

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

**«УТВЕРЖДЕНО»
на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Комплексная переработка минерального сырья»**

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология неорганических веществ,
сорбентов и катализаторов для их производства»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена д.х.н., профессором кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов М.Б. Алехиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов « 05 » июня 2024 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Комплексная переработка минерального сырья»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии неорганических веществ.

Цель дисциплины – расширение и углубление знаний и практических навыков при подготовке магистров в химико-технологическом ВУЗе в области химической технологии переработки минерального сырья.

Задачи дисциплины – ознакомление с промышленными ресурсосберегающими технологиями, номенклатурой и свойствами промышленных экстрагентов, развитие способностей к анализу и совершенствованию технологических процессов на примерах типовых процессов и методов расчета экстракционных установок, а также формирование у обучающихся системных знаний в области ресурсосберегающих технологий.

Дисциплина **«Комплексная переработка минерального сырья»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-4.1 Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. (уровень квалификации – 6)
			ПК-4.2 Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ	
		ПК-5 Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и	ПК-5.1 Знает проблемы теории и технологии инновационных процессов производства неорганических химических веществ, технологические возможности, характеристики и особенности эксплуатации оборудования для их производства, критерии оценки технологичности и повышения эффективности	

		оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	процессов производства неорганических химических веществ	
			ПК-5.3 Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологического процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- физико-химические свойства редкоземельных элементов и их основных соединений,
- основные виды редкоземельного сырья,
- способы извлечения РЗЭ из полупродуктов переработки апатита азотнокислотным и сернокислотным методами,
- основные методы разделения природной смеси РЗЭ на индивидуальные элементы.

Уметь:

- подобрать экстрагенты и адсорбенты (ионообменники) для конкретных процессов разделения и очистки,
- составить и рассчитать материальные потоки процесса, исходя из заданных условий;
- составить принципиальную технологическую схему,
- провести технологический расчет экстракционного каскада;

Владеть:

- методами получения и обработки экспериментальных данных,
- навыками работы с лабораторными установками,
- методами расчета экстракционных процессов,
- сведениями об особенностях технологий и оборудования.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,89	68	51
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	1,42	51	38,25
Самостоятельная работа	2,11	76	57
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,11	76	57
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

		Академ. часов			
№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Физико-химические основы процессов извлечения и разделения РЗЭ	72	13	28	31
2.	Раздел 2. Технология и расчет процессов извлечения и разделения РЗЭ	72	4	23	45
	ИТОГО	144	17	51	76
	Экзамен	36			
	ИТОГО	180	17	51	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Физико-химические основы процессов извлечения и разделения РЗЭ

Краткая история развития ресурсосберегающих технологий в технологии неорганических веществ. Физические и химические свойства РЗЭ и их соединений. Структура атомов. Физико-химические свойства металлов и их ионов. Основные химические соединения и их свойства. Оксиды. Гидроксиды. Нитраты. Галогениды. Карбонаты. Оксалаты. Комплексные соединения. Ионы лантаноидов в водных растворах. Степени окисления ионов РЗЭ. Соединения с аномальной степенью окисления,

Основные виды редкоземельного сырья. Бастнезит. Лопарит. Монацит. Ксенотим. Апатит. Распространенность в природе. Содержание РЗЭ в рудах и концентратах.

Раздел 2. Технология и расчет процессов извлечения и разделения РЗЭ

Извлечение РЗЭ при переработке апатита. Распределение РЗЭ в полупродуктах переработки апатитового концентрата азотнокислотным методом. Распределение РЗЭ в полупродуктах переработки апатитового концентрата сернокислотным методом. Технологические схемы выделения РЗЭ при переработке апатитового концентрата азотнокислотным и сернокислотным методами.

Разделение природной смеси РЗЭ на индивидуальные элементы и получение чистых индивидуальных соединений. Окислительно-восстановительные методы разделения. Выделение церия. Выделение европия. Разделение смеси РЗЭ ионообменным методом. Разделение смеси РЗЭ жидкостной экстракцией. Полные схемы разделения и очистки РЗЭ. Аппаратурное оформление экстракционных процессов. Методы расчета экстракционных каскадов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
	Знать:			
1	– теоретические основы получения неорганических продуктов с помощью ресурсосберегающих технологий;	+	+	
2	– характеристики промышленных экстрагентов; механизмы реакций экстракции металлов;	+	+	
3	– основные типы и конструкции аппаратов для проведения экстракционных процессов; – технологию и общие принципы осуществления экстракционных процессов; – аспекты применения экстракционных технологий в производстве неорганических веществ	+	+	
	Уметь:			
4	– использовать методы исследования и определения технологических параметров экстракционных процессов;	+	+	
5	– анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции;	+	+	
6	– проводить эксперименты по заданным методикам; – анализировать результаты экспериментов.	+	+	
	Владеть:			
7	– методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;	+	+	
8	– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;	+	+	
9	– методами построения и оптимизации технологических схем.	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
10	ПК-4 Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования неорганических	ПК-4.1 Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним	+	+

11	химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-4.2 Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ	+	+
12	ПК-5 Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-5.1 Знает проблемы теории и технологии инновационных процессов производства неорганических химических веществ, технологические возможности, характеристики и особенности эксплуатации оборудования для их производства, критерии оценки технологичности и повышения эффективности	+	+
13 14		ПК-5.3 Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологического процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. - Расчет максимально возможной емкости нейтрального фосфорорганического экстрагента по извлекаемому металлу.	7
2	1	Практическое занятие 2. Расчет изотермы экстракции азотной кислоты нейтральными кислородсодержащими экстрагентами.	7
3	1	Практическое занятие 3. Расчет коэффициента концентрирования металлов в последовательных операциях экстракции-реэкстракции при использовании карбоновых кислот.	7
4	1	Практическое занятие 4. Обсуждение технологических схем выделения РЗЭ при переработке апатитового концентрата азотнокислотным и сернокислотным методами.	7
5	2	Практическое занятие 5. Расчет количества ступеней в экстракционном противочном каскаде для разделения смежных РЗЭ на основе факторов разделения и заданной чистоты получаемых продуктов.	6
6	2	Практическое занятие 6. Расчет требуемой емкости экстракционных аппаратов на основе данных о содержании металлов в равновесных фазах	6
7	2	Практическое занятие 7. Расчет требуемой емкости экстракционных аппаратов на основе данных о скорости расслаивания эмульсии и заданной производительности.	6
8	2	Практическое занятие 8. Расчет операций реэкстракции при проведении процессов в периодическом и непрерывном режимах.	5

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Комплексная переработка минерального сырья» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *экзамена*.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *Экзамен* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Вопросы для промежуточного контроля освоения дисциплины

8.1.1 Примеры вопросов к контрольной работе по разделу 1

1. Физические и химические свойства РЗЭ. Чем обусловлена близость свойств РЗЭ?
2. Основные химические соединения и их свойства. Оксиды. Гидроксиды. Нитраты. Галогениды. Карбонаты. Оксалаты.
3. Комплексные соединения.
4. Ионы лантаноидов в водных растворах.
5. Изменения констант равновесия с зависимости от порядкового номера лантаноида. Тетрадный эффект.
6. Степени окисления ионов РЗЭ. Соединения с аномальной степенью окисления,
7. Основные виды редкоземельного сырья. Бастнезит. Лопарит. Монацит. Ксенотим. Апатит. Распространенность в природе.
8. Устойчивость валентных состояний РЗЭ.
9. Требования к уровню чистоты РЗЭ, применяемых в электронике, оптике, атомной технике и др. отраслях.
10. Основные виды экстрагентов, применяемых в технологии разделения РЗЭ.

8.1.2 Примеры вопросов к контрольной работе по разделу 2

1. Содержание РЗЭ в рудах и концентратах.
2. Распределение РЗЭ в полупродуктах переработки апатитового концентрата азотнокислотным методом.
3. Распределение РЗЭ в полупродуктах переработки апатитового концентрата сернокислотным методом.
4. Проблема переработки фосфогипса с попутным извлечением РЗЭ.
5. Технологические схемы выделения РЗЭ при переработке апатитового концентрата азотнокислотным методом.
6. Технологические схемы выделения РЗЭ при переработке апатитового концентрата сернокислотным методами.
7. Разделение природной смеси РЗЭ на индивидуальные элементы и получение чистых индивидуальных соединений.
8. Окислительно-восстановительные методы разделения. Выделение церия. Выделение европия.

