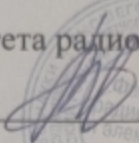


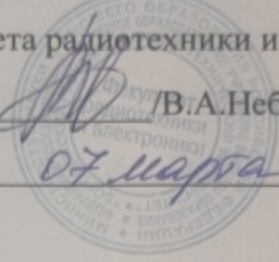
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники


В.А. Небольсин/


07 марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Химическая технология»

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

Профиль Функциональные материалы

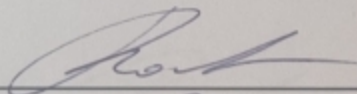
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

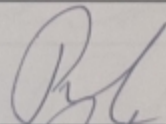
Год начала подготовки 2024

Автор программы

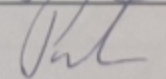

Г.Ю. Вострикова

Заведующий кафедрой

Химии и химической
технологии материалов


О.Б. Рудаков

Руководитель ОПОП


О.Б. Рудаков

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

общее ознакомление с химическими производствами, рассмотрение общих проблем синтеза и анализа химических производств с целью создания высокоэффективных функциональных материалов.

Основными методами исследования в дисциплине «Химическая технология» являются - математическое моделирование химико-технологических процессов и химических аппаратов, опирающееся на закономерности химико-физических явлений, процессов массо- и теплопереноса, а также системный анализ технологических систем и взаимодействий элементов.

Цель преподавания «Химической технологии» – дать студентам знания о химических веществах и материалах; методах и приборах определения состава и свойств веществ и материалов; оборудовании, технологических процессах и промышленных схемах получения веществ, материалов, изделий, а также о системах управления ими и регулирования; о методах и средствах оценки состояния окружающей среды и защиты ее от влияния промышленного производства, энергетики и транспорта.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Задачами изучения общей химической технологии являются: подготовка бакалавров к различным видам профессиональной деятельности, включающей производственно-технологическую часть, а также научно-исследовательскую работу в интересах конкретного производства; получение навыков использования полученных знаний в профессиональной деятельности, освоение теоретических основ химической технологии и основными инженерными расчетами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Химическая технология» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Химическая технология» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-7 - Способен работать на технологическом оборудовании в соответствии с правилами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда

ПК-12 - Способен участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-7	знать технику безопасности и нормы охраны труда

	уметь работать на технологическом оборудовании владеть технологическими процессами
ПК-12	<p>знать - основные положения химии, являющиеся базовыми для понимания процессов, протекающих в газовых, жидких и твердых средах;- иметь полное и подробное представление о свойствах органических и неорганических веществ, с которыми студент будет иметь дело в процессе своей профессиональной деятельности;</p> <p>- методы оценки эффективности производства; - общие закономерности химических процессов; - основные химические производства</p> <p>уметь - рассчитывать основные характеристики химического процесса;- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;- оценивать технологическую эффективность производства;- использовать методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения</p> <p>владеть - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования,- методами анализа эффективности работы химических производств,- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах,- определения технологических показателей процесса,- методами выбора химических реакторов,- методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Химическая технология» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
Аудиторные занятия (всего)	124	52	72
В том числе:			
Лекции	54	18	36
Практические занятия (ПЗ)	34	16	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18

Самостоятельная работа	137	56	81
Часы на контроль	27	-	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	108	180
зач.ед.	8	3	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Химическая технология как наука	Роль и значение химической технологии в современных условиях развития общества. Направления в развитии химической технологии. Основные продукты химической промышленности, динамика и масштабы их производства. Технологические понятия и определения в химической технологии.	10	4	6	22	42
2	Химико-технологический процесс и его содержание	Структура химико-технологических систем. Классификация химических реакций в химико-технологических процессах. Стехиометрия химических реакций. Технологические критерии эффективности химико-технологических процессов. Химико-технологические системы (ХТС)	10	6	6	22	44
3	Основные закономерности химической технологии	Скорость химической реакции. Общая скорость химического процесса. Равновесие химических реакций. Способы смещения равновесия. Зависимость константы равновесия от температуры. Расчет равновесия по термодинамическим данным. Гомогенные процессы. Характеристика гомогенных процессов. Гомогенные процессы в газовой фазе. Гомогенные процессы в жидкой фазе. Основные закономерности гомогенных процессов. Скорость гомогенных химических реакций. Зависимость скорости реакций от концентрации реагентов. Кинетические уравнения. Способы изменения скорости	10	6	6	22	44

		<p>простых и сложных реакций. Гетерогенные процессы. Характеристика гетерогенных процессов. Процессы в бинарных твердых, двухфазных жидких и многофазных системах. Каталитические процессы. Сущность и виды катализа. Свойства твердых катализаторов и их изготовление. Аппаратурное оформление каталитических процессов.</p>					
4	Химические производства	<p>Производство серной кислоты. Технология связанного азота. Сырьевая база азотной промышленности. Синтез аммиака. Производство азотной кислоты. Производство фосфорной кислоты. Производство простого суперфосфата. Производство двойного суперфосфата.</p> <p>Технология минеральных удобрений. Классификация минеральных удобрений. Типовые процессы солевой технологии. Производство фосфорной кислоты. Производство простого суперфосфата. Производство двойного суперфосфата.</p> <p>Производство азотных удобрений. Производство аммиачной селитры. Производство карбамида. Производство сульфата аммония. Производство нитрата кальция. Производство жидких азотных удобрений. Производство калийных удобрений. Общая характеристика. Получение хлористого калия. Получение сульфата калия.</p>	8	6	6	24	44
5	Производство силикатных и других материалов	<p>Силикатные материалы. Общие сведения о силикатных материалах. Типовые процессы технологии силикатных материалов. Производство стекла. Состав и классификация стекол. Процесс производства стекла. Производство керамических материалов. Общая характеристика и классификация материалов. Производство огнеупоров.</p>	8	6	6	24	44
6	Электрохимические производства	<p>Электрохимические производства. Электролиз водных растворов хлористого натрия. Вода. Свойства. Промышленная водоподготовка. Электролиз водных растворов хлористого натрия. Электролиз раствора хлористого натрия в ваннах со стальным катодом и графитовым анодом. Производство соляной кислоты.</p>	8	6	6	23	43

		Электролиз расплавов.					
		Производство алюминия.					
		Производство глинозема.					
		Производство алюминия.					
Итого			54	34	36	137	261

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ (5 семестр)	Трудоемкость (час)
1	1.	Техника безопасной работы в химической лаборатории. Получение сернистого натрия	4
2	2.	Оценка эффективности процессов	4
3	3.	Каустификация содового раствора	4
4	4.	Определение показателей качества воды	4
		Очистка воды методом коагуляции	2
№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ (6 семестр)	Трудоемкость (час)
5	5.	Умягчение воды методами	6
		Получение солей высших жирных кислот	4
6	6.	Электрохимическое получение хлора и щелочи электролизом водных растворов хлорида натрия	4
		Определение скорости коррозии металлов	4

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-7	знать технику безопасности и нормы охраны труда	Отчет по лабораторным работам, тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь работать на технологическом оборудовании	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

			рабочих программах	в рабочих программах
	владеть технологическими процессами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-12	<p>знать - основные положения химии, являющиеся базовыми для понимания процессов, протекающих в газовых, жидких и твердых средах;- иметь полное и подробное представление о свойствах органических и неорганических веществ, с которыми студент будет иметь дело в процессе своей профессиональной деятельности;</p> <p>- методы оценки эффективности производства; - общие закономерности химических процессов; - основные химические производства</p>	Отчет по лабораторным работам, тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>уметь - рассчитывать основные характеристики химического процесса;- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;- оценивать технологическую эффективность производства;- использовать методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения</p>	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>владеть - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;- методами анализа эффективности работы химических производств;- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах;- определения технологических показателей процесса;- методами выбора химических реакторов;- методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов</p>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5, 6 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-7	знать технику безопасности и нормы охраны труда	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь работать на технологическом оборудовании	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть технологическими процессами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-12	знать - основные положения химии, являющиеся базовыми для понимания процессов, протекающих в газовых, жидких и твердых средах;- иметь полное и подробное представление о свойствах органических и неорганических веществ, с которыми студент будет иметь дело в процессе своей профессиональной деятельности; - методы оценки эффективности производства; - общие закономерности химических процессов; - основные химические производства	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь - рассчитывать основные характеристики химического процесса;- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;-	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

