

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

Б1.В.ДВ.02.05
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая химическая технология

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

направленность (профиль)
Безопасность технологических процессов и производств

Форма обучения: заочная

Год набора: 2019

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Курс Форма контроля Вид занятий	4	Итого
	Зачет	
Лекции	4	4
Лабораторные	-	-
Практические	4	4
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	8,25	8,25
Самостоятельная работа	132	132
Контроль	3,75	3,75
Итого	144	144

Рабочую программу составил(и):

доцент, канд. техн. наук Капустин П.П.

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

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

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

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

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Срок действия рабочей программы дисциплины до «1» декабря 2025 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

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

АКТУАЛИЗАЦИЯ

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 9 от «12» марта 2020 г.).

1. Цель освоения дисциплины

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

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Физика»; «Высшая математика»; «Общая и неорганическая химия»; «Органическая химия».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1 - способностью принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива	ПК-1.1. Контролирует соблюдение технологической дисциплины, принимает корректирующие меры в случае выявления отклонения параметров от технологических требований	Знать: – принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства; – технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции;
		Уметь: – использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции;
		Владеть: – техническими средствами для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Курс	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Общие сведения о химической технологии. Химико-технологическая система.	Лекция № 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.	4	2	-	-	
	Практическое занятие № 1	Практическая работа №1. Расчеты по химическим уравнениям. Расчеты с применением газовых законов	4	2	10	-	Отчет по практическому занятию № 1 в электронном виде
	Лекция № 2	Сырье химической промышленности. Энергетические ресурсы химической промышленности. Вода. Промышленная водоподготовка.	4	2	-	-	
	Практическое занятие № 2	Состав исходных и реакционных смесей.	4	2	10	-	Отчет по практическому занятию №2 в электронном виде
	Самостоятельное изучение материала	Изучение лекционного материала. Подготовка к защите практических и лабораторных работ.	4	66			Отчет, реферат и презентация по самостоятельной работе №1

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Курс	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Самостоятельное изучение материала	Изучение лекционного материала. Подготовка к защите практических и лабораторных работ.	4	66	-	-	Отчет, реферат и презентация по самостоятельной работе №1
	Промежуточная аттестация		4	0.25	-	-	Промежуточный тест
	Зачет	Итоговое тестирование			60		Итоговое тестирование
				144	100		

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения, включающая лекции и практические работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем. Лекция с элементами дискуссии. Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по дисциплине «Общая химическая технология», используя лекционный материал и материал библиотечного фонда по данной тематике;
- акцентировать внимание на изучении химико-технологических процессов; основных технологических показателях, моделей реакторов различного типа, основных промышленных процессов.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.
2. Вопросы для самостоятельной работы студентов
 - общая технологическая структура химического производства;
 - основные показатели эффективности химического производства;
 - классификация химических производств;
 - закономерности гомогенных и гетерогенных реакций;
 - основные стадии каталитических реакций;
 - основные характеристики реакторов идеального смешения;
 - основные характеристики реакторов идеального вытеснения;
 - классификация реакторов по температурному режиму;
 - способы теплообмена в химическом реакторе;
 - способы повышения массообмена в реакторах для процессов между реагентами, находящимися в разных фазах;
 - характеристики катализаторов каталитических стадий производства аммиака: парового риформинга метана, конверсии оксида углерода, синтеза аммиака;
 - основные технологические параметры стадии синтеза аммиака;
 - стадии производства серной и азотной кислот.
3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим работам и промежуточной аттестации).
4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.
5. Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам.
6. Практические занятия включают в себя решение прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.
7. Подготовка отчетов по практическим занятиям:
 - 7.1. Предоставление отчета в электронном виде с названием файла в соответствии с вариантом и требованиями к содержанию отчета.
 - 7.2. При сдаче отчета студент должен ответить на вопросы преподавателя по теме практической работе в устной форме, используя отчет по практической работе.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

7.1. Паспорт оценочных средств

Курс	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
4	ПК-1	Отчеты по практическим занятиям № 1-17 в электронном виде. Отчеты по лабораторным работам №1-4. Реферат и презентация по самостоятельным работам № 1-3.

