

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Технология неорганических веществ: каталитические процессы», включающая оценочные и методические материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	-	-
Профессиональные	-	ПК-3. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
	-	ПК-4. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в технологии неорганических веществ

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-3	ПК-3.1	Понимает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса и осуществляет его, в том числе с использованием технических средств
	ПК-3.2	Осуществляет измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
	ПК-3.3	Применяет основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции, оценивает и интерпретирует полученные результаты
ПК-4	ПК-4.1	Применяет знания по химии и технологии неорганических веществ, теоретические основы технологических процессов получения неорганических веществ различных классов и готовых продуктов на их основе, нормативные требования, предъявляемые к их производству и обороту, и решения иных задач производственной деятельности
	ПК-4.2	Разрабатывает и внедряет инновационные технологические процессы в технологии неорганических веществ

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – приобретение обучающимися знаний и компетенций в области технологии неорганических веществ, включая каталитические процессы и их особенность в технологии основного неорганического синтеза, а также изучение физико- химических основ и факторов, влияющих на неорганические процессы.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- основные понятия технологии неорганических веществ и каталитических процессов, представлений о ее отличительной особенности;
- основные закономерности технологии неорганических веществ и основных неорганических продуктах связанного азота и серной кислоты

уметь:

- использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;

- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;
- проводить эксперименты по заданным методикам;
- анализировать результаты экспериментов;

владеть:

- методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;
- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;
- методами определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

<i>Виды учебной работы</i>	<i>Формы обучения</i>
	<i>Очная</i>
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	4/144
Контактная работа:	96
Занятия лекционного типа	48
Занятия семинарского типа	48
Консультации	0
Промежуточная аттестация	экзамен
Самостоятельная работа (СР)	48

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п		Наименование тем (разделов)	Виды учебной работы (в часах)						СР
			Контактная работа						
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				
			Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Физико-химические основы и технологии процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза	16	0	16	0	0	0	16	
2.	Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза	16	0	16	0	0	0	16	
3.	Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза	16	0	16	0	0	0	16	

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
---	-----------------------------	------------------------------

п/п		
1.	<p>Физико-химические основы и технологии процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза</p>	<p>Процессы очистки газовых потоков от вредных примесей Каталитическое гидрирование и дегидрирование сероорганических соединений. Каталитическая очистка отходящих газов от оксида азота и серы. Адсорбционные методы очистки и разделения газов Адсорбционная осушка газов. Адсорбционная очистка отходящих газов от оксидов углерода, серы и азота. Особенности технологии и аппаратуры адсорбционных и каталитических процессов очистки и разделения газов. Абсорбенты и их характеристика – вода, растворы щелочей, аммиак, органические растворители: аминоспирты, метилдиэтаноламин и др. Абсорбционная очистка газов от оксидов углерода, соединений серы. Очистка технологических газов от соединений селена и мышьяка. Криогенные процессы очистки и разделения газов, термодинамика процесса. Получение азота, кислорода и синтез-газов криогенным методом. Неорганические синтезы на основе газового сырья Синтез аммиака Физико-химические основы синтеза. Катализаторы синтеза аммиака, их свойства и методы получения. Технология процесса. Особенности энерготехнологии при получении аммиака. Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака. Технология разбавленной азотной кислоты Физико-химические основы процесса получения разбавленной азотной кислоты. Окисления аммиака. Катализаторы процесса, их особенности и свойства. Механизм катализа. Окисление оксида азота. Равновесие и кинетика процесса. Абсорбция оксидов азота с получением разбавленной азотной кислоты. Химизм процесса. Обоснование технологических режимов стадий окисления оксида азота и абсорбции полученных продуктов. Промышленные агрегаты производства разбавленной азотной кислоты, их классификация по технологическим параметрам. Технологические схемы процессов. Особенности энерготехнологии при производстве азотной кислоты. Технология концентрированной азотной кислоты. Основы концентрирования разбавленной азотной кислоты и прямой способ получения концентрированной азотной кислоты. Технологические схемы и аппаратное оформление процессов. Технологии модернизированных процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов Технология серной кислоты Контактный метод производства серной кислоты. Основные стадии процесса. Получение диоксида серы. Окисление диоксида серы в триоксид. Физико-химические основы процесса. Катализаторы окисления, их свойства и методы получения. Абсорбция триоксида серы. Химизм процесса. Принципы организации технологии абсорбции триоксида серы. Пути интенсификации сернокислотного производства. Получение серной кислоты методом двойного контактирования и двойной абсорбции (ДК-ДА). Получение аммиачной селитры. Физико-химические основы процесса, пути кондиционирования и модифицирования селитры с целью устранения слеживаемости и снижения взрывоопасности.</p>