9. Особенности технологии выделения иттрия из природной смеси РЗЭ.
10. Полные схемы разделения и очистки РЗЭ.
11. Аппаратурное оформление экстракционных процессов.
12. Экстракторы типа смеситель-отстойник.
13. Центробежные экстракторы.
14. Термическое оборудование для получения оксидов РЗЭ из оксалатов и карбонатов.
15. Методы глубокой доочистки оксидов РЗЭ от примесей хромофорных металлов.

По каждой контрольной работе максимальная оценка 30 баллов.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен)

Билеты к экзамену формируются на основе вопросов к контрольным работам по разделам 1 и 2 (п. 8.1).

8.3. Структура и примеры экзаменационных билетов

Учебной программой дисциплины «Комплексная переработка минерального сырья» предусмотрен экзамен.

Пример билетов:

<i>«Утверждаю»</i> <i>И.о.зав. кафедрой ТНВ и</i> <i>ЭП</i> <i>Лемешев Д.О..</i> «__» _____ 2022	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа «Технология неорганических веществ, сорбентов и катализаторов для их производства» Дисциплина «Комплексная переработка минерального сырья»
Билет № 1 1. Физические и химические свойства РЗЭ. Чем обусловлена близость свойств РЗЭ? 2. Основные виды экстрагентов, применяемых в технологии разделения РЗЭ. 3. Распределение РЗЭ в полупродуктах переработки апатитового концентрата серноокислотным методом.	

Максимальная оценка за ответ – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Михайличенко А.И., Михлин Е.Б., Патрикеев Ю.Е. Редкоземельные металлы. — М.: Металлургия, 1987. — 282с.

2. Ягодин Г.А., Синегрибова О.А., Чекмарев А.М. Технология редких металлов в атомной технике. — М.: Высшая школа, 1974. — 344 с.

Б. Дополнительная литература

1. Химия и технология редких и рассеянных элементов. Т. 1—3 /Под ред. К.А. Большакова. — М.: Высшая школа, 1976. — 368; 359; 320 с.
2. Коршунов Б.Г., Резник А.М., Семенов С.А. Скандий. — М.: Металлургия, 1987. — 184 с.
3. Соединения редкоземельных элементов. Карбонаты, оксалаты, нитраты, титанаты /Комиссарова Л.Н., Шацкий В.М., Пушкина Г.Я. и др. — М.: Наука, 1984. — 235 с.
4. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. — М.: Металлургия, 1993. — 400 с.
5. Меретуков М.А. Процессы жидкостной экстракции в цветной металлургии. — М.: Металлургия, 1985. — 222 с.
6. Основы жидкостной экстракции / Под ред. Ягодина Г.А. М: Химия, 1981, - 400 с.
7. Берестовой А.М. Жидкостная экстракция (инженерные методы расчета) // А.М. Берестовой, И.Н. Белоглазов, Д.: Химия, 1982 - 208 с.
8. Костромина Н.А. Комплексоны редкоземельных элементов. — М.: Наука, 1970. — 220 с.
9. Редкоземельные элементы. Технология и применение: Пер. с англ. /Под ред. Ф. Виллани. — М.: Металлургия, 1985. — 375 с.
10. Бандуркин Г.А., Джурицкий Б.Ф., Тананаев И.В. Особенности кристаллохимии соединений редкоземельных элементов. — М.: Наука. 1984. — 230 с.
11. Иониты в химической технологии / Под ред. Никольского Б.Т., Романова Г. Д.: Химия 1982. - 416 с.
12. Портной К.Й., Тимофеев Н.И. Кислородные соединения редкоземельных элементов: Справочник. — М.: Металлургия, 1986. — 480 с.
13. Белоглазов И.Н. Твердофазные экстракторы. Инженерные методы расчета. Д.: Химия 1985. - 240 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал физической химии ISSN: 0044-4537
- Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN: 0040-3571
- Журнал «Химическая технология» ISSN: 1684-5811
- Журнал «Кинетика и катализ» ISSN: 0453-8811
- Журнал «Физикохимия поверхности и защита материалов» ISSN 0044-1856
- Журнал прикладной химии ISSN 0044-4618
- Journal of materials science ISSN: 0022-2461
- Journal of Colloid and Interface Science ISSN: 0021-9797
- Журнал «Microporous and Mesoporous Materials» ISSN: 1387-1811

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

Заказ литературы, русскоязычные издания

- <http://www.galvanicrus.ru>
- <http://www.galvanicworld.com>
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета.

Поиск книг и журналов

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 320);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 41);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 30).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 г. составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Комплексная переработка минерального сырья*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копируемые аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

	• Power Point		обновлённую версию продукта)	
4.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)
5.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	бессрочная	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Комплексная переработка минерального сырья»

18.04.01 Химическая технология

«Основная образовательная программа высшего образования – программа магистратуры
«Технология неорганических веществ, сорбентов и катализаторов для их производства»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»
на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа
2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод»**

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология неорганических веществ,
сорбентов и катализаторов для их производства»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена к.т.н., доцентом кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов А.В. Колесниковым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов «05» июня 2024 г., протокол №9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии.

Цель дисциплины – расширение и углубление знаний и практических навыков при подготовке магистров в химико-технологическом ВУЗе в области химической технологии водоподготовки и очистки сточных вод.

Задачи дисциплины – освоение научных основ и методов водоподготовки для различных процессов, очистки обезвреживания сточных вод промышленных предприятий принципов подбора условий и материалов, составления технологических схем.

Дисциплина **«Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники в определенные сроки, а также комплекса работ по разработке конструкторской и технологической документации на опытные образцы изделий, изготовлению и испытаниям опытных образцов изделий, выполняемых по	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4. Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства.	ПК-4.1. Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, с изменениями на 12 декабря 2016 года, рег. № 32 Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-
		ПК-5. Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических	ПК-5.1. Знает проблемы теории и технологии инновационных процессов производства неорганических химических веществ, технологические возможности, характеристики и особенности эксплуатации оборудования для их производства, критерии оценки технологичности и повышения эффективности	

заявке заказчика (техническому заданию)		процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	процессов производства неорганических химических веществ	исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 6) С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации (уровень квалификации – 6) D. Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7).
			ПК-5.2. Умеет разрабатывать технологические режимы и выбирать аппаратное оформление для реализации типовых и инновационных процессов получения неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства.	
			ПК-5.3. Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологического процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ.	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- состав сточных вод промышленных предприятий, методы их очистки;
- механизмы реакций и общие кинетические закономерности процессов очистки сточных вод;
- методы анализа загрязняющих веществ в водной фазе.

Уметь:

- применять современные технологии для решения вопросов водоочистки;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;
- предложить условия проведения процесса водоподготовки и водоочистки.

Владеть:

- знаниями и принципами современной очистки сточных вод, методами анализа загрязняющих веществ и продуктов в жидкой фазе;
- современными методами оценки качества воды;
- методиками анализа токсичных компонентов в сточных водах.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,89	68	51
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	1,42	51	38,25
Самостоятельная работа	2,11	76	57
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,11	76	57
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

		Академ. часов			
№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
	Введение	3	1	-	1
1.	Раздел 1	56	4	17	25
2.	Раздел 2	63	6	17	25
3.	Раздел 3	58	6	17	25
	ИТОГО	144	17	51	76
	Экзамен	36			
	ИТОГО	180			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Экологические проблемы производств. Источники загрязнения окружающей среды. Классификация сточных вод и загрязняющих примесей.

Раздел 1. Нормирование качества воды. Показатели качества воды: органолептические, общие и суммарные показатели. Минеральный состав воды. Методы определения показателей качества воды. Требования к качеству воды: питьевой, для промышленных производств.

Классификация методов очистки сточных вод. Способы водоподготовки.