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

7.2.1 Отчет по практическому занятию

(наименование оценочного средства)

Типовые примеры заданий

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

$$\begin{aligned} 32 \text{ кг} &- 1 \text{ кмоль } \text{O}_2 \\ 0,65 \cdot 10^{-3} \text{ кг} &- n \text{ кмоль } \text{O}_2 \\ n &= \frac{0,65 \cdot 10^{-3}}{32}; \quad n = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль} \end{aligned}$$

2) Объем кислорода

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

$$T = 273 + 14,5 = 287,5 \text{ К}$$

$$R = 8,3 \text{ кДж/кмоль} \cdot \text{град}$$

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

3) Объем кислорода при нормальных условиях

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

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

4) Концентрация кислорода в кмоль/м³

$$\begin{aligned} 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль} &- 0,00045 \text{ м}^3 \\ n \text{ кмоль} &- 1 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

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

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

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

$$T_2 = 273 + 12 = 285 \text{ К}$$

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

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

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

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

- 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 СО₂ 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

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

10) Концентрация CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера

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

$$C - 1 \text{ м}^3$$

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

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

$$C - 1 \text{ м}^3$$

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

. 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 12°C. 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 $8 \text{ м}^3/\text{мин}$ 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

$$1,9 \cdot 3 = 5,7 \text{ м}^3$$

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

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

$$T_2 = 273 + 12 = 285 \text{ К}$$

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

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

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

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

16) Свободное сечение трубопровода

$$S = \pi r^2$$

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

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.

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

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

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

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

20) Концентрация CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера

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

$$C - 1 \text{ м}^3$$

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

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

$$C - 1 \text{ м}^3$$

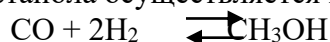
$$C = \frac{1,49}{480}; \quad C = 0,0031 \text{ кмоль/м}^3.$$

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 $0,3 \text{ кмоль/м}^3$, а $\text{H}_2 - 0,5 \text{ кмоль/м}^3$. Константа скорости прямой реакции равна $0,4$. Найдите скорость реакции на данный момент и по истечении некоторого времени, когда концентрация CO уменьшилась на $0,1 \text{ кмоль/м}^3$.

Решение:

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

Подставим в неё значения концентрации CO и H_2 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 $0,1 \text{ кмоль/м}^3$, концентрация H_2 уменьшается на $0,2 \text{ кмоль/м}^3$ 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 $8 \text{ кмоль/м}^3 \text{ SO}_2$, $6 \text{ кмоль/м}^3 \text{ O}_2$ и $14 \text{ кмоль/м}^3 \text{ SO}_3$. Определить исходные концентрации реагентов.

Решение:

На образование 2 кмоль SO_3 расходуется 2 кмоль SO_2 и 1 кмоль O_2 .

Соответственно, на образование 14 кмоль SO_3 необходимо взаимодействие 14 кмоль SO_2 и 7 кмоль O_2 . Тогда исходная концентрация SO_2 была $(8 + 14) \text{ кмоль/м}^3$, а кислорода $(6 + 7) \text{ кмоль/м}^3$

	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$			
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.

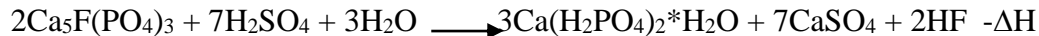
Принять, что 75% H_2O выводится со шламом, а 25% переходит в газовую фазу.