		<p>Технологические схемы синтеза селитры и гранулирования, аппаратное оформление процесса и основные аппараты.</p> <p>Технология сульфата аммония.</p> <p>Способы синтеза, физико-химические основы технологии из аммиака, содержащегося в коксовом газе и надсмольной воде.</p> <p>Технологическая схема и основные аппараты.</p> <p>Синтез карбамида (мочевины)</p> <p>Физико-химические основы синтеза мочевины. Методы рециркуляции аммиака и диоксида углерода. Технология процесса с жидкостным рециклом. Стриппинг – процесс получения мочевины.</p>
2.	Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза	<p>Варианты реализации процессов термической переработки веществ</p> <p>Варианты технологической реализации процессов термической переработки веществ и их сравнение по степени извлечения целевого продукта, затратам и возможности утилизации отходов. Характеристика основных аппаратов.</p> <p>Конструктивные особенности электролизеров для разложения водных хлоридов.</p> <p>Пути снижения энергетических затрат.</p> <p>Оформление адсорбционных процессов. Конструктивные особенности адсорберов.</p> <p>Технологическое оформление адсорбционных процессов. Конструктивные особенности адсорберов. Короткоцикловые безнагревные установки. Адсорбционные процессы очистки синтез-газа от диоксидов углерода.</p> <p>Технологические схемы синтеза аммиака и особенности оборудования.</p> <p>Технологические схемы синтеза аммиака и продуктов на его основе и особенности оборудования.</p> <p>Конструктивные особенности основного оборудования производства азотной кислоты и сульфата и нитрата аммония.</p> <p>Особенности технологии и основные оборудования синтеза карбамида</p>
3.	Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза	<p>Основные экологические проблемы и их решение при получении водорода и синтез-газов.</p> <p>Решения экологических проблем технологии неорганического веществ</p> <p>Основные экологические проблемы и их решение при получении водорода и синтез-газов.</p> <p>Проблемы экологии при синтезе неорганических веществ.</p> <p>Проблемы охраны окружающей среды электрохимических производств. Проблемы экологии при синтезе аммиака.</p> <p>Проблемы загрязнения атмосферы отходящими газами при производстве разбавленной и концентрированной азотной кислоты.</p> <p>Проблемы загрязнения окружающей среды при получении серной кислоты и пути их решения.</p> <p>Детоксикация отходящих газов и очистка сточных вод в неорганическом производстве.</p> <p>Очистка выбросных газов в производстве связанного азота и серной кислоты. Очистка жидких стоков в производстве азотных удобрений и осажденных катализаторов для каталитических процессов производства неорганических веществ. Очистка отходящих газов и при водоподготовке путем озонирования. Термодеструкция остаточного озона на стадии финишной очистки выхлопных газов.</p>

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Физико-химические основы и технологии процессов разделения	ПЗ	Основные физико-химические свойства исходного сырья

	газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза		Структура производства и потребления продуктов неорганического синтеза Структура производства и потребления продуктов неорганического синтеза
2.	Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза	ПЗ	Расчет криогенных процессов разделения газов Расчет равновесных составов газовых смесей Физико-химические основы конверсии природного газа водяным паром и кислородом Расчет составов конвертированного газа Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии метана Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака
3.	Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза	ПЗ	Расчет установок осушки воздуха Расчет установок очистки природного газа от сернистых соединений Расчет установок очистки отходящих газов от кислых компонентов

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Физико-химические основы и технологии процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
2.	Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
3.	Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости (в том числе рубежного) и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости (в том числе рубежный);
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1.1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости (в том числе рубежного) по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Физико-химические основы и технологии процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза	Устный опрос. Решение задач
2.	Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза	Устный опрос. Решение задач
3.	Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза	Устный опрос. Решение задач

3.1.1. Типовые контрольные задания

Устный опрос

1. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением кислорода.
2. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением азота.