Механические методы очистки сточных вод. Усреднение сточных вод. Выделение нерастворимых примесей под действием гравитационных сил, под действием центробежных сил. Удаление всплывающих примесей. Фильтрационные методы.

Мембранные методы очистки сточных вод (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос). Технические характеристики и классификация мембран. Мембранные аппараты для очистки сточных вод.

Раздел 2. Физико-химические методы очистки воды. Коагуляция, флокуляция. Флотация. Оборудование для обработки сточных вод. Адсорбционные методы (статический и динамический режимы). Адсорбционные установки, оборудование для ионного обмена.

Ректификационные методы (простая, азеотропная ректификация, эвапорация).

Экстракция. Классификация экстракционных реагентов. Свойства экстрагентов. Методы экстрагирования (перекрестноточные и противоточные).

Кристаллизация из водных растворов. Кристаллизаторы.

Раздел 3. Химические методы очистки воды. Нейтрализация (взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод; нейтрализация реагентами, дымовыми газами, через нейтрализующие материалы). Окислительные методы (окисление хлором, пероксидом водорода, кислородом, озонирование). Восстановительные методы. Осадительные методы.

Электрохимические методы: электрохимическое окисление и восстановление, электрокоагуляция, электродиализ, электрофлотация.

Биохимические методы очистки сточных вод. Сущность процесса биохимической очистки. Активный ил, биопленка. Влияние факторов на скорость биохимического окисления.

Аэробные методы очистки в естественных условиях (поля фильтрации, биологические пруды. Аэробные методы очистки в искусственных сооружениях. Классификация аэротенков, конструкционные решения. Биологические фильтры, их классификация.

Анаэробные методы. Септитенк, метантенк.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
	Знать:			
1	- состав сточных вод промышленных предприятий, методы их очистки,	+	+	
2	- механизмы реакций и общие кинетические закономерности процессов очистки сточных вод;		+	
3	- методы анализа загрязняющих веществ в водной фазе.	+	+	
	Уметь:			
4	- применять современные технологии для решения вопросов водоочистки;	+	+	
5	- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;	+	+	
6	- предложить условия проведения процесса водоподготовки и водоочистки.		+	
	Владеть:			
7	- знаниями и принципами современной очистки сточных вод, методами анализа загрязняющих веществ и продуктов в жидкой фазе;		+	
8	- современными методами оценки качества воды;	+		
9	- методиками анализа токсичных компонентов в сточных водах.	+		
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
10	ПК-4. Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования	ПК-4.1. Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним.	+	+

11	неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства.	ПК-4.2. Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ.	+	+
12	ПК-5. Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-5.1. Знает проблемы теории и технологии инновационных процессов производства неорганических химических веществ, технологические возможности, характеристики и особенности эксплуатации оборудования для их производства, критерии оценки технологичности и повышения эффективности процессов производства неорганических химических веществ	+	+
13		ПК-5.2. Умеет разрабатывать технологические режимы и выбирать аппаратное оформление для реализации типовых и инновационных процессов получения неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства.		+
14		ПК-5.3. Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологического процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. Расчет показателей качества сточных вод.	11
2	1	Практическое занятие 2. Механические методы очистки: отстаивание, фильтрование через зернистые загрузки (насыпные фильтры периодического действия, фильтры с плавающей загрузкой, фильтры непрерывного действия).	8
3	2	Практическое занятие 3. Физико-химические методы очистки воды.	8
4	2	Практическое занятие 4. Химические методы очистки сточных вод. Процессы окисления. Осадительные методы.	8
5	2	Практическое занятие 5. Электролиз. Электрофлотация. Электрокоагуляция.	8
6	3	Практическое занятие 6. Аэробные и анаэробные биохимические методы очистки.	8

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод*» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *экзамена*.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме **Экзамен** (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 60 баллов, по 20 баллов за каждую работу.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 20 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Большая часть отходов на производстве приходится на _____ отходы (по агрегатному состоянию).

Жидкие

Твердые

Газообразные

2. Вода, бывшая в употреблении, а также вода, прошедшая какую-либо загрязненную территорию называется _____

Сточная вода

Отстаиваемая вода

Талая вода

Водопроводная вода

3. Загрязняющие воду вещества по физическому состоянию бывают:

Нерастворимые

Бактериальные

Растворимые

Промышленные

Вопрос 1.2.

1. К минеральным загрязняющим веществам относится:

Глина

Остатки злаков

Клеевые вещества

Фитопланктон

2. Какое значение pH должны иметь сточные воды, выпускаемые в канализационную сеть?

не более 6,5

около 7,0

не менее 9,0

3. Какую температуру должны иметь сточные воды, выпускаемые в канализационную сеть?

не более 20

не более 30

не более 40

Вопрос 1.3.

1. Какими ионами обуславливается электропроводность воды?

Na⁺, K⁺, Cl⁻

H₂PO₄⁻; HCO₃⁻; Al³⁺

K⁺; NH₄⁺; S²⁻

Al³⁺; Cl⁻; HSO₃⁻

2. Наиболее точный метод определения мутности воды:

Метод с использованием трубки

Метод с использованием диска Секки

Метод определения рассеивания излучения

3. Наиболее точный метод определения цветности воды:

Метод определения путем визуального изучения пробы воды в сосуде

Метод определения цвета с помощью оптических приборов

Визуальный метод

Вопрос 1.4.

1. Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод:

патогенных микроорганизмов

растворенных минеральных примесей

нерастворенных минеральных и органических примесей

растворенных органических примесей

2. Как называется поток раствора, проходящий через мембрану в мембранной установке?

Концентрат

Элюат

Пермеат

Экстракт

3. Песколовки с вращательным движением воды подразделяются на:

Аэрируемые и тангенциальные

Круговые и аэрируемые

Тангенциальные и прямолинейные

Прямолинейные и вертикальные

Вопрос 1.5.

1. Разделения в процессе нанофильтрации происходит за счет:

Ситового механизма и диффузии

Ситового механизма

Диффузии

Адсорбции

2. Фильтрацию можно интенсифицировать

понижением температуры суспензии

увеличением толщины слоя осадка

рациональным подбором способа регенерации фильтровальной перегородки

повышением удельного сопротивления осадка

3. Одно из преимуществ фильтра непрерывного действия.

высокая производительность

низкая стоимость
простота конструкции
компактность оборудования

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 20 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Методом коагуляции можно удалить из сточной воды

Грубодисперсные частицы

Микроорганизмы

Ионы тяжелых металлов

Радионуклиды урана, стронция

2. В качестве коагулянтов используют

Соли железа

Смесь солей железа и алюминия

Известь

Полиакрилонитрил

Крахмал

3. В качестве флокулянтов анионной природы используют

Смесь солей железа и алюминия

Полиакрилат натрия

Альгинат натрия

Полиакрилонитрил

Крахмал

Вопрос 2.2.

1. Чем больше краевой угол смачивания частиц загрязнения, тем ...

более гидрофобна поверхность частиц и они легко флотируются

более гидрофильна поверхность частиц и они легко флотируются

более гидрофильна поверхность частиц и они плохо флотируются

более гидрофобна поверхность частиц и они плохо флотируются

2. К флотации с выделением воздуха из воды относится

Напорная флотация

Эрлифтная флотация

Импеллерная флотация

Электрофлотация

3. К флотации с механическим диспергированием воздуха относится

Вакуумная флотация

Ионная флотация

Импеллерная флотация

Электрофлотация

4. К флотации с механическим диспергированием воздуха относится

Напорная флотация

Ионная флотация

Безнапорная флотация
Пенная сепарация

Вопрос 2.3.

1.Способ разделения и очистки легко кипящих жидкостей путем многократного их нагрева до кипения и конденсации

Ректификация

Окисление

Сокристаллизация

Электродиализ

2.Процесс поглощения одного вещества поверхностью сорбента

Абсорбция

Адсорбция

Экстракция

Десорбция

3.Микропористые адсорбенты содержат поры размером

0-2 нм

2-50 нм

0-10 нм

0,05-0,2 мкм

Вопрос 2.4.