оценивать технологическую эффективность производства;- использовать методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения		ответы	верный ответ во всех задачах		
владеть - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования,- методами анализа эффективности работы химических производств,- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах,- определения технологических показателей процесса,- методами выбора химических реакторов,- методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Расходный коэффициент – это...
 - а) количество целевого продукта;
 - б) расход одного из видов сырья, отнесенный к единице целевого продукта;
 - в) расход каждого вида сырья, отнесенный к единице целевого продукта;
 - г) денежное выражение затрат данного предприятия на изготовление и сбыт единицы продукции.
2. Минералы могут образовываться в результате физических и химических процессов, происходящих...
 - а) в глубинах и на поверхности Земли;
 - б) на Луне и других планетах Солнечной системы;
 - в) при высоких температурах и давлениях в химических реакторах;
 - г) в атмосфере Земли при мощных грозовых разрядах.
3. Величина, характеризующая аппарат или режим его работы, называется:
 - а) производительность;
 - б) параметр;

- в) технологический процесс;
 - г) технологический регламент.
4. Процесс биохимической очистки воды, протекающий без доступа кислорода, называется:
- а) коагуляция;
 - б) анаэробный;
 - в) окислительный;
 - г) восстановительный.
5. Коррозия - это:
- а) разрушение материалов под воздействием агрессивной среды;
 - б) восстановление активности катализатора;
 - в) поглощение компонентов из газовых смесей жидкими поглотителями;
 - г) поглощение компонентов из газовых смесей твердыми поглотителями .
6. Рудное сырье - это:
- а) железо;
 - б) соль;
 - в) нефть;
 - г) вода.
7. Что не относится к параметрам технологического процесса:
- а) температура;
 - б) конверсия;
 - в) давление;
 - г) уровень.
8. Отходы, содержащие пустую породу:
- а) концентраты;
 - б) сырье;
 - в) хвосты;
 - г) эмульсия.
9. Что служит сырьём для производства кальцинированной соды?
- а) сульфид железа;
 - б) поваренная соль, известняк;
 - в) аммиак, атмосферный воздух;
 - г) воздух, вода, поваренная соль;
10. Что используют в производстве аммиака?
- а) воду, природный газ, атмосферный воздух;
 - б) воду, водород, атмосферный воздух.
 - в) кислород, водород, аммиак, природный газ, атмосферный воздух;
 - г) аммиак, водород, воду.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Пример 1. Определить теоретические расходные коэффициенты для следующих железных руд в процессе выплавки чугуна, содержащего 92% Fe, при условии, что руды не содержат пустой породы и примесей:

М

Шпатовый железняк FeCO_3 115,8

Лимонит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 373
Гетита $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 355
Красный железняк Fe_2O_3 159,7
Магнитный железняк Fe_3O_4 231,5

где M – мол. масса.

Решение.

FeCO_3 .

Из 1 кмоль FeCO_3 можно получить 1 кмоль Fe или из 115,8 кг FeCO_3 — 55,9 кг Fe. Отсюда для получения 1 т чугуна с содержанием Fe 92% (масс.) необходимо:

$$(1 \cdot 0,92 \cdot 115,8) / 55,9 = 1,9 \text{ т}$$

Аналогично находим значения теоретических расходных коэффициентов для других руд:

$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

$$(1 \cdot 0,92 \cdot 373) / (4 \cdot 55,9) = 1,55 \text{ т}$$

$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$(1 \cdot 0,92 \cdot 355) / (4 \cdot 55,9) = 1,45 \text{ т}$$

Fe_2O_3

$$(1 \cdot 0,92 \cdot 159,7) / (2 \cdot 55,9) = 1,33 \text{ т}$$

Fe_3O_4

$$(1 \cdot 0,92 \cdot 231,5) / (3 \cdot 55,9) = 1,28 \text{ т}$$

Пример 2. Рассчитать расход алунитовой руды, содержащей 23% Al_2O_3 , для получения 1 т алюминия, если потери алюминия на всех производственных стадиях составляют 12% (масс). Алунит можно представить следующей формулой: $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, мол. Масса алунита 828.

Решение. Процесс получения металлического алюминия из алунита состоит из двух стадий:

1. Получение окиси алюминия (глинозема), для чего алунитовую руду обжигают при $500\text{-}580^\circ\text{C}$, а затем обрабатывают раствором аммиака. Оставшиеся в осадке Al_2O_3 и $\text{Al}(\text{OH})_3$ обрабатывают 10-12% раствором NaOH и получают раствор алюмината, из которого при пропускании CO_2 выпадает осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$, последующее прокаливание осадка заканчивает стадию образования глинозема.

2. Электролизом окиси алюминия, растворенной в расплавленном криолите Na_3AlF_6 , получают металлический алюминий.

Для получения 1000 кг алюминия теоретически требуется

$$(102 \cdot 1000) / (2 \cdot 27) = 1900 \text{ кг } \text{Al}_2\text{O}_3$$

где: 102 — мол. масса Al_2O_3 ; 27 — мол. масса Al)

или чистого алунита

$$(1900 \cdot 828) / (3 \cdot 102) = 5100 \text{ кг}$$

Содержание Al_2O_3 в алуните составляет

$$(3 \cdot 102 \cdot 100) / 828 = 37\%$$

По условию в алунитовой руде содержится 23% Al_2O_3 . Следовательно, расход алунитовой руды заданного состава на 1 т алюминия при условии

полного использования ее составит:

$$(5100 \cdot 37)/23 = 8200 \text{ кг} = 8,2 \text{ т}$$

Практический расход, учитывающий производственные потери алюминия на всех стадиях производства $A_{пр} = 8,2/0,88 = 9,35 \text{ т}$

Пример 3. Пересчет объемного состава смеси в массовый

Исходные данные Расчет массового состава

Компонент % об. м³ кмоль кг % масс.

$$O_2 \ 21,1 \ 21,1 \ 21,1/22,4 = 0,942 \ 0,942 \cdot 32 = 30,14 \ 30,18 \cdot 100/124,29 = 24,25$$

$$N_2 \ 69,8 \ 69,8 \ 69,8/22,4 = 3,116 \ 3,116 \cdot 28 = 87,25 \ 87,25 \cdot 100/124,29 = 70,2$$

$$NH_3 \ 9,1 \ 9,1 \ 9,1/22,4 = 0,406 \ 0,406 \cdot 17 = 6,9 \ 6,9 \cdot 100/124,29 = 5,56$$

$$\text{Итого} \ 100 \ 100 \ 4,464 \ 124,29 \ 100$$

В данном примере мы задались общим объемом смеси 100 м³. Можно задаться любым объемом, в том числе использовать конкретное значение существующего газового потока. Зная состав и общий объем смеси, легко вычислить объемы каждого компонента, затем, используя закон Авогадро, перейти к киломолям и, умножая на молекулярную массу, — к массам отдельных компонентов.

Напомним, что для газовых смесей % об. = % моль. Чтобы убедиться в этом, найдем мольный состав смеси. Сумму киломолей (0,942+3,116+0,406) принимаем за 100%. Вычисляем содержание компонентов: $[O_2] = 0,942 \cdot 100/4,464 = 21,1\%$ моль и т.д. Теперь, если задаться количеством смеси 100 кмоль, расчет упрощается.

Формирование состава исходной смеси. Состав смеси на входе в оператор может быть задан в форме рецептуры или соотношения. Рецептура может быть представлена массовым, объемным или мольным составом.

Пример 4. Приготовить 3 т смеси по следующей рецептуре, % масс: изобутен — 17,6; изопрен — 0,6; хлористый метил — 81,8. Найти загрузку каждого компонента.

Решение

1. Определяем загрузку изобутена: $3 \cdot 0,176 = 0,528 \text{ т}$.

2. Находим загрузку изопрена: $3 \cdot 0,006 = 0,018 \text{ т}$.

3. Определяем загрузку хлористого метила: $3 - (0,528 + 0,018) = 2,454 \text{ т}$.
(Массу последнего компонента лучше вычислять по разности.)

Пример 5. Приготовить смесь заданной в примере 1 рецептуры, если в наличии имеется 0,5 т изобутена.

Решение

1. Определим количество смеси А'(100%), которое можно приготовить из 0,5 т изобутена, если известно его содержание в этой смеси (17,6%). Составляем пропорцию:

$$17,6\% \text{ — } 0,5 \text{ т изобутена, } 100\% - X.$$

$$\text{Отсюда находим: } X = 0,5 / 0,176 = 2,84 \text{ т}.$$

2. Загрузка изопрена: $2,84 \cdot 0,006 = 0,017 \text{ т}$.

