

**Рабочая программа дисциплины (модуля) «Химическая технология», 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 использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач

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	Знает теоретические основы фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-3	ПК-3.2	Умеет использовать теоретические основы фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-3	ПК-3.3	Владеет современными методами исследования научных объектов, основанными на фундаментальных законах и принципах химии

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – овладение закономерностями химических процессов, методами и теориями анализа и синтеза химико-технологических систем для создания эффективных химических производств.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- теоретические основы химико-технологических процессов;
- основные принципы организации химического производства;
- иерархическую структуру процессов химического производства;
- методы оценки эффективности производства;
- типовые химико-технологические процессы производства;
- взаимодействие химического производства и окружающей среды;

уметь:

- составлять химическую, функциональную, технологическую схемы производства;
- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;
- рассчитывать основные характеристики химического процесса;
- оценивать технологическую и техноэкономическую эффективность производства;

владеть:

- методами анализа эффективности работы химических производств.

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:	104
Занятия лекционного типа	32
Занятия семинарского типа	64
Консультации	8
Промежуточная аттестация	экзамен
Самостоятельная работа (СР)	40

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.	Химическое производство	12	0	8	0	32	0	13
2.	Физико-химические закономерности химической технологии	10	0	12	0	16	0	13
3.	Основные химические производства	10	0	12	0	16	0	14

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

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Химическое производство	<p>1.1. Основные определения, функции, структура, компоненты. Химическая технология и химические производства. Определение химической технологии как науки и способа производства. Классификация химических производств по различным признакам. Место химической технологии в промышленной сфере и методов химической технологии в нехимических отраслях промышленности. Многофункциональность химического производства. Организация и управление химическим предприятием. Структура химического предприятия. Основные показатели эффективности химического производства – технические, техникоэкономические, эксплуатационные, социальные.</p> <p>1.2. Сырье и вода в химическом производстве. Характеристика и классификация сырья по происхождению, агрегатному состоянию, химической природе. Возобновляемые и невозобновляемые источники сырья. Особенности использования сырья в химической промышленности, требования к сырью. Принципы использования сырья: рациональное и комплексное использование сырья. Подготовка сырья перед химическим превращением: сортировка, измельчение, обогащение. Отходы производства как вторичные сырьевые ресурсы. Вода как сырьё и вспомогательный компонент химического производства. Источники воды. Требования к качеству воды. Промышленная водоподготовка. Системы водооборота в химическом производстве.</p> <p>1.3. Энергия в химическом производстве. Потребление энергии и энергоснабжение в химическом производстве. Общая характеристика и классификация энергетических ресурсов в химической технологии. Источники энергии в химическом производстве. Рациональное использование энергии. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР), их классификация и использование. Энерготехнологические системы.</p>
2.	Физико-химические	2.1. Стехиометрические закономерности.

	закономерности химической технологии	<p>Стехиометрические уравнения - определение, запись. Простые и сложные реакции. Система стехиометрически независимых уравнений. Основы расчета количеств и концентраций компонентов в реагирующей смеси. Показатели эффективности химико- технологического процесса: степень превращения, выход целевого продукта, интегральная селективность по целевому продукту.</p> <p>2.2. Термодинамические закономерности. Энергия Гиббса и возможность протекания реакции. Тепловой эффект реакции, экзо- и эндотермические реакции. Химическое равновесие в реагирующей смеси – константа равновесия, равновесная степень превращения. Равновесный состав реагирующей смеси и определение термодинамически максимального выхода продуктов. Практические приёмы смещения равновесия в химических производствах.</p> <p>2.3. Кинетические закономерности химических процессов. Схема превращения. Примеры использования. Скорость химической реакции. Дифференциальная селективность.</p>
3.	Основные производства химические	<p>3.1. Переработка углеродосодержащего сырья. Классификация углеродосодержащего сырья и методов его переработки. Переработка твёрдого углеродосодержащего сырья. Виды и состав сырья, основные виды переработки. Коксование: характеристика процесса, коксовые печи, переработка коксового газа. Газификация твёрдого топлива: получение генераторного, полуводяного и водяного газов, подземная газификация.</p> <p>Переработка нефти. Характеристика нефтей. Основные направления и методы переработки нефти и нефтепродуктов. Физические методы: одно- и двухступенчатая перегонка нефти. Химические методы: термический крекинг, пиролиз, каталитические крекинг и риформинг.</p> <p>Переработка природных газов. Их характеристика, основные методы переработки. Очистка природного газа. Получение водорода. Получение ацетилена термическим пиролизом метана.</p> <p>3.2. Основной органический синтез, высокомолекулярные соединения и пластические массы. Промышленный органический синтез, его развитие и значение. Сырьевая база и исходные вещества. Ацетилен. Производство ацетилена методом электропиролиза и в плазме. Физико- химические основы процесса. Сырьё. Получение ацетилена термоокислительным пиролизом метана. Физико-химические основы процесса. Переработка ацетилена. Производство этилена и пропилена. Сырьё. Физико-химические основы процесса дегидрирования углеводородов. Производство этилена из этана и пропилена, пропана и бутана. Производство этилена и пропилена пиролизом бензина. Методы выделения и тонкой очистки этилена и пропилена. Технологическая схема. Пути использования. Производство изобутилена. Производство стирола, выделение и стабилизация.</p> <p>Характерные особенности технологии высокомолекулярных соединений. Сырьевая база для производства полимеров. Производство пластмасс. Основные типы пластмасс: термопластичные и термоактивные. Полиэтилен: свойства и области применения полиэтилена. Поливинилхлорид. Полистирол. Фторопласты. Методы их производства и переработки, свойства и применения.</p> <p>3.3. Технология неорганических веществ. Физико-химические основы и схемы контактного способа производства серной кислоты; равновесные и кинетические</p>