1.Для нейтрализации сточных вод, содержащих минеральные кислоты, используют

Аммиачную воду

Отработанные щелочные растворы производства

5–10%-ый раствор серной кислоты

3-7%-ый раствор азотной кислоты

2.Для интенсификации процесса осаждения тяжелых металлов в сточные воды добавляют

Хлорид алюминия

Бензол

Сульфат железа

Полипропиленгликоль

3.При применении окислительных методов используют такие окислители, как

Озон

Хлор

Перманганат калия

Пирилизит

Вопрос 2.5.

1. Носители для катализатора, применяемые в передовых технологиях окислительной обработки воды, ...

Увеличивают площадь поверхности катализатора

Увеличивают площадь спекания

Повышают гидрофильность

Позволяют управлять сроком службы катализатора

2.В технологической схеме очистки от шестивалентных ионов хрома необходимо присутствие
Усреднителей
Центрифуг
Ректификатора
Иловой площадки

3.В качестве реагентов восстановителей наибольшее распространение получили
Натриевые соли сернистой кислоты
Отходы железного лома
Натриевые соли серной кислоты
Соли магния

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 20 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

Вопрос 3.1.

1.К электрохимическим методам превращения относится
Электрофлотация
Электроокисление
Электрохимическое обеззараживание

2.В качестве катодов в процессе электролиза используется
ОРТА
Магнетит
Легированная сталь

3.Для катодного осаждения металла необходимо обеспечить условие:
Создать максимальную поверхность катода
Не перемешивать раствор
Создать минимальную поверхность катода

Вопрос 3.2.

1.К преимуществам электрокоагуляции относят
Компактность установки
Простота эксплуатации
Малые затраты электроэнергии

2.Процесс переноса ионов через мембрану под действием приложенного к ней электрического поля
Электродиализ
Электрокоагуляция
Электрофлотация

3.Сущность этого метода заключается в пропускании постоянного электрического тока через сточную жидкость и образовании при этом мелкодисперсных пузырьков газа, равномерно распределяющихся в объеме обрабатываемой жидкости
Электродиализ
Электрокоагуляция
Электрофлотация

Вопрос 3.3.

1. В процессе электродиализа под действием электрического тока анионы двигаются
По направлению к катоду и проходят через катионообменные мембраны
По направлению к аноду и проходят через катионообменные мембраны
По направлению к катоду и проходят через анионообменные мембраны
По направлению к аноду и проходят через анионообменные мембраны

2. В кислой среде на аноде происходит разряд молекул воды с образованием
Пузырьков кислорода
Ионов гидроксония
Пузырьков водорода
Гидроксид-ионов

3. В процессе электрофлотации нагревание раствора до 50°C приводит к
Уменьшению вязкости жидкости
Увеличению поверхностного натяжения
Повышается эффективность процесса
Увеличению вязкости жидкости

Вопрос 3.4.

1. Ферменты – это ...
Энзимы
Катализаторы, ускоряющие биохимические реакции
Антибиотики
Ингибиторы, тормозящие биохимические реакции
2. В искусственных очистных сооружениях микроорганизмы могут находиться
В свободном состоянии
В прикрепленном состоянии в виде биопленки
В псевдооживленном состоянии
В прикрепленном состоянии в виде активного ила

3. Сооружения для биологической очистки сточных вод, в которых сточные воды проходят через фильтрующий материал, покрытый активной биологической пленкой
Биофильтры
Ионообменные смолы
Нанофильтры

Вопрос 3.5.

1. Выделяют следующие типы биофильтров с плоскостной загрузкой:
С жесткой блочной загрузкой
С рулонной загрузкой
С средней загрузкой
С щебневой загрузкой

2. К преимуществам биофильтров по сравнению с другими биологическими методами очистки сточных вод относят
Длительное использование в течение 30-50 лет
Простота контроля содержания кислорода
В сравнении с аэротенками более производительны

Требуют меньших площадей производства

3.К преимуществам биофильтров по сравнению с другими биологическими методами очистки сточных вод относят

Возможность удаления из системы лишнего азота посредством нитрификации

Подходят для очистки больших объемов воды

В сравнении с аэротенками более производительны

Требуют меньших площадей производства

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Экологические проблемы производства. Классификация источников образования сточных вод.
2. Характеристика атмосферных, хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. Типы загрязняющих веществ.
3. Основные неорганические загрязнения: ионы металлов, соли.
4. Основные органические загрязнения.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих компонентов, рыбохозяйственного и культурно-бытового назначения.
6. Показатели качества воды (минерализация, электропроводность, температура).
7. Показатели качества воды (взвешенные вещества, водородный показатель, окислительно-восстановительный потенциал).
8. Органолептические показатели качества воды (запах, мутность, цветность).
9. Показатели качества воды (кислотность, щелочность, растворенный кислород, жесткость).
10. Показатели качества воды (перманганатная и бихроматная окисляемость, биохимическое потребление кислорода).
11. Классификация (обзор) методов очистки сточных вод.
12. Механическая очистка сточных вод. Песколовки. Усреднение сточных вод.
13. Механическая очистка сточных вод (отстаивание). Принцип действия. Типы отстойников.
14. Механическая очистка сточных вод (фильтрация). Принцип фильтрования и методы интенсификации процесса. Типы фильтровальных перегородок.
15. Механическая очистка сточных вод (фильтрация). Принцип фильтрования. Фильтры периодического действия.
16. Механическая очистка сточных вод (фильтрация). Принцип фильтрования. Фильтры непрерывного действия.
17. Мембранные методы (микрофильтрация, ультрафильтрация). Требования к мембранам. Основные показатели мембранных процессов.
18. Мембранные методы (нанофильтрация). Требования к мембранам. Основные показатели мембранных процессов.
19. Мембранные аппараты по способу подачи очищаемого раствора. Конструкции мембранных аппаратов.
20. Мембранные методы (обратный осмос). Стандартные режимы работы мембран.
21. Физико-химические методы очистки воды (преимущества и недостатки). Коагуляция, флокуляция.
22. Классификация флотационных методов очистки сточных вод. Флотация с выделением воздуха из воды.

23. Флотация с механическим диспергированием воздуха. Флотация с подачей воздуха через пористые материалы.
24. Пенная сепарация. Ионная флотация.
25. Ректификация.
26. Сорбционные методы очистки сточных вод. Сорбенты и их очистка.
27. Установки сорбционных методов очистки сточных вод.
28. Ионный обмен. Основные требования к ионитам. Обменная емкость ионитов.
29. Экстракция. Схемы экстракционных установок.
30. Химические методы очистки воды. Способы нейтрализации кислых и щелочных сточных вод.
31. Химические методы очистки воды. Окисление хлорсодержащими реагентами. Окисление пиролюзитом.
32. Химические методы очистки воды. Окисление пероксидом водорода, кислородом воздуха.
33. Озонирование. Аппараты для озонирования.
34. Химические методы очистки воды (восстановление соединений ртути, хрома, мышьяка).
35. Химические методы очистки воды (осаждение труднорастворимых соединений).
36. Электрохимические методы очистки сточных вод. Классификация. Анодные и катодные материалы.
37. Электрохимическое окисление. Очистка цианосодержащих сточных вод.
38. Электрохимическое восстановление. Схема очистки промывной воды, содержащей ионы металлов.
39. Электрокоагуляционная очистка сточных вод.
40. Электрохимический метод обессоливания (электродиализ).
41. Основные принципы электрофлотационного метода.
42. Классификация биологических методов очистки сточных вод. Характеристика активного ила и биопленки.
43. Закономерности распада органических веществ. Нитрификация и денитрификация.
44. Аэробные методы очистки сточных вод в естественных условиях. Поля орошения. Биологические пруды.
45. Аэробные методы очистки сточных вод в искусственных условиях. Классификация аэротенков.
46. Аэробные методы очистки сточных вод в искусственных условиях. Классификация биофильтров.
47. Анаэробные методы очистки сточных вод. Метатенки.
48. Методы подготовки осадков сточных вод к обезвоживанию, утилизации и захоронению.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (3 семестр).