3. Загрузка хлористого метила: $2,84 - (0,5 + 0,017) = 2,32 \text{ т}$.

Пример 6. Из 40 %-ого раствора NaOH получить 10 т разбавленного до 10 % раствора.

1. Составим схему материальных потоков смесителя:

На входе: 40 %-ный NaOH + примесь - вода

Вода на разбавление

На выходе: 10 т 10 %-ного NaOH

вода (9 т)

2. Находим абсолютный состав потока смеси:

NaOH: $10 \cdot 0,1 = 1,0$ т; вода: $10 - 1 = 9$ т. "

3. Поскольку NaOH (1 т) поступает только с 40 %-ным потоком, то масса этого потока составит

$1/0,4 = 2,5$ т, в том числе воды будет $2,5 - 1 = 1,5$ т.

4. Из баланса по воде находим количество воды на разбавление: $9 - 1,5 = 7,5$ т.

Пример 7. Приготовить 8 т 40 %-ной серной кислоты из 98 %-ной и 10 %-ной H₂SO₄.

1. Составим схему материальных потоков смесителя:

На входе: 98 %-ная H₂SO₄ (примесь - вода)

10 %-ная H₂SO₄ (примесь - вода)

На выходе: 40 %-ная H₂SO₄ 8 т (примесь - вода)

2. Примем количество поступающей 98 %-ной H₂SO₄ за X т, тогда масса 10 %-ной H₂SO₄ составит 8 — X т.

3. Определим количество H₂SO₄, которое содержится в 8 т 40 %-ной кислоты: $8 \cdot 0,4 = 3,2$ т.

4. Составим уравнение материального баланса: $0,98X + 0,1(8 - X) = 3,2$. Отсюда X = 2,727 т.

Таким образом, 98 %-ной кислоты следует взять 2,727 т, тогда масса разбавленной кислоты составит $8 - 2,727 = 5,273$ т.

Пример 8. При различных соотношениях и конверсиях реагентов определить качественный состав реакционной смеси для реакции $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$.

Решение

1. Реагенты загружают в мольном соотношении $\text{NH}_3:\text{O}_2 = 4 : 5$, конверсия $\alpha \text{NH}_3 = 1$. В этом случае реакционная смесь будет содержать только продукты NO и H₂O, поскольку реагенты загружены в стехиометрическом соотношении и полное превращение одного реагента повлечет за собой полную конверсию другого.

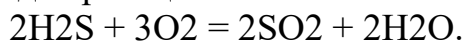
2. Реагенты загружают в мольном соотношении $\text{NH}_3:\text{O}_2 = 4 : 8$, конверсия $\alpha \text{NH}_3 = 1$. Теперь реакционная смесь содержит продукты NO и H₂O, а также O₂, поскольку он взят в избытке, и если прореагируют все 4 кмоль NH₃, то в реакцию войдет только 5 кмоль O₂.

3. Реагенты загружают в мольном соотношении $\text{NH}_3:\text{O}_2 = 4 : 1$, конверсия $\alpha \text{NH}_3 = 0,8$. Реакционная смесь содержит как продукты, так и оба непревращенных реагента.

На нескольких примерах покажем алгоритм расчета состава реакционных смесей.

Пример 9. Рассчитать молярный и массовый составы реакционной

смеси для реакции



Реагенты подаются в реактор в стехиометрическом соотношении $\text{H}_2\text{S} : \text{O}_2 = 2 : 3$ (моль).

Конверсия сероводорода $\alpha_{\text{H}_2\text{S}} = 10\%$.

Решение

1. Поскольку загрузка реагентов никак не задана, можно принять, что в реактор поступает 2 кмоль H_2S и 3 кмоль O_2 .

2. Результаты расчета реакционной смеси приведены ниже:

Расчет состава Компонент Исходная реакционной смеси

смесь, кмоль кмоль % моль кг % масс.

$$\text{H}_2\text{S}: 2 - 2 \cdot 0,1 = 1,8 \quad 1,8 \cdot 100/4,9 = 36,76$$

$$1,8 \cdot 34 = 61,2 \quad 61,2 \cdot 100/164 = 37,317$$

$$\text{O}_2: 3 - 0,3 = 2,7 \quad 2,7 \cdot 100/4,9 = 55,1$$

$$2,7 \cdot 32 = 86,4 \quad 86,4 \cdot 100/164 = 52,683$$

$$\text{SO}_2: - 0,2 \quad 0,2 \cdot 100/4,9 = 0,2 \cdot 64 = 12,8 \quad 12,8 \cdot 100/164 = 7,805$$

$$4,082 = 7,805$$

$$\text{H}_2\text{O}: - 0,2 \quad 0,2 \cdot 100/4,9 = 4,082$$

$$0,2 \cdot 18 = 3,6 \quad 3,6 \cdot 100/164 = 2,195$$

$$\text{Итого} \quad 5 \quad 4,9 \quad 100 \quad 164 \quad 100$$

3. Определим количество превращенного H_2S : $2 - 0,1 = 0,2$ кмоль.

4. Определяем количество непревращенного H_2S : $2 - 0,2 = 1,8$ кмоль.

5. Поскольку для кислорода конверсия не указана, превращенный O_2 находим из пропорции на основании стехиометрического уравнения:

$$2 \text{ кмоль } \text{H}_2\text{S} \text{ — } 3 \text{ кмоль } \text{O}_2,$$

$$0,2 \text{ кмоль } \text{H}_2\text{S} \text{ — } X \text{ кмоль } \text{O}_2.$$

$$\text{Отсюда } X = 0,2 \cdot 3/2 = 0,3 \text{ кмоль.}$$

6. Определяем количество непревращенного O_2 : $3 - 0,3 = 2,7$ кмоль.

Количество образовавшихся продуктов в соответствии со стехиометрией равны количеству превращенного H_2S , т.е. SO_2 и H_2O образовалось по 0,2 кмоль.

Пример 10. Рассчитать мольно-объемную концентрацию компонентов реакционной смеси для рабочих условий и стандартного состояния для реакции



Реакция протекает в газах, выходящих из реактора окисления аммиака и имеющих следующий состав, % моль: $\text{NO} \text{ — } 9$; $\text{NO}_2 \text{ — } 1$; $\text{N}_2 \text{ — } 82$; $\text{O}_2 \text{ — } 8$. Условия реакции: температура — 20°C , давление — $19,6 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. Конверсия оксида азота $\alpha_{\text{NO}} = 80\%$.

Решение

1. Составим схему материальных потоков:

На входе: NO , NO_2 , N_2 , O_2 — 100 кмоль

На выходе: NO , NO_2 , N_2 , O_2

Внимание!

а) в исходной смеси уже содержится продукт реакции NO_2 ;

- б) реакция протекает с уменьшением объема;
 в) задаемся количеством исходной смеси газов 100 кмоль.
 2. По уже известному алгоритму вычислим составы исходной и реакционной смесей.

Результаты приведены в таблице.

Расчет состава реакционной смеси

(кмоль/м³) • 10⁴

Компонент Исходная смесь, кмоль Кмоль, Стандартные условия, Рабочие условия

NO: $9 \cdot 9 - 0,8 \cdot 9 = 1,8$ 8,34 15,53

O₂: $8 \cdot 8 - 0,5 \cdot (0,8 \cdot 9) = 4,4$

20,38 37,97

N₂: 82 82 379,74 707,64

NO₂: $1 \cdot 1 + 7,2 = 8,2$ 37,97 70,76

Итого 100 96,4

3. Определим объем реакционной смеси в стандартных условиях:

$V_0 = 96,4 - 22,4 = 2159,36$ м³.

4. Для вычисления объема при рабочих температуре и давлении используем формулу

приведения

$$PV/T = P_0V_0/T_0$$

где P, V, T и P₀, V₀, T₀ — параметры системы в рабочем и стандартном состояниях,

соответственно. Тогда объем реакционной смеси составит:

$$V = P_0V_0T/PT_0 = (9,8 \cdot 10^4 \cdot 2159,36 \cdot 239)/(19,6 \cdot 10^4 \cdot 237) = 1158,78 \text{ м}^3$$

5. Определили молярную концентрацию оксида азота в стандартных условиях:

$$C_{NO} = n_{NO}/V_0 = 1,8/2159,36 = 8,335 \cdot 10^{-4} \text{ кмоль/м}^3$$

6. Определим молярную концентрацию оксида азота при 20°C и давлении 19,6 • 10⁴ Н/м²: $C_{NO} = n_{NO}/V_0 = 1,8/1158,78 = 15,53 \cdot 10^{-4} \text{ кмоль/м}^3$

7. Аналогично вычислим концентрацию остальных компонентов реакционной смеси.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Промышленный способ получения кальцинированной соды. Назначение стадий аммонизации, карбонизации, бикарбонизации.

