

**Рабочая программа дисциплины (модуля) «Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ», 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-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-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

**1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)**

**Цель изучения дисциплины (модуля)** – приобретение обучающимися углубленных знаний и практических навыков в области технологии чистых веществ и реактивов и использовании их в профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

**знать:**

- требования к чистым веществам и реактивам, их классификацию;
- теоретические и практические основы их получения и применения;
- особенности их производства и контроля;
- экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения;

**уметь:**

- использовать методы исследования и определения параметров и показателей процессов получения чистых веществ и реактивов;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;
- выбирать конструкционные материалы для процессов получения реактивов и особо чистых веществ;
- проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;
- применять знания, полученные в результате изучения дисциплины, при выборе современных и инновационных технологий, при написании научных статей, отчетов и выпускной квалификационной работы;

**владеть:**

- основными навыками работы с реактивами и особо чистыми веществами, в т.ч. с каталогами их отечественных и зарубежных производителей;
- умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению чистых веществ и реактивов;

- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения;
- навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы;
- методами определения качества чистых веществ и реактивов.

## 2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

### 2.1. Объем дисциплины (модуля)

<i>Виды учебной работы</i>	<i>Формы обучения</i>
	<i>Очная</i>
<b>Общая трудоемкость:</b> зачетные единицы/часы	3/108
<b>Контактная работа:</b>	48
Занятия лекционного типа	32
Занятия семинарского типа	16
<b>Консультации</b>	0
<b>Промежуточная аттестация</b>	зачет с оценкой
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	60

### 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.	Химические методы очистки неорганических веществ	16	0	8	0	0	0	30
2.	Физико-химические методы очистки неорганических веществ	16	0	8	0	0	0	30

#### *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.	Химические методы очистки неорганических веществ	<p><b>1.1. Введение. Основные понятия и номенклатура чистых веществ</b>  Общие сведения и классификация реактивов и особо чистых веществ. Номенклатура и области их потребления. Общие сведения и основные понятия о чистоте вещества. Способы выражения степени чистоты вещества. Особенности производства и контроля чистых веществ и реактивов. Особенности проектирования, эксплуатации и оптимизации производств. Гибкие автоматизированные системы. Хранение и транспортирование реактивов.</p> <p><b>1.2. Источники загрязнений в технологии получения чистых веществ</b>  Формы примесей. Нормирование примесей. Понятия «микропримесь», «особо чистое вещество», «высокочистое вещество». Влияние примесей на свойства веществ. Попадание примесей из атмосферы. Технологии очистки воздуха. Чистое помещение. Загрязнение материалом аппаратуры.</p> <p><b>1.3. Конструкционные материалы, используемые в технологии неорганических реактивов</b></p>

		<p>Особенности выбора конструкционных материалов для производства неорганических реактивов и особо чистых веществ. Материалы для изготовления оборудования производства реактивов и особо чистых веществ. Неорганические конструкционные материалы, используемые в технологии неорганических реактивов и особо чистых веществ. Углеродистые материалы, их получение и использование в технологии реактивов и особо чистых неорганических веществ. Органические конструкционные материалы, используемые в технологии неорганических реактивов и особо чистых веществ.</p> <p><b>1.4. Методы очистки через газовую фазу</b> Теоретические основы очистки веществ и классификация методов очистки. Термодинамические основы очистки веществ. Коэффициент разделения (распределения) примесей. Классификация методов очистки веществ. Сравнительная оценка возможностей методов. Галогенидный метод. Гидридный метод. Очистка с использованием элементарных соединений. Карбонильный метод. Химические транспортные реакции. Особенности и выбор транспортных реакций для очистки веществ. Способы осуществления транспорта (перенос вещества потоком газ-реактанта, молекулярной диффузией, посредством конвекции).</p> <p><b>1.5. Методы очистки через жидкую фазу</b> Очистка растворов осаждением примесей. Очистка осаждением основного вещества. Очистка растворов от примесей их соосаждением с неорганическими или органическими коллекторами. Методы избирательного окисления или восстановления примесей. Избирательное комплексообразование в растворе. Оценка предельных возможностей очистки через жидкую фазу.</p>
2.	Физико-химические методы очистки неорганических веществ	<p><b>2.1. Процессы кристаллизационной очистки</b> Кристаллизация из растворов. Фракционирование примесей в процессах кристаллизации из растворов. Основные показатели и закономерности фракционирования. Влияние различных факторов на фракционирование примесей. Явление изоморфизма, способы устранения изоморфного загрязнения вещества. Схемы очистки веществ методами многоступенчатой перекристаллизации. Метод фракционированной (дробной) кристаллизации. Практическое использование процессов кристаллизации для получения чистых веществ и реактивов. Кристаллизация из расплавов. Теоретические основы. Зонная плавка. Основные факторы, влияющие на эффективность процесса. Варианты его осуществления и используемая аппаратура. Применение зонной плавки для очистки веществ. Направленная кристаллизация. Основы составления материального баланса.</p> <p><b>2.2. Метод адсорбционной очистки</b> Основные закономерности и особенности адсорбции примесей из газов, паров, растворов. Наиболее распространенные типы сорбентов. Практическое применение адсорбционных методов для очистки неорганических веществ. Хроматографический метод получения чистых веществ.</p> <p><b>2.3. Экстракционные методы очистки</b> Экстракционные методы. Классификация экстрагентов. Экстракционные системы для очистки неорганических веществ. Многоступенчатые процессы очистки. Особенности аппаратурного оформления процессов жидкостной экстракции.</p> <p><b>2.4. Дистилляционные методы очистки</b> Особенности проведения процесса при малых содержаниях примесей. Способы организации дистилляционных процессов. Простая перегонка, ректификация, экстрактивная</p>