		<p>условия, катализаторы. Устройство контактного узла и абсорбционной аппаратуры. Пути интенсификации сернокислотного производства. Применение кислорода и давления.</p> <p>Синтез аммиака. Физико-химические основы процесса синтеза аммиака (термодинамические и кинетические особенности). Катализаторы синтеза аммиака. Выбор оптимальных условий синтеза.</p> <p>Физико-химические основы и схема производства азотной кислоты. Энерготехнологическая схема производства азотной кислоты. Устройство реактора каталитического окисления аммиака. Очистка отходящих газов от оксидов азота.</p>
--	--	---

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Химическое производство	ПЗ	<p>Расчёт основных показателей химического процесса – степени превращения, выхода продукта, селективности.</p> <p>Расчёт основных показателей химического производства – производительности, расходных коэффициентов.</p>
2.	Физико-химические закономерности химической технологии	ПЗ	<p>Стехиометрические закономерности.</p> <p>Термодинамические закономерности.</p> <p>Кинетические закономерности.</p>
		ЛР	<p>Равновесие в многокомпонентной смеси.</p> <p>Анализ процесса «газ-твёрдое» на примере обжига сульфида цинка.</p>
4.	Основные химические производства	ПЗ	<p>Расчёт материальных балансов на примере углерод-добывающей промышленности.</p> <p>Расчёт материальных балансов органических процессов и производств.</p> <p>Расчёт материальных балансов основных многотоннажных неорганических производств.</p>
		ЛР	<p>Процесс окисления диоксида серы. Схема двойного контактирования – двойной абсорбции (ДК/ДА)</p> <p>Анализ химико-технологических систем – производство азотной кислоты.</p>

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Химическое производство	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
2.	Физико-химические закономерности химической технологии	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
3.	Основные химические производства	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)

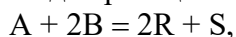
№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Химическое производство	Контрольный работа
2.	Физико-химические закономерности химической технологии	Контрольный работа
3.	Основные химические производства	Контрольный работа

3.1.1. Типовые контрольные задания

Контрольный работа

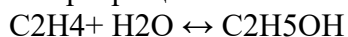
Раздел 1, 2

1. Определить степень превращения по компоненту В (хВ) и состав реакционной смеси для реакции



если $x_A = 0,6$; $c_{A0} = 1$ кмоль/м³; $c_{B0} = 1,5$ кмоль/м³.

2. Определить влияние избытка водяного пара в исходной смеси на равновесную степень превращения этилена в обратимой реакции синтеза этанола:



для трёх мольных соотношений в исходной смеси $\alpha = H_2O:C_2H_4 = 1; 4; 9$. Давление в процессе 3 МПа, константа равновесия $K_p = 0,068$ МПа⁻¹.