3. Применение низкотемпературных процессов в неорганической технологии.
4. Адсорбционные процессы очистки и осушки газовых смесей.
5. Абсорбционные процессы очистки газовых смесей.
6. Мембранное разделения газов.
7. Каталитические процессы очистки газовых смесей.
8. Современные катализаторы синтеза аммиака (составы, методы получения).
9. Современные агрегаты по производству разбавленной азотной кислоты.
10. Методы синтеза карбамида.
11. Экологические проблемы неорганической технологии.
12. Методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.
13. Очистка газовых выбросов технологии серной кислоты.
14. Очистка газов от оксидов азота в производстве азотной кислоты.
15. Термическая переработка минерального сырья без доступа кислорода.
16. Сравнительный анализ сырья и схем в производстве серной кислоты.
17. Перспективные катализаторы окисления аммиака в производстве азотной кислоты.
18. Катализ и катализаторы процессов гидрирования оксидов углерода.
19. Термохимические циклы при получении водорода и др. неорганических веществ.
20. Современные катализаторы конверсии СО: составы, свойства, синтез.
21. Перспективные катализаторы конверсии метана: составы, свойства, синтез.
22. Новые разработки в области катализаторов синтеза аммиака: составы, свойства, синтез.
23. Топохимические процессы восстановления плавящихся катализаторов синтеза аммиака.
24. Основы адсорбционного разделения газов, сравнительный анализ существующих схем.
25. Технология синтеза аммиака: особенности производства единичной мощности 1360 т NH_3 /сутки и сравнение со схемой на 600 т /сутки.
26. Особенности производства серной кислоты из плавящейся серы. Сравнение технологических схем серной кислоты для различных типов сырья.
27. Технология получения водорода электрохимическим методом.
28. Сравнительный анализ сорбентов и схем детоксикации отходящих газов от сероводорода.
29. Переработка оксидов азота в разбавленную азотную кислоту: физико-химические основы процесса и технологическая схема.
30. Физико-химические основы производства пористой аммиачной селитры и технологическая схема.
31. Технология аммиачной селитры, пути снижения слеживаемости, гигроскопичности, взрывоопасности.
32. Конструктивные особенности аппаратного оформления процесса аммиачной селитры.
33. Физико-химические основы производства карбамида, совмещенная схема синтеза аммиака и карбамида.
34. Технология карбамида с полным жидкостным рециклом.
35. Стриппинг-процесс карбамида по схеме фирмы «Стамикарбон».
36. Технология сульфата аммония полупрямым способом
37. Абсорбционные методы очистки газов от оксидов углерода.
38. Основные особенности современных агрегатов для производства неорганических продуктов.
39. Очистка технологических газов от серосодержащих соединений путем каталитического гидрирования.
40. Газификация твердого и жидкого топлива: схемы и основное оборудование.
41. Технология каталитического обезвреживания отходящих газов.