		<p>ректификация. Хеморектификация. Молекулярная Использование методов ректификации для получения особо чистых веществ. Дистилляция.</p> <p><b>2.5. Ионнообменный метод получения чистых веществ</b> Ионнообменный метод получения чистых веществ. Получение ионитов. Их термохимическая устойчивость, механическая устойчивость. Термодинамика ионного равновесия, динамика ионного обмена. Особенности использования ионнообменного метода в технологии чистых веществ и реактивов. Получение особо чистой воды.</p> <p><b>2.6. Мембранные методы очистки и разделения жидких и газовых сред</b> Мембранные методы очистки и разделения жидких и газовых сред. Классификация мембран и мембранных процессов. Виды мембран, их характеристика. Микрофильтрация, ультрамикрофильтрация и обратный осмос. Области применения. Специфика аппаратного оформления.</p>
--	--	---

### Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Химические методы очистки неорганических веществ	ПЗ	Номенклатура реактивов и особо чистых веществ Оценка коэффициента разделения в газофазных методах очистки Оценка предельных возможностей гидролитического метода очистки
2.	Физико-химические методы очистки неорганических веществ	ПЗ	Основы составления материального баланса Кристаллизация из растворов Технологические расчеты в процессах экстракции Технологические расчеты в мембранных процессах

### Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Химические методы очистки неорганических веществ	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
2.	Физико-химические методы очистки неорганических веществ	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.	Химические методы очистки неорганических веществ	Контрольная работа
2.	Физико-химические методы очистки неорганических веществ	Контрольная работа

#### 3.1.1. Типовые контрольные задания

##### Контрольная работа

##### Раздел 1.

1. Понятие о чистоте вещества.

2. Химические, физические, эксплуатационные свойства веществ реактивной квалификации. Примеры.
3. Особенности выбора конструкционных материалов в производстве реактивов и особо чистых веществ.
4. Технология галогенидных методов очистки. Достоинства и недостатки.
5. Оценка предельных возможностей химических методов очистки.
6. Факторы, влияющие на процесс гидролитической очистки.

## Раздел 2.

1. Определение идеального коэффициента очистки кристаллов.
2. Понятие изоморфизм. Правило Гольдшмидта.
3. Схема дробной кристаллизации.
4. Дистилляция и ректификация в технологии тонкого неорганического синтеза.
5. Ионнообменный метод очистки. Классификация ионитов.
6. Мембранные методы очистки жидких и газообразных сред.

### 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. Понятие о чистоте вещества.
2. Оценка предельных возможностей химических методов очистки.
3. Понятие изоморфизм. Правило Гольдшмидта.
4. Мембранные методы очистки жидких и газообразных сред.

#### 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"> <li>- требуемый объем и структура</li> <li>- изложение материала без фактических ошибок</li> <li>- логика изложения</li> <li>- использование соответствующей терминологии</li> <li>- стиль речи и культура речи</li> <li>- подбор примеров их научной литературы и практики</li> </ul>
«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"> <li>- выделение и понимание проблемы</li> <li>- умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения</li> <li>- полнота использования источников</li> <li>- наличие авторской позиции</li> <li>- соответствие ответа поставленному вопросу</li> <li>- использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных</li> <li>- логичность изложения</li> <li>- умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач</li> <li>- умение привести пример</li> <li>- опора на теоретические положения</li> <li>- владение соответствующей терминологией</li> </ul>
«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. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 1 : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент ; под редакцией Ю. А. Комиссарова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 216 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09099-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515341>.
2. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 2 : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент ; под редакцией Ю. А. Комиссарова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 227 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09101-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515481>.
3. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 3 : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент ; под редакцией Ю. А. Комиссарова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09102-1. — Текст :

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515482>.

4. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 4 : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент ; под редакцией Ю. А. Комиссарова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09103-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515900>.
5. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 5 : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент ; под редакцией Ю. А. Комиссарова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 208 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09104-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515901>.
6. 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.
7. 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.
8. 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.