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

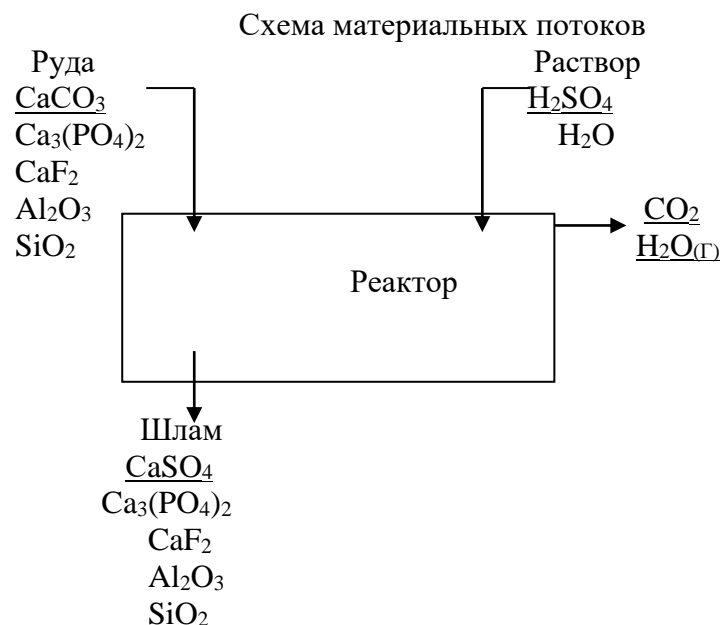
Решение.

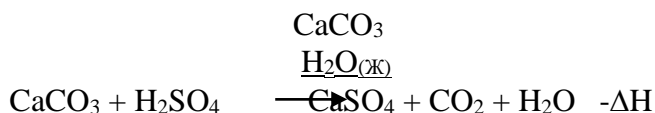
Составим схему движения материальных потоков.

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

$$792,65 - 720,59 = 72,06 \text{ кг (или 0,73 кмоль)}$$

9) количество воды, поступающее в аппарат с раствором серной кислоты

$$792,65 \text{ кг} - 20\% \quad m_{H_2O} = 3170,6 \text{ кг}$$

$$m_{H_2O} - 80\% \quad n_{H_2O} = 176,14 \text{ кмоль}$$

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 кг CaCO_3 образуется 323,53 кг (или 7,35 кмоль) CO_2

$$m_{CO_2} = \frac{735,3 \cdot 44}{100}; \quad m_{CO_2} = 323,53 \text{ кг}$$

$$n_{CO_2} = 7,35 \text{ кмоль}$$

11) количество образующейся H_2O

$$m_{H_2O} = \frac{735,3 \cdot 18}{100}; \quad m_{H_2O} = 132,35 \text{ кг}$$

$$n_{H_2O} = 7,35 \text{ кмоль}$$

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 м^3 .

Решение.

Объемная скорость газа $20000/1,25 = 16000 \text{ нм}^3/\text{ч}$, т.е. на 1 м^3 катализатора через колонну проходит 16000 $\text{нм}^3/\text{ч}$ 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 моля 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 $2 \cdot 0,18 \times \text{м}^3/\text{ч}$ азото-водородной смеси. Кроме того, в газах отходящих после колонны синтеза, содержится азото-водородной смеси $(1 - 0,18) \times \text{м}^3$.

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.

Критерии оценки:

оценка «зачтено» ставится студенту, если отчет по практическому занятию включает более 50% от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями указанными в учебно-методическом пособии;

оценка «не зачтено» ставится студенту, если отчет по практическому занятию включает менее 50% от требуемого объема.

7.2.2 Комплект отчетов по лабораторным работам

(наименование оценочного средства)

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 возможно реализовать практически в любых, в том числе и бытовых, условиях.

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

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°C и относят к плотности воды при 4°C . Так как масса 1 см^3 воды при 4°C равна 1 г , то плотность, выраженная в $\text{г}/\text{см}^3$, 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 °С.

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

Для пересчета «видимой» плотности в плотность по отношению к воде при 4 °С 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, Кусакову)

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

Критерии оценки:

оценка «зачтено» ставится студенту, если отчет по лабораторной работе включает более 50% от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями указанными в учебно-методическом пособии;

оценка «не зачтено» ставится студенту, если отчет по лабораторной работе включает менее 50% от требуемого объема.