Проблемно-аналитическое задание

1. Определить равновесный состав конвертированного газа, получаемого при конверсии метана смесью водяного пара и кислородобогащенным воздухом (40 % O₂). Соотношение между объемами компонентов CH₄ : H₂O : O₂ : N₂ в исходной газовой смеси 1:1:0,6:0,9. Температура риформинга 827 °С, общее давление 1 атм.
2. Определить равновесный состав конвертированного газа, образующегося при конверсии метана смесью водяного пара, диоксида углерода и кислородом. Соотношение между объемами компонентов CH₄ : H₂O : CO₂ : O₂ в исходной газовой смеси 1:0,7:0,3:0,6. Температура конверсии 927 °С, давление в конверторе 1 атм.
3. Составить материальный баланс трубчатой печи конверсии природного газа (1-ая ступень конверсии), имеющего состав (% об.): CH₄ – 97,8; C₂H₆ – 0,5; C₃H₈ – 0,2; C₄H₁₀ – 0,1; N₂ – 1,4. Соотношение объемов пар/газ в исходной смеси 2,5; степень конверсии газа по углероду 67 %; температура газа на входе в печь 380 °С, на выходе 700 °С; температура дымовых газов 800 °С; давление в конверторе 1 атм; гомологи метана разлагаются полностью; соотношение CO : CO₂ в конвертированном газе 1:1.
4. Составить тепловой баланс трубчатой печи конверсии природного газа (1-ая ступень конверсии), имеющего состав (% об.): CH₄ – 97,8; C₂H₆ – 0,5; C₃H₈ – 0,2; C₄H₁₀ – 0,1; N₂ – 1,4. Соотношение объемов пар/газ в исходной смеси 2,5; степень конверсии газа по углероду 67 %; температура газа на входе в печь 380 °С, на выходе 700 °С; температура дымовых газов 800 °С; давление в конверторе 1 атм; гомологи метана разлагаются полностью; соотношение CO : CO₂ в конвертированном газе 1:1.
5. Составить материальный баланс шахтного конвертора риформинга природного газа (2-ая ступень конверсии) кислородом воздуха и водяным паром и определить объем катализатора для конверсии 1000 м³ сухого газа. Температура газа на выходе из трубчатой печи 700 °С; температура воздуха поступающего на окисление 20 °С; температура газа на выходе из конвертора 850 °С. Соотношение (CO+H₂) : N₂ в конвертированном газе 3,2. Состав природного газа принять по данным задания 3.
6. Составить тепловой баланс шахтного конвертора риформинга природного газа, имеющий состав (% об.) CO – 36,0; H₂ – 35,5; CO₂ – 5,5; N₂ – 23,0, поступает на дальнейшую переработку в отделение конверсии оксида углерода водяным паром, которая протекает при температуре 550 °С, давлении 1 атм и соотношении пар / газ = 1. Определить равновесную степень конверсии и состав конвертированного газа.
7. Газ, выходящий из шахтного конвертора природного газа, имеющий состав (% об.) CO – 36,0; H₂ – 35,5; CO₂ – 5,5; N₂ – 23,0, поступает на дальнейшую переработку в отделение конверсии оксида углерода водяным паром, которая протекает при температуре 550 °С, давлении 1 атм и соотношении пар / газ = 1. Определить равновесную степень конверсии и состав конвертированного газа.
8. Сколько водяного пара необходимо израсходовать на 100 м³ исходного газа при конверсии оксида углерода при 500 °С для обеспечения степени конверсии, равной 0,91. Состав исходного газа (% об.): CO – 37; H₂ – 35; CO₂ – 6; N₂ – 22,0. Рассчитать состав сухого конвертированного газа.
9. На конверсию поступает газ, имеющий состав газа (% об.): CO – 37; H₂ – 39; CO₂ – 4,2; N₂ – 22,8. Перед конверсией к газу добавляют водяной пар в объемном соотношении пар / газ = 1 / 1. Температура реакционной смеси перед слоем катализатора 420 °С; степень конверсии 0,8. На сколько повысится температура газа, если процесс протекает адиабатически?
10. Определить объем и часовую производительность железохромового катализатора для конверсии 1000 м³ полуводяного газа, содержащего 35 % об. CO при объемной скорости конверсии 350 ч⁻¹, температуре 450 °С и давлении 1 атм. Степень конверсии 0,8; соотношение пар / газ = 1 / 1, доля свободного объема катализатора $\mu = 0,47$.
11. При газификации кокса, содержащего 96,5 % C и 3,5 % H₂O по массе, с водяным паром полученный водяной газ содержит 6% CO₂ (об.). Рассчитать состав полученного

газа при газификации 1 т кокса указанного состава и составить материальный баланс, при этом протекают реакции: $C + H_2O = CO + H_2$ (основная); $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ (побочная).

12. Определить состав газа после контактного аппарата при окислении диоксида серы, расход воздуха и составить материальный баланс контактного отделения, если производительность аппарата 10 000 м³/ч исходного газа следующего состава, % (об.): SO₂ – 8,5; O₂ – 12,5; N₂ – 79. Степень окисления SO₂ в SO₃ составляет 98 %.

13. Определить количество влаги, испарившейся в результате экзотермической реакции нейтрализации: $HNO_3 + NH_3 = NH_4 NO_3$ и составить материальный баланс аппарата ИТН. Производительность нейтрализатора 20 т NH₄ NO₃ в час. В производстве применяется 47 %-ная азотная кислота и 100 %-ный газообразный аммиак. Из нейтрализатора аммиачная селитра выходит в виде 60 %-ного раствора NH₄ NO₃ в воде.