Экзамен по дисциплине «*Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод*» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины. Билет для *экзамена* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *экзамена*:

«Утверждаю» Зав.кафедрой ТНВиЭП _____ «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа «Технология неорганических веществ, сорбентов и катализаторов для их производства»
	Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод
Билет № 1 1. Показатели качества воды (кислотность, щелочность, растворенный кислород, жесткость). 2. Мембранные методы (обратный осмос). Стандартные режимы работы мембран.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Стоянова А.Д. Физико-химические основы технологии обезвреживания жидких техногенных отходов: учеб.пособие /А.Д. Стоянова, Т.В. Конькова. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. – 296 с.
2. Конькова, Т. В. Основы технологии катализаторов гетерогенных процессов: учебное пособие / Т. В. Конькова. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. - 120 с.
3. Федоров, С. В. Методы прогнозирования качества воды : учебное пособие / С. В. Федоров, А. В. Кудрявцев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 96 с.
4. Ветошкин, А. Г. Инженерная защита водной среды : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 416 с.
5. Ветошкин, А. Г. Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 512 с.
6. Широков, Ю. А. Экологическая безопасность на предприятии : учебное пособие для вузов / Ю. А. Широков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 360 с.
7. Основы природопользования и энергоресурсосбережения : учебное пособие / В. В. Денисов, И. А. Денисова, Т. И. Дрововозова, А. П. Москаленко ; под редакцией В. В. Денисова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 408 с.

Б. Дополнительная литература

1. Гвоздев, В. Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков [Текст] / В. Д. Гвоздев, Б. С. Ксенофонов. - М. : Химия, 1988. - 112 с.
2. Адсорбция органических веществ из воды [Текст] / А. М. Когановский [и др.]. - Л. : Химия, 1990. - 256 с.

3. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду [Текст] : учебное пособие / Н. П. Тарасова [и др.]. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 230 с.

4. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий / В. А. Колесников [и др.] ; ред. В. А. Колесников. - М. : Химия, 2007.

5. Родионов А. И. Технологические процессы экологической безопасности (основы энвайронменталистики): учебник для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. - 4-е изд., перераб. и доп. - Калуга : Изд-во Н.Бочкаревой, 2007. - 799 с.

6. Милютин, В. В. Современные методы очистки техногенных сточных вод от токсичных примесей : учебное пособие / В. В. Милютин, М. Б. Алехина, Б. Е. Рябчиков. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - 131 с.

7. Зайцев, В. А. Промышленная экология. Экологические проблемы основных производств : учебное пособие / В. А. Зайцев, Н. А. Крылова. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. - 175 с

8. Сотникова, Е. В. Теоретические основы процессов защиты среды обитания : учебное пособие / Е. В. Сотникова, В. П. Дмитренко, В. С. Сотников. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 576 с.

9. Кривошеин, Д. А. Основы экологической безопасности производств : учебное пособие / Д. А. Кривошеин, В. П. Дмитренко, Н. В. Федотова. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 336 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

1. Катализ в промышленности.
2. Кинетика и катализ.
3. Журнал физической химии.
4. Журнал прикладной химии.
5. Журнал неорганической химии.
6. Неорганические материалы.
7. Химическая промышленность сегодня.
8. Водоочистка.
9. Теоретические основы химической технологии

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://www.superhimik.com/forum.htm> - Золотые купола химии
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета.

Поиск книг и журналов

- www.sciyo.com - Welcome to Sciyo! Read, download & share more than 273 FREE SCIENTIFIC BOOKS
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета

- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 540);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 180);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 48).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01. 2024г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
4.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	бессрочная	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<i>Знает:</i> – состав сточных вод промышленных предприятий, методы их очистки, – методы анализа загрязняющих веществ в водной фазе. <i>Умеет:</i> – применять современные технологии для решения вопросов водоочистки; – анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции. <i>Владеет:</i> – современными методами оценки качества воды; – методиками анализа токсичных компонентов в сточных водах.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за <i>экзамен</i>
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - состав сточных вод промышленных предприятий; - методы очистки сточных вод; - методы анализа загрязняющих веществ в водной фазе. <i>Умеет:</i> - применять современные технологии для решения вопросов водоочистки; - анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции; - предложить условия проведения процесса. <i>Владеет:</i> - знаниями и принципами современной очистки сточных вод, методами анализа загрязняющих веществ и продуктов в жидкой фазе;	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за <i>экзамен</i>
Раздел 3.	<i>Знает:</i> - состав сточных вод промышленных предприятий, методы их очистки, - механизмы реакций и общие кинетические закономерности процессов очистки сточных вод; - методы анализа загрязняющих веществ в водной фазе.	Оценка за контрольную работу №3 Оценка за <i>экзамен</i>

	<i>Умеет:</i> - применять современные технологии для решения вопросов водоочистки; - анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции; - предложить условия проведения процесса водоподготовки и водоочистки. <i>Владеет:</i> - знаниями и принципами современной очистки сточных вод, методами анализа загрязняющих веществ и продуктов в жидкой фазе; - современными методами оценки качества воды; - методиками анализа токсичных компонентов в сточных водах.	
--	---	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Основы процессов водоподготовки и очистки сточных вод»

18.04.01 Химическая технология

«Основная образовательная программа высшего образования – программа магистратуры
«Технология неорганических веществ, сорбентов и катализаторов для их производства»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология неорганических веществ,
сорбентов и катализаторов для их производства»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена д.х.н., профессором, профессором кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов М.Б. Алехиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

(Наименование кафедры)

« 5 » июня 2024 г., протокол № 9 .

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии»** относится к вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии по профилю «Технология неорганических веществ».

Цель дисциплины – состоит в приобретении магистрантами знаний, умений, владений и формировании компетенций в области теории и практики промышленных адсорбционных процессов и использование их результатов в профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся системных знаний в области адсорбционных технологий по очистке, разделению газов и получению продуктов на промышленных предприятиях высокотехнологичных секторов экономики, а также по очистке сточных вод сорбционными методами и технологии адсорбентов и ионообменных материалов.

Дисциплина **«Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии»** преподается в 1-ом семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов** **их** **достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, с изменениями на 12 декабря 2016 года, рег. № 32 Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-
		ПК-4. Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических	ПК-4.1. Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним	

		процессов в области получения и использования неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-4.2. Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ	конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
		ПК-5. Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-5.1. Знает проблемы теории и технологии инновационных процессов производства неорганических химических веществ, технологические возможности, характеристики и особенности эксплуатации оборудования для их производства, критерии оценки технологичности и повышения эффективности процессов производства неорганических химических веществ ПК-5.2. Умеет разрабатывать технологические режимы и выбирать аппаратное оформление для реализации типовых и инновационных процессов получения неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- научные основы промышленных адсорбционных процессов;
- базовые технологии адсорбционной очистки газов и жидкостей и разделения газовых смесей;
- базовые технологии обезвреживания газовых выбросов адсорбционным методом;
- основное оборудование и применяемые адсорбенты для решения поставленных задач в области адсорбционных технологий;
- теоретические основы проектирования, выбор адсорбентов и оборудования для очистки газов и жидкостей и разделения газовых смесей адсорбционным методом;

Уметь:

- применять современные технологии и оборудование для решения вопросов очистки газов и жидких сред и разделения газовых смесей адсорбционным методом;
- применять современные технологии и оборудование для обеспечения экологической безопасности;
- выполнять расчеты материального и энергетического балансов адсорбционных установок;
- подбирать современное основное оборудование и комплекты вспомогательного оборудования для комплектования адсорбционных установок для очистки и разделения газов;
- использовать опыт зарубежных фирм по разработке и эксплуатации адсорбционных установок;

Владеть:

- современными методами оценки характеристик применяемых адсорбентов, процессов и аппаратов для решения вопросов очистки и разделения газов;
- современными методами оценки чистоты газов, степени очистки газовых потоков; базами данных по подбору оборудования.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч	Астр. ч
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,43	51,4	38,6
Лекции	0,94	34	25,4
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,7
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа	3,57	128,6	96,4
Контактная самостоятельная работа (<i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i>)	<i>разр</i>	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (<i>или другие виды самостоятельной работы</i>)		<i>разр</i>	<i>разр</i>
Вид контроля:			
Экзамен (если предусмотрен УП)	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену.		-	-
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Краткая история развития адсорбционных технологий	2	-		-	-	-	-	-	-
1.1	Краткая история развития рынка адсорбентов, становления и развития теоретических основ и промышленная реализация адсорбционных процессов и технологий	1	-	1	-	-	-	-	-	-
1.2	Роль кафедры технологии неорганических веществ МХТИ-РХТУ им. Д.И. Менделеева в развитии адсорбционных процессов	1	-	1	-	-	-	-	-	-
2.	Раздел 2. Физико-химические основы адсорбционных процессов	90	-	17	-	9	-	-	-	64
2.1	Основные понятия в теории адсорбции.	10	-	2	-	-	-	-	-	8

2.2	Краткий обзор промышленных адсорбентов (активные угли, цеолиты, силикагели, оксид алюминия и алюмогели, полимерные сорбенты): синтез, свойства, применение. Новые виды адсорбентов: углеродные молекулярные сита, мезопористые молекулярные сита, металлоорганические каркасные структуры. .	20	-	4	-	-	-	-	-	16
2.3	Адсорбционное равновесие. Расчет величин адсорбции с использованием современных теоретических подходов.	13	-.	1	-	2	-	-	-	10
2.4.	Адсорбция смесей.	14		2		2	-	-	-	10
2.5.	Массо- и теплообмен в адсорбционных процессах. Фронтальная динамика конвективного теплообмена в неподвижном зернистом слое. Динамика фронтальной адиабатической адсорбции. Динамика фронтальной адиабатической десорбции (нагревание адсорбента путем контакта с горячим газовым потоком). Фронтальная динамика адсорбции газовых смесей.	33		8	-	5	-	-	-	20
3.	Раздел 3. Технология и расчет адсорбционных процессов	88	-	15	-	8	-	-	.-	65

3.1	Краткий обзор методов регенерации адсорбентов и классификация процессов по методам регенерации. Циклические процессы с регенерацией адсорбента путем ввода в слой горячего газового потока.	8		2	-	-	-	-	-	6
3.2	Циклические процессы с регенерацией адсорбента теплоносителем – водяным паром. Рекуперация углеводородов. Особенности технологии и аппаратуры процессов. Принципы проектирования установок. Альтернативные процессы рекуперации углеводородов	18	-	2	-	2	-	-	-	14
3.3	Циклические процессы с косвенным вводом тепла (с регенерацией адсорбента без контакта с теплоносителем). Достоинства и недостатки адсорбционных процессов, в которых ввод (отвод) тепла осуществляют за счет теплопроводности.	14		2		2	-	-		10

3.4	Короткоцикловые процессы с безнагревной регенерацией адсорбента (КЦА). Особенности кинетики и динамики процессов КЦА. Основные технологические и аппаратные особенности процессов. Получение чистого водорода. Очистка газов от диоксида углерода. Получение защитных атмосфер. Концентрирование диоксида углерода для карбонизации рассолов в содовом производстве	26		5		2				19
3.5	Адсорбционная очистка от соединений серы. Очистка технологических газов от сероводорода, органических соединений серы, диоксида серы. Достоинства и недостатки методов.	22		4		2				16
	ИТОГО	180		34		17				129

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Краткая история развития адсорбционных технологий

- 1.1. Краткая история развития рынка адсорбентов, становления и развития теоретических основ и промышленная реализация адсорбционных процессов и технологий.
- 1.2. Роль кафедры технологии неорганических веществ МХТИ-РХТУ им. Д.И. Менделеева в развитии адсорбционных процессов.

Раздел 2. Физико-химические основы адсорбционных процессов

- 2.1. Основные понятия в теории адсорбции.
- 2.2. Краткий обзор промышленных адсорбентов (активные угли, цеолиты, силикагели, оксид алюминия и алюмогели, полимерные сорбенты): синтез, свойства, применение. Новые виды адсорбентов: углеродные молекулярные сита, мезопористые молекулярные сита, металлорганические каркасные структуры.
- 2.3. Адсорбционное равновесие. Расчет величин адсорбции с использованием современных теоретических подходов.
- 2.4. Адсорбция смесей.
- 2.5. Массо- и теплообмен в адсорбционных процессах. Фронтальная динамика конвективного теплообмена в неподвижном зернистом слое. Динамика фронтальной адиабатической адсорбции. Динамика фронтальной адиабатической десорбции (нагревание адсорбента путем контакта с горячим газовым потоком). Фронтальная динамика адсорбции газовых смесей.

Раздел 3. Технология и расчет адсорбционных процессов

- 3.1. Краткий обзор методов регенерации адсорбентов и классификация процессов по методам регенерации. Циклические процессы с регенерацией адсорбента путем ввода в слой горячего газового потока.
- 3.2. Циклические процессы с регенерацией адсорбента путем ввода в слой теплоносителя – водяного пара. Рекуперация углеводородов. Особенности технологии и аппаратуры процессов. Принципы проектирования установок. Альтернативные процессы рекуперации углеводородов.
- 3.3. Циклические процессы с косвенным вводом тепла (с регенерацией адсорбента без контакта с теплоносителем). Достоинства и недостатки адсорбционных процессов, в которых ввод (отвод) тепла осуществляют за счет теплопроводности.
- 3.4. Короткоцикловые процессы с безнагревной регенерацией адсорбента (КЦА). Особенности кинетики и динамики процессов КЦА. Основные технологические и аппаратурные особенности процессов. Получение чистого водорода. Основные технологические и аппаратурные особенности процесса. Очистка газов от диоксида углерода. Получение защитных атмосфер. Концентрирование диоксида углерода для карбонизации рассолов в содовом производстве.
- 3.5. Адсорбционная очистка от соединений серы. Очистка технологических газов от сероводорода, органических соединений серы, диоксида серы. Технологические схемы, типы применяемых адсорберов. Достоинства и недостатки методов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать: (перечень из п.2)			
1	– научные основы промышленных адсорбционных процессов;	1	2	3
2	– базовые технологии адсорбционной очистки газов и жидкостей и разделения газовых смесей; – основное оборудование и применяемые адсорбенты для решения поставленных задач в области адсорбционных технологий; – теоретические основы проектирования, выбор адсорбентов и оборудования для очистки газов и жидкостей и разделения газовых смесей адсорбционным методом;	1	2	3
	Уметь: (перечень из п.2)			
3	– применять современные технологии и оборудование для решения вопросов очистки газов и жидких сред и разделения газовых смесей адсорбционным методом; – применять современные технологии и оборудование для обеспечения экологической безопасности;	-	2	3
4	– выполнять расчеты материального и энергетического балансов адсорбционных установок; – подбирать современное основное оборудование и комплекты вспомогательного оборудования для комплектования адсорбционных установок для очистки и разделения газов; – использовать опыт зарубежных фирм по разработке и эксплуатации адсорбционных установок;	-	2	3
	Владеть: (перечень из п.2)			
5	– современными методами оценки характеристик применяемых адсорбентов, процессов и аппаратов для решения вопросов очистки и разделения газов;	-	2	3
6	– современными методами оценки чистоты газов, степени очистки газовых потоков; базами данных по подбору оборудования.	-	2	3

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>(какие)</u> компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)						
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)	1	2	3	
11	– ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1 Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов		2	3	
12	– ПК-4. Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-4.1. Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним ПК-4.2. Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ	1	2	3	

13	– ПК-5. Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	ПК-5.1. Знает проблемы теории и технологии инновационных процессов производства неорганических химических веществ, технологические возможности, характеристики и особенности эксплуатации оборудования для их производства, критерии оценки технологичности и повышения эффективности процессов производства неорганических химических веществ ПК-5.2. Умеет разрабатывать технологические режимы и выбирать аппаратное оформление для реализации типовых и инновационных процессов получения неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства	1	2	3	
----	---	---	---	---	---	--