2. Ход и сущность анализа соды.

3. Сырье для получения кальцинированной соды. Регенерация аммиака и CO₂.

4. Какие способы устранения жесткости не сопровождаются выделением осадков? Охарактеризовать эти методы.

5. Как проводится ионнообменное умягчение и обессоливание воды? Все ответы иллюстрировать уравнениями реакций.

6. Как проводится анализ общей и временной жесткости?

7. Что такое жесткость воды? Какую жесткость называют постоянной,

временной, общей?

8. Какие способы устраняют временную и постоянную жесткость? Описать методы, перечислить достоинства и недостатки.

9. Сравнить известково-содовый и фосфатный способы устранения жесткости. Почему первый способ обеспечивает более грубое умягчение?

10. Рассмотреть процесс получения SO_2 из железного колчедана как высокотемпературную экзотермическую реакцию, идущую в диффузионной области.

11. В чем сходство и различие между контактным и нитрозным способами получения H_2SO_4 ?

12. Почему по нитрозному способу получают разбавленную и загрязненную (какими примесями) серную кислоту, а контактным – концентрированную и чистую?

13. Коксование угля. Назначение процесса. Продукты и их применение. В чем отличие между прямым и обратным коксовым газом?

14. Физические и химические способы получения бензинов из нефти (прямая перегонка нефти, термический и каталитический крекинг). В чем отличие бензинов, полученных этими способами, по составу и свойствам? Октановые числа полученных бензинов.

15. Показать, как идет образование непредельных и ароматических соединений при переработке нефти. Области применения этих соединений.

16. Какие жидкие и газообразные продукты образуются при сухой перегонке древесины, их количественный и качественный анализ.

17. Какие процессы протекают на катоде, аноде и в растворе при электролизе поваренной соли с железным катодом? С ртутным катодом?

18. Почему при электролизе с ртутным катодом едкий натр получается более высокой степени чистоты и концентрации, чем при электролизе с железным катодом? Влияние побочных реакций на выход хлора по току. Примеси в полученном едком натре.

19. Определение теоретического и практического веса и выхода по току хлора и едкого натра? Привести соответствующие уравнения реакций.

20. Расчет теоретического напряжения разложения электролита? Теоретический и

практический расход электроэнергии на 1 кг хлора и едкого натра? Коэффициент

разложения электролита?

21. Определить в % (об.) состав образующегося газа при газификации 100 кг угля водяным паром по реакции $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$

22. При получении серной кислоты образовалась смесь 1 моля воды и 1 моля H_2SO_4 . Рассчитать концентрацию полученной кислоты.

23. В реакцию с водородом взято 8 м³ хлора. Определить количество полученной соляной кислоты, если ее концентрация 80%.

24. Какое количество соды Na_2CO_3 потребуется для улучшения воды с жесткостью 9 мг-экв/г, если содержание соды в техническом продукте 90% и следует взять избыток соды 20%?

25. Концентрация ионов Mg^{2+} в воде 0,048 г/л, ионов Ca^{2+} - 0,080 г/л. Определить жесткость воды и количество Na_3PO_4 для улучшения 0,5л такой воды, если следует взять избыток умягчителя 15%.

26. Какое количество SO_2 по весу и объему потребуется для получения 50л 3М H_2SO_4 ?

27. Определить объем 70% H_2SO_4 ($\rho = 1,6$), который можно получить из 16 кг серы?

28. Рассчитать расход колчедана, содержащего 40% серы на получение 100 кг 98% H_2SO_4 .

29. Концентрация $CaCl_2$ в воде 0,4 г/л, $MgSO_4$ – 0,3 г/л. Определить общую жесткость воды и количество Na_3PO_4 для улучшения 150л такой воды.

30. Сколько потребуется водорода для получения 120 кг 50% HCl , если потери H_2 составляют 5%.

31. Какое количество аммиака по весу и объему потребуется для получения 10 кг



32. При электролизе $NaCl$ в течение 10 часов при силе тока 15А был получен раствор $NaOH$ 45% концентрации. Определить вес раствора, если выход по току 90%.

33. Определить вес и объем выделившегося при электролизе $NaCl$ водорода, если выход по току 95%, время электролиза 8 часов, сила тока 10А.

34. При сухой перегонке 12 г древесины было выделено 5 мл 0,7Н уксусной кислоты. Определить содержание уксусной кислоты в древесине в процентах.

35. Определить состав в %(об.) продуктов сгорания метана при сжигании 100м³ газа, содержащего в %(об.): 95 – CH_4 , 5 – N_2 по реакции $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$.

36. Определить расход триоксида серы на получение 120 кг 80% серной кислоты, если степень абсорбции SO_3 95%.

37. Рассчитать суточную производительность завода по получению 98% серной кислоты из сернистого газа, если его расходуется 6500 кг/час, а содержание в нем SO_2 - 10%.

38. Какое количество 50% азотной кислоты потребуется для получения 80 кг аммиачной селитры? Потери кислоты в производстве 1%.

39. Какое количество 75% H_2SO_4 потребуется для разложения 10 кг фосфата Ca_3PO_4 , если его состав %(масс.) Ca_3PO_4 – 80%, $CaCO_3$ – 20% по реакции



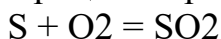
40. Рассчитать расход диоксида серы на получение 1 т 90% H_2SO_4 , если степень окисления SO_2 в SO_3 составляет 95%.

Пример 1. Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 60 т/сутки. Степень окисления серы 0,95 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,5^*$

(Коэффициент избытка воздуха (кислорода) α характеризует отношение практически подаваемого в печь воздуха к теоретически необходимому согласно уравнению реакции). Состав воздуха, % об.: O₂ – 21, N₂ – 79. Расчет следует вести на производительность печи по сжигаемой сере в кг/ч.

Решение.

Процесс горения серы описывается уравнением реакции



производительность печи

$$60/24 = 2,5 \text{ т/ч} = 2500 \text{ кг/ч серы}$$

Количество окисленной до SO₂ серы

$$2500 \cdot 0,95 = 2375 \text{ кг}$$

Осталось в виде паров неокисленной серы

$$2500 - 2375 = 125 \text{ кг}$$

Израсходовано кислорода на окисление

$$VO_2 = (2375 \cdot 22,4)/32 = 1670 \text{ м}^3$$

С учетом коэффициента избытка α

$$1670 \cdot 1,5 = 2500 \text{ м}^3 \text{ или } (2500 \cdot 32)/22,4 = 3560 \text{ кг O}_2$$

С кислородом поступает азота

$$VN_2 = (2500 \cdot 79)/21 = 9450 \text{ м}^3 \text{ или } (9450 \cdot 28)/22,4 = 11800 \text{ кг}$$

Образовалось в результате реакции двуокиси серы

$$(2375 \cdot 64)/32 = 4750 \text{ кг или } VSO_2 = 4750/64 = 22,4 = 1675 \text{ м}^3$$

Осталось неизрасходованного кислорода

$$1670 \cdot 0,5 = 835 \text{ м}^3 \text{ или } (835/22,4) \cdot 32 = 1185 \text{ кг}$$

Полученные данные сводим в таблицу:

Материальный баланс печи для сжигания серы (1 ч) Приход Расход

Исходное вещество кг м³ Продукт кг м³

S 2500 S 125

O₂ 3560 2500 SO₂ 4750 1670

N₂ 11800 9450 O₂ 1185 835

N₂ 11800 9450

Итого 17860 11950 Итого 17860 11955

Пример 2. Составить материальный баланс производства окиси этилена прямым каталитическим окислением этилена воздухом. Состав исходной газовой смеси в % (об.):

этилен — 3, воздух — 97. Состав воздуха, % об.: O₂ – 21, N₂ – 79. Степень окисления этилена $x = 0,5$. Расчет следует вести на 1 т окиси этилена.