14. Определить состав продуктов при электролизе водного раствора хлорида натрия и составить материальный баланс электролизера, реакция идет по следующему уравнению: $2 NaCl + 2 H_2O = 2 NaOH + Cl_2 + H_2$. Концентрация NaCl в растворе 310 г/л, плотность раствора при условиях электролиза 1,17 кг/л. Производительность по хлору 500 л/час, степень разложения 50 %.

15. В колонне синтеза карбамида диаметром 1,3 м и высотой 24 м производится 790 т/сутки карбамида (33 т/ч). При степени превращения $X_{CO_2} = 0,60$ и мольном соотношении $NH_3/CO_2 = 4/1$ для обеспечения данной производительности необходима подача 40 275 кг/ч CO₂ и 62 100 кг/ч NH₃. Определить удельную производительность реактора.

16. Сухой полуводяной газ состава (% об.): CO – 37; H₂–35; N₂ – 22; CO₂ – 6,0 – подвергается конверсии при 500 °С. Определить соотношение водяной пар : газ, обеспечивающее равновесную степень конверсии, равную 0,51. Константа равновесия конверсии монооксида углерода имеет следующую температурную зависимость: $\lg K = - (2059/T) + 1,5 \lg T - 1,82 \cdot 10^{-3} T + 5,65 \cdot 10^{-7} T^2 - 8,2 \cdot 10^{-11} T^3 - 1,53$.

17. Рассчитать материальный баланс синтеза карбамида производительностью цеха 3,75 т/час. Исходные данные: давление в колонне 200 ата, температура 190 °С, степень избытка аммиака от стехиометрического количества – 100%, степень превращения карбамата в мочевины 60%, степень разложения мочевины при дистилляции и упаривании 15%. В готовой продукции содержится 98% карбамида.

18. Составить материальный баланс поглотительной колонны абсорбции нитрозных газов в производстве азотной кислоты, если состав газовой смеси после окислительной колонны (% об.): NO₂ – 10,42; NO – 2,6; O₂ – 5,76; H₂O – 3,44; N₂ – 77,78. Производительность установки 1500 т HNO₃ /сутки в пересчете на 100% -ную.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Устный ответ

Оценка знаний предполагает дифференцированный подход к обучающемуся, учет его индивидуальных способностей, степень усвоения и систематизации основных понятий и категорий по дисциплине. Кроме того, оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение использовать в ответе практический материал. Оценивается культура речи, владение навыками ораторского искусства.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала, использование профессиональных терминов, культура речи, навыки ораторского искусства. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка «отлично» ставится в случае, когда материал излагается исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно, при этом раскрываются не только основные понятия, но и анализируются точки зрения различных авторов. Обучающийся

не затрудняется с ответом, соблюдает культуру речи.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но при ответе на вопрос допускает несущественные погрешности.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

Проблемно-аналитическое задание

Задание носит проблемно-аналитический характер и выполняется в три этапа. На первом из них необходимо ознакомиться со специальной литературой.

Целесообразно также повторить учебные материалы лекций и семинарских занятий по темам, в рамках которых предлагается выполнение данного задания.

На втором этапе выполнения работы необходимо сформулировать проблему и изложить авторскую версию ее решения, на основе полученной на первом этапе информации.

Третий этап работы заключается в формулировке собственной точки зрения по проблеме. Результат третьего этапа оформляется в виде аналитической записки (объем: 2-2,5 стр.; 14 шрифт, 1,5 интервал).

Критерий оценивания - оценка учитывает: понимание проблемы, уровень раскрытия поставленной проблемы в плоскости теории изучаемой дисциплины, умение формулировать и аргументировано представлять собственную точку зрения, выполнение всех этапов работы.