Темы письменных работ¹

№ п/п	Темы
1.	Химическая технология как наука.
2.	Химико-технологическая система, технологическая схема.
3.	Значение химической технологии и химического машиностроения.
4.	История развития химической технологии.
5.	Основные тенденции развития химической технологии и химической промышленности.
6.	Производительность аппаратов. Интенсивность работы аппаратов.
7.	Характеристика периодических и непрерывных процессов.
8.	Сырье химической промышленности. Классификация.
9.	Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов.
10.	Принципы обогащения сырья. Основные методы.
11.	Воздух как сырье. Другие области применения воздуха.
12.	Вода. Свойства. Природная вода. Жесткость воды.
13.	Промышленная водоподготовка.
14.	Области применения воды в химической промышленности. Требования к воде.
15.	Основные стадии технологического процесса. Лимитирующая стадия. Области протекания технологического процесса.
16.	Классификация процессов и аппаратов.
17.	Закон действия масс. Константа равновесия. Принцип Ле-Шателье. Равновесие в технологических процессах.
18.	Степень превращения. Избирательность. Выход продукта. Равновесный выход продукта.
19.	Скорость технологических процессов (гомогенных и гетерогенных). Коэффициент диффузии.
20.	Движущая сила технологического процесса.
21.	Абсорбция при прямотоке, противотоке и перекрестном токе.
22.	Способы повышения скорости технологического процесса. Влияние температуры. Уравнение Аррениуса и Вант-Гоффа.
23.	Влияние температуры на выход продукта обратимого экзотермического процесса. Экономически рациональная температура.
24.	Основные способы создания хороших условий контакта фаз в гетерогенных процессах с участием твердой фазы.
25.	Основные способы увеличения поверхности соприкосновения реагирующих фаз в системе газ-жидкость.
26.	Технологические схемы с открытой цепью и замкнутые. Характеристика.
27.	Технико-экономические показатели химико-технологических процессов. Расходный коэффициент. Мощность аппарата.
28.	Удельные капитальные затраты. Зависимость удельных капитальных затрат от единой мощности установки. Себестоимость.
29.	Основные положения материальных и тепловых балансов.
30.	Требования к химическим реакторам. Производительность и интенсивность.
31.	Классификация химических реакторов.
32.	Реакторы периодического и непрерывного действия. Основные характеристики.
33.	Классификация реакторов по режиму движения реагентов. Основные характеристики.
34.	Кинетическая модель реактора идеального вытеснения.

¹Заполняется если дисциплиной предусмотрены письменные, в т.ч. курсовые работы/проекты/РГР.

№ п/п	Темы
35.	Реакторы полного смещения. Характеристика. Математическое описание.
36.	Каскад реакторов полного смещения. Степень превращения. Движущая сила. Скорость процесса. Математическое описание.
37.	Классификация реакторов по температурному режиму. Сравнение реакторов.
38.	Гомогенные некаталитические процессы и реакторы. Технологические закономерности и характеристики. Типы реакторов.
39.	Закономерности гетерогенных процессов. Коэффициент массопередачи. Определение лимитирующей стадии.
40.	Процессы и реакторы системы газ-жидкость. Закон Генри. Критериальные уравнения. Коэффициент извлечения.
41.	Скорость процесса. Приемы увеличения скорости технологического процесса.
42.	Процессы и реакторы для систем твердое-жидкость. Скорость технологического процесса.
43.	Процессы и реакторы в системе газ-твердое. Адсорбция. Стадии процесса. Кинетические уравнения.
44.	Промышленные печи. Классификация промышленных печей. Основные характеристики.
45.	Основные уравнения теплопередачи. Интенсификация тепловых процессов.
46.	Процессы в системах твердое-твердое и жидкость-жидкость. Характеристика. Реакторы.
47.	Каталитические процессы. Закономерности каталитических процессов.
48.	Технологический режим каталитических процессов. Температурный режим. Выход продукта. Влияние давления и концентрации.
49.	Требования к контактному аппарату. Способы контакта фаз газ-твердое вещество в каталитических реакторах.
50.	Приемы теплообмена в контактных аппаратах для каталитических процессов.
51.	Топливо. Классификация. Теплота сгорания. Энергоемкость. Определение теплоты и температуры горения.
52.	Химическая переработка твердых топлив.
53.	Основные стадии производства аммиака.
54.	Принципиальная технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты.
55.	Принципиальная технологическая схема производства серной кислоты.
56.	Принципиальная технологическая схема производства карбамида с жидкостным рециклом.