Решение. Окись этилена является одним из важнейших полупродуктов, имеющих широкое применение в различных синтезах — для получения этиленгликоля, полигликолей, лаковых растворителей, пластификаторов, этаноламинов, различных эмульгирующих и моющих средств; соединения, синтезируемые из окиси этилена, находят применение в производстве синтетических волокон, каучуков и других продуктов.

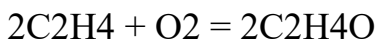
В настоящее время применяются два основных метода получения окиси этилена:

1. Гипохлорирование этилена с последующим отщеплением хлористого

водорода от

получающегося этиленхлоргидрина.

2. Прямое каталитическое окисление этилена. При пропускании смеси воздуха с этиленом (нижний предел взрываемости этиленовоздушной смеси — 3,4% C₂H₄) на серебряном катализаторе при 250—280°С образуется окись этилена:



Окись этилена из газовой смеси выделяют водной абсорбцией, а остаточный газ направляют во 2-й контактный аппарат.

По уравнению реакции находим расход этилена на 1 т окиси этилена. Из 28 кг этилена

образуется 44 кг C₂H₄O или расход C₂H₄ на 1000 кг окиси этилена составит:

$$(28 \cdot 1000)/44 = 640 \text{ кг}$$

С учетом степени окисления:

$$640/0,5 = 1280 \text{ кг или } (1280 \cdot 22,4)/28 = 1020 \text{ м}^3$$

Объем воздуха в этиленовоздушной смеси составит

$$(1020 \cdot 97)/3 = 33000 \text{ м}^3$$

в том числе кислорода $33000 \cdot 0,21 = 6800 \text{ м}^3$ или

$$(6800/22,4) \cdot 32 = 9700 \text{ кг}$$

азота $33000 \cdot 0,79 = 26200 \text{ м}^3$ или

$$(26200/22,4) \cdot 28 = 32500 \text{ кг}$$

Израсходовано кислорода на окисление

$$(1020 \cdot 0,5)/2 = 255 \text{ м}^3$$

В продуктах окисления содержится кислорода:

$$6800 - 255 = 6545 \text{ м}^3 \text{ или } (6545 \cdot 32)/22,4 = 9340 \text{ кг}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу:

Материальный баланс на 1 т окиси этилена

Исходное вещество	кг	м ³	Продукт	кг	м ³
-------------------	----	----------------	---------	----	----------------

Этилен	1280	1020	Окись этилена	1000	510
--------	------	------	---------------	------	-----

Воздух	Этилен	640	510		
--------	--------	-----	-----	--	--

в том числе:	Кислород	9340	6545		
--------------	----------	------	------	--	--

Кислород	9700	6800	Азот	32500	26200
----------	------	------	------	-------	-------

Азот	32500	26200			
------	-------	-------	--	--	--

Итого:	43480	34020	Итого:	43480	33765
--------	-------	-------	--------	-------	-------

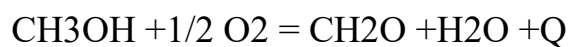
Пример 3. Составить материальный баланс реактора для каталитического окисления метанола в формальдегид. Производительность реактора 10000 т/год. СН₂O. Степень превращения СН₃ОН в СН₂O 0,7. Общая степень превращения метанола 0,8 (с учетом побочных реакций).

Содержание метанола в спирто-воздушной смеси – 40% (об.). Мольное соотношение побочных продуктов в продукционном газе НСООН; СО₂; СО; СН₄ равно 1,8; 1,6; 0,1; 0,3. Агрегат работает 341 день в году (с учетом планово-предупредительного ремонта и простоев).

Окисление ведется на твердом серебряном катализаторе при 600°С. Расчет ведется на производительность реактора в кг/час.

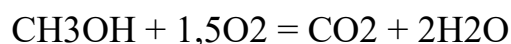
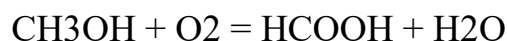
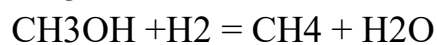
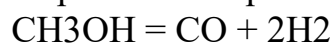
Решение.

Формальдегид получают главным образом окислением метанола воздухом. Процесс окисления проводят при 550-600°C на серебряном катализаторе. При этом одновременно протекают реакции дегидрирования метанола и его окисление:



Обычно на реакцию подают лишь около 80% воздуха от количества, соответствующего мольному отношению метанол: кислород = 2:1 и проводят процесс с неполным сгоранием образовавшегося водорода по реакции $\text{H}_2 + 1/2 \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + Q$. Выходящие газы содержат 20-21% формальдегида, 36-38% азота и примеси в виде CO, CO₂, CH₄, H₂, CH₃OH, HCOOH и др.

Образование примесей можно представить следующим образом:



Вся эта смесь после охлаждения до 60°C поступает в поглотительную башню, орошаемую водой. Полученный в результате раствор формалина содержит 10-12% метанола, который в данном случае является желательной примесью, так как препятствует полимеризации формальдегида.

Производительность реактора окисления метанола

$$10000 / (341 \cdot 24) = 1220 \text{ кг/ч или } 1220 / 30 = 40,7 \text{ кмоль/ч}$$

Для получения такого количества формальдегида необходимо метанола:

$$(1220 \cdot 32) / (30 \cdot 0,7) = 1860 \text{ кг или } 1860 / 32 = 58,12 \text{ кмоль}$$

Объем паров метанола составит:

$$(18600 / 32) \cdot 22,4 = 1300 \text{ м}^3$$

Объем спирто-воздушной смеси:

$$(1300 / 0,4) = 3250 \text{ м}^3$$

С ней поступает воздуха $3250 - 1300 = 1950 \text{ м}^3$. В том числе кислорода $1950 \cdot 0,21 = 410 \text{ м}^3$ или 586 кг, азота $1930 \cdot 0,79 = 1540 \text{ м}^3$ или 1920 кг.

В состав газовой продукционной смеси входит CH₂O, неокисленный CH₃OH, азот и побочные продукты: HCOOH, CO₂, CO, CH₄, H₂, а также водяной пар.

Образуется CH₂O – 40,7 кмоль. На образование одного моля любого из побочных продуктов расходуется по 1 моль CH₃OH. Всего на образование побочных продуктов израсходовано метанола:

$$58,12 \cdot 0,8 - 40,7 = 5,8 \text{ кмоль}$$

Остается неокисленным в составе продукционных газов:

$$58,12 \cdot 0,2 = 11,6 \text{ кмоль или } 372 \text{ кг CH}_3\text{OH}$$

Образовалось в соответствии с заданным мольным соотношением

$$\text{HCOOH}; \text{CO}_2; \text{CO}; \text{CH}_4 = 1,8; 1,6; 0,1; 0,3 \text{ (всего } 3,8)$$

$$\text{HCOOH } (5,8 \cdot 1,8) / 3,8 = 2,75 \text{ кмоль или } 126,5 \text{ кг}$$

$$\text{CO}_2 (5,8 \cdot 1,6) / 3,8 = 2,45 \text{ кмоль или } 108 \text{ кг}$$

$$\text{CO } (5,8 \cdot 0,1) / 3,8 = 0,158 \text{ кмоль или } 4,3 \text{ кг}$$

$$\text{CH}_4 (5,8 \cdot 0,3)/3,8 = 0,459 \text{ кг}$$

Для определения количества водяного пара и водорода в газах синтеза составляется баланс по кислороду и водороду.

Баланс по кислороду

В реактор поступило кислорода (в кг):

С воздухом 586

В составе CH_3OH $(1860 \cdot 16)/32 = 930$

Всего 1516 кг

Израсходовано кислорода:

На образование CH_2O $(1220 \cdot 16)/30 = 650$ кг

На образование НСООН $(126,5 \cdot 32)/46 = 88$ кг

На образование CO_2 $(108 \cdot 32)/44 = 78,6$ кг

На образование CO $(4,3 \cdot 16)/28 = 2,45$ кг

В составе неокисленного метанола:

$(372 \cdot 16)/32 = 186$ кг

Всего израсходовано кислорода: $650 + 88 + 78,6 + 2,4 + 186 = 1005$ кг

Остальное количество кислорода, равное $1516 - 1005 = 509$ кг, пошло на образование воды.