Оценка «отлично» ставится в случае, когда обучающийся демонстрирует полное понимание проблемы, все требования, предъявляемые к заданию выполнены.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся демонстрирует значительное понимание проблемы, все требования, предъявляемые к заданию выполнены.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся демонстрирует частичное понимание проблемы, большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся демонстрирует непонимание проблемы, многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

1. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением кислорода.
2. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением азота.
3. Применение низкотемпературных процессов в неорганической технологии.
4. Адсорбционные процессы очистки и осушки газовых смесей.
5. Абсорбционные процессы очистки газовых смесей.
6. Мембранное разделения газов.
7. Каталитические процессы очистки газовых смесей.
8. Современные катализаторы синтеза аммиака (составы, методы получения).
9. Современные агрегаты по производству разбавленной азотной кислоты.
10. Методы синтеза карбамида.
11. Экологические проблемы неорганической технологии.
12. Методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.
13. Очистка газовых выбросов технологии серной кислоты.
14. Очистка газов от оксидов азота в производстве азотной кислоты.
15. Термическая переработка минерального сырья без доступа кислорода.

16. Сравнительный анализ сырья и схем в производстве серной кислоты.
17. Перспективные катализаторы окисления аммиака в производстве азотной кислоты.
18. Катализ и катализаторы процессов гидрирования оксидов углерода.
19. Термохимические циклы при получении водорода и др. неорганических веществ.
20. Современные катализаторы конверсии СО: составы, свойства, синтез.
21. Перспективные катализаторы конверсии метана: составы, свойства, синтез.
22. Новые разработки в области катализаторов синтеза аммиака: составы, свойства, синтез.
23. Топохимические процессы восстановления плавящихся катализаторов синтеза аммиака.
24. Основы адсорбционного разделения газов, сравнительный анализ существующих схем.
25. Технология синтеза аммиака: особенности производства единичной мощности 1360 т NH₃ /сутки и сравнение со схемой на 600 т /сутки.
26. Особенности производства серной кислоты из плавящейся серы. Сравнение технологических схем серной кислоты для различных типов сырья.
27. Технология получения водорода электрохимическим методом.
28. Сравнительный анализ сорбентов и схем детоксикации отходящих газов от сероводорода.
29. Переработка оксидов азота в разбавленную азотную кислоту: физико-химические основы процесса и технологическая схема.
30. Физико-химические основы производства пористой аммиачной селитры и технологическая схема.
31. Технология аммиачной селитры, пути снижения слеживаемости, гигроскопичности, взрывоопасности.
32. Конструктивные особенности аппаратурного оформления процесса аммиачной селитры.
33. Физико-химические основы производства карбамида, совмещенная схема синтеза аммиака и карбамида.
34. Технология карбамида с полным жидкостным рециклом.
35. Стриппинг-процесс карбамида по схеме фирмы «Стамикарбон».
36. Технология сульфата аммония полупрямым способом
37. Абсорбционные методы очистки газов от оксидов углерода.
38. Основные особенности современных агрегатов для производства неорганических продуктов.
39. Очистка технологических газов от серосодержащих соединений путем каталитического гидрирования.
40. Газификация твердого и жидкого топлива: схемы и основное оборудование.
41. Технология каталитического обезвреживания отходящих газов.

3.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос
«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	- требуемый объем и структура

	<ul style="list-style-type: none"> - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров их научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминологии

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических учебно-профессиональных задач)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	<ul style="list-style-type: none"> - выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные и (или) печатные учебные издания

1. Миролюбов, В. Р. Технология неорганических веществ. Примеры и задачи : учебное пособие / В. Р. Миролюбов, В. И. Гашкова, Л. Е. Толкачева ; под общ. ред. доц. В. Р. Миролюбова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2020. - 270 с. - ISBN 978-5-7996-3032-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1953598>. – Режим доступа: по подписке.
2. Нажарова, Л. Н. Оборудование и материалы для производств неорганических веществ : учебно-методическое пособие / Л. Н. Нажарова. - Казань : КНИТУ, 2020. - 88 с. - ISBN 978-5-7882-2815-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1899808>. – Режим доступа: по подписке.
3. Основы технологии неорганических материалов : лабораторный практикум / сост. М. А. Ясная, А. А. Блинова, М. А. Ясная [и др.]. - Ставрополь : Изд-во СКФУ, 2023. - 108 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2133406>. – Режим доступа: по подписке.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. – URL: <https://urait.ru/>.

2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/>.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/>.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – URL: <http://elibrary.ru/>.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/>.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru/>.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://fcior.edu.ru/>.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: <http://dic.academic.ru>.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. – <http://www.garant.ru/>.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения
Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.