - 56 с. -ISBN 978-5-00032-318-2.	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"

12.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видео-пособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видео-пособия и др.)	Количество в библиотеке
7	Брянкин К.В. Общая химическая технология. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.В. Брянкин [и др.]; -Тамбов: Тамбов.гос.тех.ун-т , 2012. - 172 с. - 2227-8397.	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"
8	Солодова Н.Л. Химическая технология переработки нефти и газа [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Л. Солодова, Д.А. Халикова. - Казань: Казан. нац. исслед. технол. ун-т, 2012. - 120 с. - ISBN 978-5-7882-1220-3.	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"
9	Ахмедьянова Р.А. Химическая технология переработки газового сырья. Производство мономеров из газового сырья [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.А. Ахмедьянова, А.Г. Лиакумович. — Казань: Казан. нац. исслед. технол. ун-т, 2015. - 181 с. - ISBN 978-5-7882-1704-8	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"
10	Закгейм А. Ю. Общая химическая технология [Электронный ресурс] : введение в моделирование химико-технолог. процессов : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям "Хим. технология" и "Материаловедение" / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2012. - 302 с. - ISBN 978-5-98704-497-1.	учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

(подпись)

А.М. Асаева
(И.О. Фамилия)

«__» _____ 20__ г.

МП

12.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- **Химия в интересах устойчивого развития**

В журнале публикуются оригинальные научные сообщения и обзоры по химии процессов, представляющих основу принципиально новых технологий, создаваемых в интересах устойчивого развития, или усовершенствования действующих, сохранения природной среды, экономии ресурсов, энергосбережения. Входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Доступен полнотекстовый архив с 2001 по 2005 год: <http://www.sibran.ru/journals/Hviur/>

- **Oriental Journal Of Chemistry**

Научный рецензируемый журнал открытого доступа. Страна: Индия. Язык: английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>

- **Химик**

Русскоязычный сайт по химии. Вся учебная и справочная информация на сайте имеет ссылки на литературные источники. Сайт доступен без регистрации: <http://www.xumuk.ru>

12.4. Перечень программного обеспечения.

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standard	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсо-	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева.	445020 Самарская обл. г. Тольятти, ул. Белорусская, 16-Б, позиция по ТП № 3, 3 этаж (А-306)	42,7	40

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	вых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.				
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические трехместные моноблоки, стол преподавательский, стул преподавательский, кафедра, доска меловая. экран навесной, проектор., процессор. мышь комп., пульт.	445020 Самарская обл. г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, позиция по ТП № 7, 1 этаж (А-125)	214,3	178
3	Лаборатория "Физическая и коллоидная химия"	Вытяжной шкаф; мойки; Столы письменные.; табуреты; Столы лабораторные; стол лабораторный островной; тумба; стол для весов; доска аудиторная; потенциостат П-5827М; термостат водяной UTU-4; самописец планшетный; сушильный шкаф WS31; термостат водяной; вакуумный насос 8/18х; весы электронные Mettler Tolledo; выпрямитель В-24; лабораторный регулятор напряжения Эксперт001; электроплитка Нева110; магнитные	445020, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская 16б, позиция по ТП №10 , 3 этаж (А-318)	85,80	24

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
		мешалки с подогревом ПЭ6110; колориметр; химическая посуда.			
4	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические, стол преподавательский, стулья ученические, доска аудиторная (маркерная), ПК.	445020 Самарская обл. г. Тольятти, ул. Белорусская, 16В, позиция по ТП № 9, 8 этаж (УЛК-812)	50,7	19
5	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	445020 Самарская обл. г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, позиция по ТП № 48, 4 этаж (Г-401)	84,8	16