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2	Расчет параметров пористой структуры адсорбентов и величины адсорбции по уравнениям теории объемного заполнения микропор.	2
2	2	Расчет адсорбции бинарной смеси паров.	2
3	2	Определение продолжительности работы зернистого слоя в условиях применимости моделей динамики адсорбции: - фронтальной изотермической равновесной и неравновесной моделей адсорбции; - фронтальной динамики теплообмена; - фронтальной адиабатической динамики адсорбции; - фронтальной адиабатической динамики десорбции.	3
4	2	Определение продолжительности работы зернистого слоя в условиях применимости модели фронтальной динамики адсорбции газовых смесей	2
5	3	Технологический расчет установки рекуперации углеводородов;	2
6	3	Расчет установки очистки природного газа от сернистых соединений с регенерацией адсорбента с косвенным вводом тепла	2
7	3	Расчет процесса получения защитной атмосферы, построение циклограммы, обсуждение схем процесса и особенностей кинетики и динамики.	2
8	3	Расчет установки очистки природного газа от сернистых соединений. Подбор адсорбента, расчет равновесной емкости сероводорода при адсорбции из смеси газов, выбор метода регенерации, обсуждение технологической схемы, расчет размеров адсорбера.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии*» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета (1-ый семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по разделам 2 и 3). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 30 баллов за каждую работу.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 1 вопрос и 1 задачу, по 15 баллов за вопрос и 15 баллов за задачу.

1. Равновесная адсорбция смесей. Коэффициент разделения, его зависимость от температуры, давления, свойств адсорбента.
2. Специфика адсорбции слабо сорбирующихся газов. Изотермы избыточной адсорбции. Взаимосвязь полной и избыточной адсорбции.
3. Выходные кривые и кривые распределения температур и концентраций для адиабатической адсорбции.
4. Соотношения между концентрационным и температурным фронтами в динамике адиабатической адсорбции.
5. Типы ионитов. Классификация по ионогенным группам. Применение.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

1. Классификация адсорбционных процессов по методам регенерации адсорбента
2. Основные стадии циклических процессов, проводимых с применением тепла для регенерации адсорбентов.
3. Старение и дезактивация адсорбентов.

4. Назначение и область применения процессов термовытеснительного типа.
5. Ограничения на концентрацию рекуперлируемого растворителя. Чем они вызваны, как обеспечивается необходимый состав газа?
6. Узел подготовки газа в углепаровой рекуперационной установке.
7. Блок переработки конденсата в углеадсорбционных рекуперационных установках.
8. Конструкции адсорберов, применяемых в процессах рекуперации летучих растворителей.
9. Срок службы адсорбента в установках углепаровой рекуперации растворителей. Причины дезактивации адсорбента.
10. Области применения циклических процессов с нагревом и охлаждением слоя за счет теплопроводности.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины – зачет с оценкой.

Для дисциплин, изучаемых в течение одного семестра и завершающихся итоговым контролем в форме зачета с оценкой или экзамена:

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по разделам 2 и 3 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса: 1 вопрос – 10 баллов, 2 вопрос – 10 баллов, 3 вопрос – 10 баллов.

1. Равновесная адсорбция смесей. Коэффициент разделения, его зависимость от температуры, давления, свойств адсорбента.
2. Уравнения Льюиса и Бентона-Маркгема для адсорбции смесей.
3. Условия применимости уравнений Льюиса и Бентона-Маркгема для адсорбции смесей.
4. Специфика адсорбции слабо сорбирующихся газов. Изотермы избыточной адсорбции. Взаимосвязь полной и избыточной адсорбции.
5. Фронтальная динамика нагрева и охлаждения зернистого слоя. Кривые распределения, выходные кривые. Скорость движения центра тяжести тепловой волны.
6. Фронтальная динамика адиабатической адсорбции.
7. Выходные кривые и кривые распределения температур и концентраций для адиабатической адсорбции.
8. Соотношения между концентрационным и температурным фронтами в динамике адиабатической адсорбции.
9. Разогрев в динамике адиабатической адсорбции.
10. Выходные кривые и кривые распределения температур и концентраций для адиабатической десорбции.
11. Фронтальная изотермическая динамика адсорбции смесей.
12. Цеолиты, их адсорбционные свойства и применение в адсорбционных процессах.
13. Мезоструктурированные силикаты и оксид алюминия. Перспективы применения.
14. Металлоорганические каркасные структуры (MOFs), строение, свойства, перспективы применения.
15. Типы ионитов. Классификация по ионогенным группам. Применение.
16. Ионный обмен.

17. Классификация адсорбционных процессов по методам регенерации адсорбента
18. Основные стадии циклических процессов, проводимых с применением тепла для регенерации адсорбентов.
19. Старение и дезактивация адсорбентов.
20. Назначение и область применения процессов термо-вытеснительного типа.
21. Ограничения на концентрацию рекупируемого растворителя. Чем они вызваны, как обеспечивается необходимый состав газа?
22. Узел подготовки газа в углепаровой рекуперационной установке.
23. Блок переработки конденсата в углеадсорбционных рекуперационных установках.
24. Конструкции адсорберов, применяемых в процессах рекуперации летучих растворителей.
25. Срок службы адсорбента в установках углепаровой рекуперации растворителей. Причины дезактивации адсорбента.
26. Области применения циклических процессов с нагревом и охлаждением слоя за счет теплопроводности.
27. Схема очистки воздуха с регенерацией адсорбента подводом тепла через стенку. Прокомментируйте работу установки.
28. Основные принципы осуществимости короткоцикловых адсорбционных процессов (КЦА).
29. На примере циклограммы и схемы изложите основной принцип работы установок КЦА для выделения чистого водорода.
30. Концентрирование диоксида углерода в установках VSA для карбонизации аммонизированных рассолов (см. раздаточный материал).
31. Трехадсорберная схема КЦА получения защитных атмосфер.
32. Очистка газов от диоксида серы. Пользуясь раздаточным материалом, опишите технологическую схему очистки топочных газов по методу «Бергбай-Форшунг»
33. Достоинства и ограничения применения адсорбционных методов в процессах очистки газов от соединений серы.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «*Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии*» проводится в 1-ом семестре и включает контрольные вопросы по разделам 2 и 3 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачета с оценкой:

«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В. «__» _____ 2023	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа «Технология неорганических веществ, сорбентов и катализаторов для их производства» Дисциплина «Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии»
Билет № 1 1. Равновесная адсорбция смесей. Коэффициент разделения, его зависимость от температуры, давления, свойств адсорбента. 2. Соотношения между концентрационным и температурным фронтами в динамике адиабатической адсорбции. 3. Достоинства и ограничения применения адсорбционных методов в процессах очистки газов от соединений серы.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Шумяцкий Ю.И. Промышленные адсорбционные процессы. М.: КолосС, 2009. 183 с.
2. Алехина М.Б. Промышленные адсорбенты: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 112 с.
3. Алёхина М.Б., Конькова Т.В., Либерман Е.Ю., Кошкин А.Г. Экспериментальные методы исследования адсорбции. Лабораторные работы: учеб. пособие / М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 88 с.
4. Адсорбционные воздухоразделительные установки для получения газообразного и жидкого азота: учеб. пособие / Ю.В. Никифоров, А.А. Казакова, М. Б. Алёхина - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 88 с.
5. Современные методы очистки техногенных сточных вод от токсичных примесей: учеб. пособие / В.В. Милютин, М.Б. Алехина. Б.Е. Рябчиков, – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 132 с.
6. Никифоров Ю.В., Казакова А.А., Алехина М.Б. Диффузия и адсорбция газов и паров в инженерных задачах. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 166 с.
7. Алехина М.Б., Исаева В.И. Металлорганические каркасные структуры для очистки и разделения газовых сред. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. – 76 с.