Раздел 3

1. Обжиговый газ состава 8,0 % об. SO₂ и 12,0 % об. O₂ (остальное азот), подвергают окислению на катализаторе. Степень окисления SO₂ – 0,88. Рассчитать состав газа после окисления.
2. Составить материальный баланс печи сжигания серы производительностью по сере 80 т/сут. Степень окисления серы 0,96. Остальная сера возгоняется и сгорает вне печи. Коэффициент избытка воздуха 1,3. Расчёт вести на производительность печи по сжиганию серы в кг/час.

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

Контрольная работа

Оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение изложить письменно.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка «отлично» ставится в случае, когда соблюдены все критерии.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но 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.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

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

1. Химическая технология как наука: цели, объекты и методы исследования.

2. Состав химического производства, его многофункциональность.
3. Стадии химического производства. Задачи химического производства.
4. Компоненты химического производства: сырье, вода, энергия, продукты, их характеристика. Пример вспомогательного сырья в производстве кальцинированной соды. Иерархическая структура процессов химического производства.
5. Показатели эффективности химического процесса: степень превращения, селективность, выход продукта, скорость превращения.
6. Физико-химические закономерности химических процессов. Стехиометрические закономерности химических процессов. Термодинамические закономерности химических процессов. Практические приемы смещения химического равновесия. Схема ДК/ДА в производстве серной кислоты. Кинетические закономерности химических процессов.
7. Гетерогенный химический процесс. Гетерогенный химический процесс "сжимающаяся сфера". Интенсификация процесса. Гетерогенный процесс "сжимающееся ядро". Структура процесса, математическое описание, лимитирующие стадии процесса, пути интенсификации процесса.
8. Показатели эффективности химического процесса: технические, техноэкономические, эксплуатационные, социальные.
9. Сырье в химической промышленности, его роль, классификация. Особенности использования сырья в химической промышленности, требования к сырью. Принципы использования: рациональное, комплексное и комбинированное. Примеры реализации этих принципов. Обогащение сырья: методы обогащения твердого, жидкого и газового сырья.
10. Воздух в химической промышленности: его состав, использование в химических процессах.
11. Вода в химической промышленности: ее роль, источники. Требования к качеству воды. Методы промышленной водоподготовки. Сточные воды химических производств: их характеристика, источники, методы очистки. Водоборотные циклы химических производств.
12. Энергия в химической промышленности: виды используемой энергии. Классификация энергетических ресурсов. Вторичные энергетические ресурсы, их виды. Использование топливных, тепловых ВЭРов и ВЭРов избыточного давления. Энерготехнологические схемы. Энерготехнологическая схема синтеза аммиака. Пример использования ВЭРов избыточного давления в производстве азотной кислоты.
13. Переработка углеродсодержащего сырья: его общая характеристика, состав. Классификация методов переработки углеродсодержащего сырья.
14. Переработка твердого углеродсодержащего сырья: газификация, гидрирование, коксование. Физические и химические превращения при коксовании углей. Аппаратурное оформление процесса. Продукты коксования, их характеристика. Схема переработки прямого коксового газа.
15. Производство серной кислоты из серы. Аппаратурное оформление стадии получения диоксида серы.
16. Производство серной кислоты из пирита. Аппаратурное оформление стадии получения диоксида серы.
17. Очистка обжиговых газов на производстве серной кислоты.
18. Стадия получения триоксида серы. Физико-химические основы процесса, аппаратурное оформление узла. Графический анализ процесса.
19. Двойное контактирование – двойная абсорбция – преимущества данного способа организации получения серной кислоты по сравнению с одноконтakтным методом. Схема узла.

20. Производство аммиака. Концепция малоотходного производства.
21. Узел синтеза аммиака. Концепция рационального использования энергетических ресурсов.
22. Производство азотной кислоты. Исходные соединения, химическая схема процесса, аппаратное оформление узла конверсии аммиака.
23. Очистка газов от оксидов азота на производстве азотной кислоты. Использование вторичных энергетических ресурсов в производстве азотной кислоты.

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	<ul style="list-style-type: none"> - требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров из 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 терминология

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

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

4.1. Электронные и (или) печатные учебные издания

1. Игнатенков, В. И. Общая химическая технология: теория, примеры, задачи: учебное пособие для академического бакалавриата / В. И. Игнатенков. – 2-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 195 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534- 09222-6. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/427454>.
2. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС: учебник / И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампики, В.Г. Иванов, Э.В. Чиркунов; под редакцией Х.Э. Харлампики. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 384 с. – ISBN 978-5- 8114-1479-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211571>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

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.