Краткое описание и регламент выполнения

1. Подготовка рефератов и презентаций в качестве самостоятельной работы, которая должна соответствовать следующим требованиям:

2. Требования к содержанию и оформлению реферата:

Оформление реферата производится в следующем порядке:

- титульный лист;
- оглавление/содержание;
- введение (здесь обычно обосновывается актуальность выбранной темы, цель и

содержание реферата, указывается объект / предмет / рассмотрения, приводится характеристика источников для написания работы и краткий обзор имеющейся по данной теме литературы. Актуальность предполагает оценку своевременности и социальной значимости выбранной темы, обзор литературы по теме отражает знакомство автора реферата с имеющимися источниками, умение их систематизировать, критически рассматривать, выделять существенное, определять главное);

- основная часть, разбитая на главы и параграфы (Содержание глав этой части должно точно соответствовать теме работы и полностью ее раскрывать. Эти главы должны показать умение исследователя сжато, логично и аргументировано излагать материал, обобщать, анализировать, делать логические выводы. Обычно решению каждой задачи как правило, посвящена одна глава работы. В работах, носящих, в основном, теоретический характер, анализируя литературу по теме исследования, изучая, описывая опыт наблюдаемых событий (явлений), автор обязательно высказывает свое мнение и отношение к затрагиваемым сторонам проблемы. Глава должна заканчиваться выводами или хотя бы констатацией итогов);

- заключительная часть/заключение (Предполагает последовательное, логически стройное изложение обобщенных выводов по рассматриваемой теме);

- список используемой литературы/список используемых источников (Одна из частей работы, отражающая самостоятельную творческую работу автора, позволяет судить о степени фундаментальности данного реферата. Сведения об источниках (библиографические ссылки) следует располагать в алфавитном порядке (включая все виды изданий, в том числе законы, стандарты, электронные, видео- и аудиоресурсы);

- приложения.

Объем реферата – 15-20 страниц машинописного текста.

3. Презентация оформляется по одной из тем, полученной от преподавателя.

Объем презентационного материала составляет не менее 12 слайдов.

4. Представление информации презентации должны соответствовать:

- Рекомендуется сжатый, информационный способ изложения материала.

- Присутствие на слайде блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга.

- В текстовых блоках необходимо использовать короткие слова и предложения.

5. Оформление слайдов презентации должно соответствовать:

- Вся презентация должна быть выдержана в едином стиле, на базе одного шаблона.

- Необходимо обеспечить унификацию структуры и формы представления учебного материала.

- Следует избегать излишне пёстрых стилей — оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от содержательной части доносимой информации.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если работа включает 50 % и более от требуемого объема и выполнена в соответствии с требованиями указанными в учебно-методическом пособии.

«не зачтено» выставляется студенту, если работа не выполнена.

7.3.Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 7

№ п/п	Вопросы к экзамену (зачету, зачету с оценкой)
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.
16.	Что такое гомогенные и гетерогенные процессы ?
17.	От чего зависит скорость гомогенного процесса?
18.	Приведите примеры гомогенных и гетерогенных реакций.
19.	Что такое порядок и молекулярность реакции?
20.	От каких факторов зависит скорость гетерогенного процесса?
21.	Зависимость скорости гетерогенного процесса от поверхности контакта.
22.	Зависимость скорости гетерогенного процесса от коэффициента скорости процесса.
23.	Способы повышения движущей силы гетерогенных процессов.
24.	Стадии гетерогенного процесса.
25.	Способы увеличения поверхности контакта фаз в системах Ж – Т , Г - Ж, Г - Т
26.	Какие признаки легли в основу классификации химических реакторов?
27.	Нарисуйте графики изменения концентрации во времени и в объеме реактора идеального смешения.
28.	Нарисуйте графики изменения концентрации и степени превращения от длины реактора идеального вытеснения.
29.	Перечислите общие структурные элементы химических реакторов.
30.	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.).
31.	Сопоставьте периодические и проточные реакторы: попробуйте объяснить, какой