В результате получено $(509 \cdot 18)/16 = 572$ кг воды

Баланс по водороду

Количество водорода, поступающего в реактор:

$(1860 \cdot 4)/30 = 233$ кг

Расходуется на образование:

CH_2O $(1220 \cdot 2)/30 = 81,5$ кг

НСООН $(126,5 \cdot 2)/46 = 5,5$ кг

CH_4 $(7,3 \cdot 4)/16 = 1,82$ кг

H_2O $(572 \cdot 2)/18 = 63,6$ кг

В составе неокисленного метанола:

$(372 \cdot 4)/32 = 46,5$ кг

Всего расходуется водорода: $81,5 + 5,5 + 1,82 + 63,6 + 46,5 = 198,92$ кг

Остальное количество водорода входит в состав контактных газов в свободном состоянии $233 - 198,92 = 34,08$ кг

Результаты расчетов сведены в таблицу:

Приход Расход Исходное вещество кг продукт кг

Спирто-воздушная смесь: CH_2O 1220 CH_3OH 1860 CH_3OH 372 O_2 586
 H_2O 572

N_2 : 1920 НСООН 126,5

CO_2 : 108

CO : 4,3

CH_4 : 7,3

H_2 34,08

N_2 : 1920

Итого: 4366 Итого: 4364,18

Пример 4. Синтез аммиака осуществляется в колонне под давлением 3,03-107 Па (300 атм) и при температуре 450°C. Газ, выходящий из колонны,

имеет следующий состав в % (об.): NH₃ — 17,0; N₂ — 11,0; H₂ — 72,0. Рассчитать соотношение N₂ и H₂ в исходном газе, поступающем в колонну синтеза.

Решение. Уравнение реакции синтеза NH₃



По условию в равновесной смеси содержится 17% NH₃ или 0,17 моль приходится на долю аммиака в 1 моль газа. Согласно уравнению реакции, для получения этого количества NH₃ расходуется

$$\text{N}_2 \ 0,17/2 = 0,085 \text{ моль}$$

$$\text{H}_2 \ (3 \cdot 0,17)/2 = 0,225 \text{ моль}$$

Содержание реагентов в исходном газе

$$\text{N}_2 \ 0,11 + (0,17/2) = 0,195 \text{ моль}$$

$$\text{H}_2 \ 0,72 + (0,17 \cdot 3)/2 = 0,975 \text{ моль}$$

$$\text{Итого: } 1,17 \text{ моль}$$

или

$$\text{N}_2 \ (0,195/1,17) \cdot 100 = 16,7\% \text{ (об.)}$$

$$\text{H}_2 \ (0,975/1,17) \cdot 100 = 83,3\% \text{ (об.)}$$

$$\text{Соотношение N}_2 \text{ и H}_2 \text{ в исходной смеси } 16,7 : 83,3 = 1 : 5.$$

Пример 5. При синтезе хлористого водорода, проводимого с 10%-ным избытком H₂ по

отношению к стехиометрическому количеству, в газе, выходящем из аппарата, содержится 80% HCl. Рассчитать величину K_c для заданных условий.

Решение.

Синтез хлористого водорода производится из хлора и водорода, получаемых при электролизе водного раствора NaCl. Водород сгорает в хлоре по экзотермической реакции:



Синтез производят в печи при 2300—2400°C при 5—10%-ном избытке водорода в исходной смеси, обеспечивающем безопасность процесса и полное использование хлора.

По условию на 1 моль хлора приходится 1,1 моль водорода. Так как процесс идет без изменения объема, то объем смеси в момент равновесия составит 2,1 моль. Состав равновесной смеси:

$$\text{HCl} \ 2,1 \cdot 0,8 = 1,68$$

$$\text{Cl}_2 \ 1 - (1,68/2) = 0,16$$

$$\text{H}_2 \ 1,1 - (1,68/2) = 0,26$$

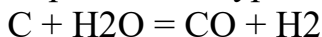
$$K_c = [\text{HCl}]^2 / ([\text{H}_2] [\text{Cl}_2]) = [1,68/2,1]^2 / ([0,16/2,1] [0,26/2,1]) = 69$$

Пример 6. Определить равновесный выход окиси углерода в процессе газификации каменного угля водяным паром при t₁ = 500°C и t₂ = 700°C, если I_g pH₂O/pCOH₂ соответственно 1,67 и 0,13. P=10,1 • 10⁴ Па (1 ат).

Решение.

Газификация каменного угля (любого твердого топлива) —

высокотемпературный гетерогенный процесс, при котором органическая часть угля превращается в горючие газы при неполном окислении кислородом или водяным паром. Процесс газификации каменного угля водяным паром можно представить уравнением:



Обозначим равновесное содержание окиси углерода в смеси через x_p

$$K_p = \frac{p_{CO} p_{H_2}}{p_{H_2O}} = x_p$$

$$\frac{2}{(1 - 2x_p)}$$

при 500°C

$$\lg K_p = 1,67; K_p = 46,7; K_p = 1/46,7 = 0,0214;$$

x_p

$$\frac{2}{(1 - 2x_p)} = 0,0214;$$

$$x_p + 0,0428x_p - 0,0214 = 0; x_p$$

$$500 = 0,12$$

при 700°C

$$\lg K_p = -0,13; K_p = 0,74; K_p = 1/0,74 = 1,35;$$

x_p

$$2 + 2,7x - 1,35 = 0; x_p$$

$$700 = 0,42$$

Пример 7. В процессе прямой гидратации этилена на фосфорном катализаторе (в производстве этанола) при $t = 300^\circ\text{C}$ и $P = 80 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (80 ат) 10% (об.) этилена превращается в этанол. Найти состав газа и условную константу равновесия, пренебрегая побочными реакциями.

Решение.

По реакции:



В исходном газе (на 1 моль) содержится по 0,5 моль исходных реагентов. К моменту окончания реакции прореагировало по $0,5 \cdot 0,1 = 0,05$ моль исходных реагентов и образовалось 0,05 моль C_2H_5OH . В газе содержится по $0,5 - 0,05 = 0,45$ моль C_2H_4 и водяного пара. Всего на 1 моль исходного газа образовалось $0,45 + 0,45 + 0,05 = 0,95$ моль газа. Его состав (в %об.):

$$\text{Этилен } (0,45/0,95) \cdot 100 = 47,4$$

$$\text{Водяной пар } 47,4$$

$$\text{Этанол } 5,2$$

$$\text{Итого: } 100,0$$

Константа равновесия:

$$K_p = \frac{p_{C_2H_5OH}}{(p_{C_2H_4} \cdot p_{H_2O})} = \frac{(0,052 \cdot 80 \cdot 10^5)}{(0,4742 \cdot 802 \cdot 1010)} = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ Па} \quad (2,9 \cdot 10^{-3} \text{ ат})$$

Пример 8. Исходная смесь для окисления хлористого водорода содержит в % (об.): HCl — 35,5; воздуха — 64,5. Процесс окисления протекает при $P = 10^5 \text{ Па}$ (1 ат) и $t = 370^\circ\text{C}$ на окисном хромовом катализаторе. По окончании реакции в газе содержится 13,2% Cl_2 . Рассчитать равновесный состав газовой смеси и значение константы равновесия.

Решение.

Окисление хлористого водорода в присутствии катализаторов используется с целью утилизации отходящих газов после хлорирования органических веществ. Газы, полученные при окислении HCl, содержат хлор, который можно использовать как исходный реагент многих органических синтезов. Реакция окисления хлористого водорода может быть представлена уравнением: $4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Согласно условию, исходная смесь содержит в % (об.): HCl — 35,5; O₂ — $64,5 \cdot 0,21 = 13,5$; N₂ — $64,5 \cdot 0,79 = 51,0$.

В момент равновесия в 1 моль окисленной смеси будет содержаться: Cl₂ — 0,132 моль; H₂O — 0,132 моль; HCl + N₂ + O₂ — $1 - 0,264 = 0,736$ моль.

Процесс идет с уменьшением объема. Для получения 1 моль равновесной смеси количество исходной смеси составит: 0,736 моль, приходящихся на долю HCl, O₂ и N₂ + количество HCl и O₂, израсходованных на образование 0,132 моль Cl₂ и 0,132 моль H₂O.

Таким образом:

HCl 0,264 моль

O₂ $0,264/4 = 0,066$ моль

Итого: 0,330 моль т. е. количество исходной смеси составит:

$0,736 + 0,330 = 1,066$ моль

в том числе:

HCl $1,066 \cdot 0,355 = 0,379$

O₂ $1,066 \cdot 0,135 = 0,144$

N₂ $1,066 \cdot 0,510 = 0,543$

В момент равновесия в смеси содержится (в моль):

HCl $0,379 - 0,264 = 0,115$

O₂ $0,144 - 0,066 = 0,078$

N₂ 0,543

Cl₂ 0,132

H₂O 0,132

Парциальные давления компонентов смеси в момент равновесия:

$p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{Cl}_2} = 105 \cdot 0,132 = 0,132 \cdot 105 \text{ Па (0,132 ат)}$

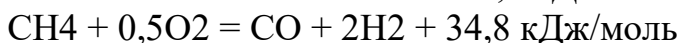
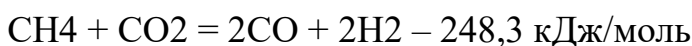
$p_{\text{O}_2} = 105 \cdot 0,078 = 0,078 \cdot 105 = \text{Па (0,078 ат)}$

$p_{\text{HCl}} = 105 \cdot 0,115 = 0,115 \cdot 105 \text{ Па (0,115 ат)}$

Значение константы равновесия I

$K_p = (p_{\text{Cl}_2}^2 p_{\text{H}_2\text{O}}) / (p_{\text{HCl}} p_{\text{O}_2}) = (1010 \cdot 0,1322 \cdot 0,1322 \cdot 1010) / (1020 \cdot 0,1154 \cdot 0,078 \cdot 105) = 22,4 \cdot 105 \text{ Па (22,4 ат)}$.

Пример 9. Составить материальный баланс трубчатого конвертора метана для конверсии природного газа по следующим данным. Производительность агрегата по природному газу (идущему на конверсию) 4700 м³/ч. Состав природного газа в % (об.): CH₄ — 97,8; C₂H₆ — 0,5; C₃H₈ — 0,8; C₇H₁₀ — 0,1; N₂ — 1,4. Отношение объемов водяной пар : газ в исходной паро-газовой смеси (ПГС) — 2,5. Степень конверсии 67% по углероду, т.е. по углеводородной части газа. Реакции $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2 - 38,9 \text{ кДж/моль}$



Соотношение $\text{CO} : \text{CO}_2$ в конвертированном газе можно принять отвечающим равновесию реакции 4 при температуре газа на выходе из конвертора, т.е. при 700°C , поскольку: а) равновесие этой реакции достигается быстрее, чем других, б) равновесие других реакций при этой температуре в значительно большей степени сдвинуто в сторону продуктов реакции. Примерные значения констант равновесия этих реакций при 700°C : реакция 1 – 25; реакция 2 – 20; реакция 3 – $3 \cdot 10^{11}$; реакция 4 – 1,54. Расчет производится на 100 м^3 природного газа с последующим пересчетом на производительность в кг/ч.

Решение

Конверсия метана природного газа – метод производства водорода и азотоводородной смеси при синтезе аммиака. Это взаимодействие метана с водяным паром, диоксидом углерода и кислородом осуществляется чаще всего каталитически, в трубчатых или шахтных конверторах. Реакции 1 и 2 эндотермичны и процесс конверсии метана в целом происходит с поглощением теплоты. Необходимая теплота подводится в конвертор путем сжигания части природного газа до диоксида углерода и пара, а также по реакции 3 и 4, идущей с выделением тепла. Одновременно с метаном конвертируется до оксида углерода и водорода высшие углеводороды, содержащиеся в природном газе: C_2H_6 , C_3H_8 , C_7H_{10} .

Обозначим:

1) содержание компонентов в конвертированном газе (в м^3) – V_{CO_2} , V_{CO} , V_{H_2} ;

2) количество водяного пара (в м^3), вступившего в реакцию с углеводородом – $V_{\text{H}_2\text{O}}$.

Определим объем непрореагировавших углеводородов в конвертированном газе (в пересчете на CH_4): $(97,8 + 0,5 \cdot 2 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4)(100 - 67)/100 = 32,9 \text{ м}^3$

Для определения состава конвертированного газа составим уравнения материального баланса (м^3 на 100 м^3 исходного газа) по содержанию каждого из элементов в природном и конвертированном газе.

А) Баланс по углероду

$$97,8 + 2 \cdot 0,5 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{CO}} + 32,9 \text{ откуда } V_{\text{CO}_2} = 66,9 - V_{\text{CO}}$$

Б) Баланс по кислороду (с учетом того, что в исходной ПГС содержится $100 \cdot 2,5 = 250 \text{ м}^3$ водяного пара) $0,5 \cdot 250 = V_{\text{CO}_2} + 0,5 V_{\text{CO}} - 0,5 V_{\text{H}_2\text{O}} = 0$

В) Баланс по водороду $2 \cdot 97,8 + 3 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 250 = V_{\text{H}_2} + 2 \cdot 32,9 + (250 - V_{\text{H}_2\text{O}})$ откуда $V_{\text{H}_2} = V_{\text{H}_2\text{O}} + 132,6$

Поскольку соотношение между CO и CO_2 в конечном газе определяется условиями равновесия реакции 4 при 700°C , то можно записать:

$$K_p = (p_{\text{CO}_2} p_{\text{H}_2}) / (p_{\text{CO}} p_{\text{H}_2\text{O}}) = (V_{\text{CO}_2} V_{\text{H}_2}) / (V_{\text{CO}} V_{\text{H}_2\text{O}}) = 1,54$$

В этом случае $K_p = K_c = K_N$ и можно выразить константу равновесия

через объемы компонентов в одном и том же объеме конвертированного газа, полученном из 100 м³ исходного).

В этих же уравнениях выразим объемы компонентов через V_{H2O} и подставим эти выражения в уравнение Кр.

Для этого подставим значение V_{CO2} и получим:

$$V_{CO} = 133,8 - V_{H2O}$$

Подставляя в первое выражение значение V_{CO} из последнего получим:

$$V_{CO2} = V_{H2O} - 66,9$$

Подставляя в значения V_{CO2}, V_{CO} и V_{H2} выражения через V_{H2O} получим:

$$(V_{H2O} - 66,9)(V_{H2O} + 132,6)/(133,8 - V_{H2O})(133,8 - V_{H2O}) = 1,54$$

Решение этого уравнения

$$101$$

$$V_2$$

$$H_2O - 66,9 V_{H2O} + 132,6 V_{H2O} - 8871 = 51500 - 385 V_{H2O} - 206 V_{H2O} + 1,54 V_2$$

$$H_2O - 0,54 V_{H2O} - 657$$

$$V_{H2O} + 60371 = 0$$

$$V_{H2O} - 1216 V_{H2O} + 111800 = 0$$

$$V_{H2O} = 1216/2 \pm \sqrt{(1216/2)^2 - 111800} = 608 \pm 508$$

$$V_{H2O} = 100 \text{ м}^3$$

Находим содержание остальных компонентов в конвертированном газе:

$$V_{CO2} = 100 - 66,9 = 33,1 \text{ м}^3$$

$$V_{CO} = 133,8 - 100 = 33,8 \text{ м}^3$$

$$V_{H2} = 100 + 132,6 = 232,6 \text{ м}^3$$

$$\text{Осталось в газе водяного пара } 250 - 100 = 150 \text{ м}^3$$

Состав газа после конверсии приведен в таблице:

Компонент Влажный газ Сухой газ

м³ % (об.) м³ % (об.)

CH₄ 32,9 6,8 32,9 9,90

H₂ 232,6 48,07 232,6 69,60

CO 33,8 7,0 33,8 10,15

CO₂ 33,1 6,84 33,1 9,93

N₂ 1,4 0,29 1,4 0,42

H₂O 150,0 31,0 - -

Итого 483,8 100,0 333,8 1000

По этим данным составляем материальный баланс конвертора метана:

Приход Расход

Исходное вещество Продукт реакции

Природный газ Сухой конвертированный газ

CH₄ 3290,00 4596,60 CH₄ 1104,50 1546,3

C₂H₆ 31,50 23,50 H₂ 977,60 10,932,2

C₃H₈ 18,30 9,40 CO 1992,80 1588,6

C₇H₁₀ 12,20 4,70 CO₂ 3057,40 1555,7

N₂ 82,20 65,80 N₂ 82,20 65,8

Водяной пар 3434,20 4700,00 Водяной пар 7214,50 15688,6
9447,0 11750,0 5663,50 7050,0

Итого 12881,2 16450,0 Итого 12878,00 22738,6

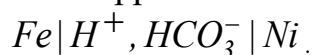
Неувязка в балансе 3,2 кг за счет неточности расчетов составляет около 0,02 %.

Пример 10.