	тип реактора может иметь преимущества для осуществления разных процессов.
32.	Нарисуйте схемы реакторов для гетерогенных процессов «газ-твердое» и объясните их работу.
33.	Как можно организовать поток твердого вещества через реактор? Нарисуйте схемы аппаратов, объясните их работу.
34.	Какие существуют способы организации взаимодействия газа с жидкостью?
35.	Как можно увеличить скорость гетерогенного процесса «газ-твердое» и как изменится организация процесса?
36.	Что такое катализ, виды катализа. Отношение катализатора к химическому равновесию.
37.	Как влияет температура на скорость каталитической реакции ?
38.	Что такое активность катализатора, и от каких факторов она зависит?
39.	Что такое селективность катализатора?
40.	Как производится теплообмен в каталитических реакторах?
41.	Что является сырьем для получения продуктов азотной промышленности?
42.	Из каких компонентов состоит синтез-газ, методы его получения, области использования?
43.	Что представляет собой сероочистка природного газа ?
44.	Технологический процесс конверсии природного газа водяным паром.
45.	Кислородная конверсия и паровоздушнокислородная конверсия природного газа.
46.	Конверсия оксида углерода.
47.	Технологическая схема синтеза аммиака.
48.	Области применения азотной кислоты.
48.	Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты.
50.	Каковы основные технологические свойства серной кислоты и основное сырье для производства серной кислоты?

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7	Зачет	«отлично»	Ответ на два теоретических вопроса, студент хорошо владеет материалом и отвечает на один дополнительный вопрос с пониманием, приводит примеры.
		«хорошо»	Ответ на два теоретических вопроса, студент хорошо владеет материалом, ответ на теоретический материал одного из вопросов экзаменационного билета неполный, отвечает на один дополнительный вопрос, приводит примеры.
		«удовлетворительно»	Ответ на теоретический материал по одному из двух теоретических вопросов полный, ответы на дополнительные вопросы по теоретическому экзамену

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			национному материалу билета должны быть близкими к теории.
		«неудовлетворительно»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Заварухин С.Г.	Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов	учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»
2	Гартман Т.Н., Клушин Д.В.	Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС ²
1.	Кузнецова И.М. и др.; под ред. Харлампики Х.Э.	Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС	Учебник	2014	ЭБС «Лань»
2.	Атманских И.Н.	Химическая технология	Учебно-методическое пособие	2015	ЭБС "IPRbooks"
3.	Ж.К. Каирбеков	Практикум по общей химической технологии	Учебное пособие	2013	ЭБС "IPRbooks"
4.	Романков П.Г.	Массообменные процессы химической технологии	Учебное пособие	2017	ЭБС "IPRbooks"

² Указывается количество экз. для печатных изданий, для электронных изданий – наименование ЭБС.

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС²
5.	Левенец Т.В.	Основы химических производств	Учебное пособие	2015	ЭБС "IPRbooks"
6.	Козадерова О.А.	Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии минеральных удобрений	Учебное пособие	2018	ЭБС "IPRbooks"

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
7.	Брянкин К.В.	Общая химическая технология. Часть 2	Учебное пособие	2012	ЭБС "IPRbooks"
8.	Н.Л. Солодова, Д.А. Халикова.	Химическая технология переработки нефти и газа	Учебное пособие	2012	ЭБС "IPRbooks"
9.	Р.А. Ахмедьянова, А.Г. Ликумович.	Химическая технология переработки газового сырья. Производство мономеров из газового сырья	Учебное пособие	2015	ЭБС "IPRbooks"
10.	Закгейм А. Ю.	Общая химическая технология	Учебное пособие	2012	ЭБС "IPRbooks"

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем³

- – **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>

8.4. 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)

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

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

³ Базы данных и информационные справочные системы должны быть актуальны.

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры
2	Аудитория веб-конференций. 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 (УЛК-810)	Экран телевизионный, ширма, прожектор на штативе, стол преподавательский, стул преподавательский, транспарант-перетяжка, системный блок