Изделие из железа с примесью никеля находится во влажной среде, содержащей углекислый газ. Укажите, по какому механизму протекает коррозионный процесс, и напишите его уравнения.

Решение. Углекислый газ взаимодействует с водой и образует слабую угольную кислоту $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$, которая диссоциирует по уравнению $H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$. Таким образом, раствор, в котором находится изделие, будет проводить электрический ток, и окислителем в нем являются катионы H^+ . Коррозия, следовательно, протекает по электрохимическому механизму.

Запишем схему возникшего коррозионного элемента:



Железо Fe более активный металл ($E_{Fe^{2+}/Fe^0}^0 = -0,44$ В) чем никель, оно является анодом, а Ni – катодом ($E_{Ni^{2+}/Ni^0}^0 = -0,25$ В).

Схема электрохимической коррозии железа с примесью никеля в воде, содержащей углекислый газ, представлена на схеме.

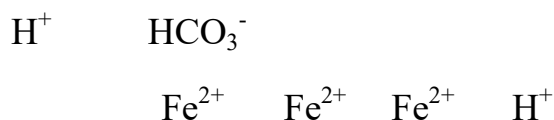


Схема электрохимической коррозии железа в кислой среде

На поверхности железа (анода) происходит процесс окисления.

Уравнение анодного процесса (анод Fe^0): $Fe^0 \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$.

Железо в виде ионов Fe^{2+} переходит в раствор, а электроны перетекают на никель. Поверхность никеля заряжается отрицательно, к ней из раствора подходят катионы водорода, принимают электроны и восстанавливаются.

Уравнение катодного процесса (катод Ni^0): $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Какие подсистемы относятся к основным подсистемам химического производства?

2. Какие критерии относятся к технологическим критериям эффективности химического производства?
3. Понятие степени превращения реагента.
4. Понятие выхода продукта.
5. Характеристика моделей ХТС.
6. Кинетика химических реакций.
7. Энергетика химических процессов: термодинамическая система и параметры состояния.
8. Понятие термодинамической системы.
9. Функции состояния системы
10. Химическая кинетика. Гомогенные и гетерогенные системы. Скорость химических реакций (средняя и истинная). Зависимость скорости химической реакции от природы и концентрации реагирующих веществ. Закон действия масс. Температурный коэффициент скорости реакции. Правило Вант-Гоффа.
11. Кинетика гетерогенных процессов. Катализаторы и каталитические системы. Гомогенный и гетерогенный катализ. Химическое равновесие и направление самопроизвольного протекания процессов
12. Обратимые и необратимые реакции. Константа химического равновесия. Смещение равновесия в соответствии с принципом Ле Шателье. Направление и предел самопроизвольного протекания химических процессов.
13. Гетерогенные дисперсные системы. Коллоидные растворы. Классификация дисперсных систем по взаимодействию дисперсионной фазы и дисперсионной среды. Способы получения дисперсных систем.
14. Методы очистки коллоидных растворов. Свойства коллоидных растворов. Оптические свойства. Кинетические свойства коллоидных растворов. Электрические свойства коллоидных растворов. Заряд и строение коллоидных частиц. Строение мицеллы. Термодинамическая неустойчивость гетерогенных дисперсных

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

15. Основные способы фиксации атмосферного азота.
16. Химическая и функциональные схемы получения технического газа для синтеза аммиака из природного газа.
17. Схема синтеза аммиака.
18. Основные физико-химические реакции синтеза аммиака из азота и водорода, влияющие на выбор режима технологического процесса.
19. Механизм гетерогенно-каталитического процесса синтеза аммиака. Стадии процесса катализа.
20. Химическая и функциональные схемы получения азотной кислоты.
21. Выбор технологического режима.
22. Сырье для получения серной кислоты. Основные различия в технологических схемах получения серной кислоты. Выбор

температурного режима обжига серы и серного колчедана.

23. Принципы классификации минеральных удобрений.

24. Схемы получения простого и двойного суперфосфата. Обоснование выбранного режима.

25. Методы получения комплексных азотно-калийно-фосфорных удобрений.

26. Состав стекла разного назначения. Наиболее важные компоненты и их свойства.

27. Характеристика сырья для производства стекла.

28. Производство стекольной массы. Силикатообразование, стеклообразование, дегазация, гомогенизация, охлаждение.

29. Типы стекловаренных печей (ванн, горшковые).

30. Керамика. Сырье для керамических изделий. Производство для керамических изделий. Подготовка сырья. Приготовление керамических масс. Формование изделий. Обжиг изделий.

31. Кислотоупорные изделия.

32. Керамические строительные материалы. Огнеупоры. Шамотные изделия. Динасовые изделия. Специальные огнеупорные материалы.

31. Использование воды в химической технологии. Кругооборот воды в природе. Признаки, по которым классифицируются природные воды. Показатели, характеризующие качество воды.

32. Характеристика коллоидных примесей природных вод.

Характеристика коагулянтов. Гидролиз коагулянтов. Щелочной резерв. Условия коагуляции. Влияние электролита на эффективность коагуляции. Влияние температуры на коагулирование примесей. Коагуляция примесей воды. Коагуляция с подщелачиванием. Флокулянты. Неорганические флокулянты. Органические флокулянты.

33. Электрохимические процессы. Механизм возникновения электродного потенциала в чистой воде. Механизм возникновения электродного потенциала в растворе соли. Водородный электрод. Измерение стандартного электродного потенциала металла. Уравнение Нернста. Ряд напряжений. Выводы из ряда напряжений. Гальванические элементы. Гальванический элемент Якоби-Даниэля. Концентрационный элемент. Термогальванический элемент. Электродвижущая сила гальванического элемента.

34. Электролиз водных растворов. Уравнения Фарадея. Выход по току. Катодные и анодные процессы. Применение электролиза.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет (5 семестр) проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент

набрал от 6 до 10 баллов. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов. «Незачет» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

Допуск к экзамену (**6 семестр**) проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

Студенты, которые набрали по тестированию от 16 до 20 баллов получают автоматически оценку «отлично» по экзамену. Студенты, которые набрали менее 6 баллов к экзамену не допускаются. Все остальные студенты допускаются до экзамена, билет включает в себя три вопроса (2 вопроса теоретических и один практический, который требует развернутый ответ при решении задачи).

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не справился ни с одним из заданий билета или не совсем точно ответил только на один теоретический вопрос.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил на 2 теоретических вопроса.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент ответил на 2 вопроса (1 теоретический и 1 практический с развернутым ответом).
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент правильно ответил на все три вопроса.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочными данными и вычислительной техникой.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Химическая технология как наука	ПК-7, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Химико-технологический процесс и его содержание	ПК-7, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Основные закономерности химической технологии	ПК-7, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,

			защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Химические производства	ПК-7, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Производство силикатных и других материалов	ПК-7, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Электрохимические производства	ПК-7, ПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов [Текст] : учебник / под ред. Х. Э. Харлампи. - 2-е изд., перераб. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013 (Чехов : ОАО "Первая Образцовая тип.", фил. "Чеховский Печатный Двор", 2013). - 447 с. : ил. - ISBN 978-5-8114-1478-9 : 839-80.

2. Закгейм, Александр Юделевич. Общая химическая технология: Введение в моделирование химико-технологических процессов [Текст] : учебное пособие. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Логос, 2011 (Йошкар-Ола : ООО "Тип. "Вертикаль"). - 302 с. - (Новая Университетская Библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1 : 415-00.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Чтение лекций осуществляется с использованием презентаций в программе «Microsoft PowerPoint».

Для выполнения лабораторных работ используется учебный лабораторный комплекс «Химия», совместимый с ПК и снабженный программным обеспечением.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Химический каталог. Неорганическая химия. Сайты и книги <http://www.ximicat.com>
2. Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus>
3. Справочно-информационный сайт по химии <http://www.alhimikov.net>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Оборудование:

вытяжной шкаф ВА0000002694,
химическая посуда 1632157,
электроплита 1632417,
учебно-лабораторный комплекс «Химия» в составе 0101040548,
весы технические 0000004560,
присобл. ТПР-М ВА0000002710,
лабораторный (8 шт.) ВА0000002716,
шкаф сушильный ВА0000002726,
штатив лабораторный ВА0000002727

Технические средства обучения

1. Ноутбук - отдел организации и обеспечения учебного процесса
2. Медиапроектор программ - отдел организации и обеспечения учебного процесса

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Химическая технология» читаются лекции, проводятся

практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета профессиональных, технологических задач. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--