Б. Дополнительная литература

1. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.
2. Фенелонов В. Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 414 с.
3. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Л.: Химия. 1979. - 176 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал физической химии ISSN: 0044-4537
- Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Adsorption» ISSN: 0929-5607
- Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN: 0040-3571
- Журнал «Химическая технология» ISSN: 1684-5811
- Журнал «Кинетика и катализ» ISSN: 0453-8811
- Журнал «Физикохимия поверхности и защита материалов» ISSN 0044-1856
- Журнал прикладной химии ISSN 0044-4618
- Журнал «Сорбционные и хроматографические процессы» ISSN: 1680-0613
- Journal of materials science ISSN: 0022-2461
- Journal of Colloid and Interface Science ISSN: 0021-9797
- Журнал «Microporous and Mesoporous Materials» ISSN: 1387-1811

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. – <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 г. составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии*» проводятся в очной форме и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная лаборатория для проведения лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса. Презентации лекционного материала. Электронные диски с учебными фильмами.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе:	Контракт № 28-35ЭА/2020 от	12 месяцев (ежегодное продление подписки с	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

	• Word • Excel • Power Point	26.05.2020	правом перехода на обновлённую версию продукта)	
4.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)
5.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	бессрочная	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Краткая история развития адсорбционных технологий	<i>Знает:</i> – научные основы промышленных адсорбционных процессов ... – ... <i>Умеет:</i> – применять современные технологии и оборудование для решения вопросов очистки газов и жидких сред и разделения газовых смесей адсорбционным методом ... – ... <i>Владеет:</i> – современными методами оценки характеристик применяемых адсорбентов, процессов и аппаратов для решения вопросов очистки и	-

	разделения газов;	
Раздел 2. Физико-химические основы адсорбционных процессов	<i>Знает:</i> – научные основы промышленных адсорбционных процессов ... – основное оборудование и применяемые адсорбенты для решения поставленных задач в области адсорбционных технологий <i>Умеет:</i> – применять современные технологии и оборудование для решения вопросов очистки газов и жидких сред и разделения газовых смесей адсорбционным методом ... – применять современные технологии и оборудование для обеспечения экологической безопасности – выполнять расчеты материального и энергетического балансов адсорбционных установок ... <i>Владеет:</i> – современными методами оценки характеристик применяемых адсорбентов, процессов и аппаратов для решения вопросов очистки и разделения газов; – современными методами оценки чистоты газов, степени очистки газовых потоков; – базами данных по подбору оборудования	Оценка за контрольную работу №1
Раздел 3. Технология и расчет адсорбционных процессов	<i>Знает:</i> – базовые технологии адсорбционной очистки газов и жидкостей и разделения газовых смесей ... – базовые технологии обезвреживания газовых выбросов адсорбционным методом ... <i>Умеет:</i> – применять современные технологии и оборудование для решения вопросов	Оценка за контрольную работу № 2 Оценка за зачет

	очистки газов и жидких сред и разделения газовых смесей адсорбционным методом – применять современные технологии и оборудование для обеспечения экологической безопасности ... – использовать опыт зарубежных фирм по разработке и эксплуатации адсорбционных установок ... <i>Владеет:</i> – современными методами оценки характеристик применяемых адсорбентов, процессов и аппаратов для решения вопросов очистки и разделения газов; – современными методами оценки чистоты газов, степени очистки газовых потоков; – базами данных по подбору оборудования ...	
--	--	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Промышленные адсорбционные процессы в неорганической технологии»
основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

«Основная образовательная программа высшего образования – программа магистратуры
«Технология неорганических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Инструментальные методы исследования в химической технологии»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология неорганических веществ и
сорбентов и катализаторов для их производства»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена к.х.н., доцентом кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов А. Н. Морозовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

«05» июня 2024 г., протокол №9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Инструментальные методы исследования в химической технологии»** относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химии, физики, а также инженерных наук, полученную в рамках предшествующих дисциплин обучения по программе бакалавриата.

Цель дисциплины – приобретение обучающимися определенного объема знаний и необходимых навыков, достаточных для самостоятельного выбора инструментальных методов анализа природного сырья, техногенных отходов и продуктов их переработки, а также компетенций, необходимых технологам в зависимости от круга решаемых исследовательских задач.

Задачи дисциплины – теоретическое изучение основ инструментальных методов исследований, основные методологические и методические приемы, необходимые для успешного применения этих методов, а также приобретение практических навыков обработки данных, полученных на современном лабораторном оборудовании.

Дисциплина **«Инструментальные методы исследования в химической технологии»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Научные исследования и разработки	ОПК-1. Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок.	ОПК-1.4. Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач; ОПК-1.5 Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования; ОПК-1.6 Владеет методами научного исследования;

Профессиональная методология	ОПК-2. Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты для решения производственных и научных задач	ОПК-2.1. Знает теорию физико-химических методов анализа ОПК-2.2. Знает принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа ОПК-2.3. Знает методы целенаправленного сбора и анализа научной литературы ОПК-2.4. Умеет применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач ОПК-2.5. Умеет анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по заданной теме ОПК-2.6. Владеет идеологией и системой выбора инструментальных методов химического анализа, а также оценкой возможностей каждого метода ОПК-2.7. Владеет метрологическими основами инструментальных методов анализа ОПК-2.8. Владеет способами обработки полученных результатов и анализа их с учетом имеющихся литературных данных
------------------------------	---	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы методов инструментального анализа сырья и продуктов в технологии неорганических веществ;
- процессы формирования аналитического сигнала в различных методах анализа;
- основы физических теорий взаимодействия электромагнитного поля, излучения, потока частиц с молекулой;
- основы важнейших физических методов исследования в химии;
- основные принципы измерений на стандартных приборах;
- основы метрологии инструментальных методов анализа сырья и продуктов неорганической химии в соответствии с рекомендациями ИЮПАК.

Уметь:

- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.

Владеть:

- методологией, широко используемых инструментальных методов в современной аналитической практике в неорганической технологии;
- системой выбора инструментального метода качественного и количественного химического анализа;
- оценкой возможностей инструментального метода анализа;
- основными способами метрологической обработки результатов количественного химического анализа.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,90	68,4	51,3
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,5	18	13,5
Лабораторные работы (ЛР)	0,95	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,95	34	25,5
Самостоятельная работа	2,10	75,6	56,7
Контактная самостоятельная работа	2,10	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
Вид контроля:	Зачет с оценкой		
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Спектроскопические и хроматографические методы исследования	85	18	10	-	10	-	18	18	47
1.1	Электронная спектроскопия	17	4	2	-	2	-	4	4	9
1.2	Атомная спектроскопия	13	-	2	-	2	-	-	-	9
1.3	Колебательная спектроскопия	13	-	2	-	2	-	-	-	9
1.4	Спектроскопические методы определения размера частиц	17	4	2	-	1	-	4	4	10
1.5	Хроматографический анализ	25	10	2	-	3	-	10	10	10
2.	Раздел 2. Электронная микроскопия и дифракционные методы исследования	59	16	6	-	8	-	16	16	29
2.1	Сканирующая и зондовая электронные микроскопии	17	4	2	-	2	-	4	4	9
2.2	Просвечивающая электронная микроскопия	11	-	1	-	2	-	-	-	8
2.3	Рентгенофлуоресцентный анализ	10	4	1	-	1	-	4	4	4
2.4	Дифракция электронов и рентгеновского излучения	21	8	2	-	3	-	8	8	8
	ИТОГО	144	34	16	-	18	-	34	34	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Спектроскопические и хроматографические методы исследования

1.1. Электронная спектроскопия

Введение в спектроскопию. Спектр электромагнитного излучения. Классификация оптических методов анализа: абсорбционные и эмиссионные методы. Закон поглощения света Бугера-Ламберта-Бера, причины отклонения от закона. Электронная спектроскопия (ультрафиолетовая и видимая области). Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей. Классификация и энергия электронных переходов. Применение электронных спектров поглощения в количественном анализе.

1.2. Атомная спектроскопия

Физико-химические основы атомно-адсорбционной, атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Устройство спектрометров в атомной спектроскопии. Количественные методы анализа, используемые в спектрометрии.

1.3. Колебательная спектроскопия

Методы колебательной спектроскопии. Общая характеристика методов. Основные типы колебаний. Квантово-механический подход к описанию колебательных спектров. Инфракрасная спектроскопия (ИК). Применение методов ИК спектроскопии для идентификации неорганических веществ, структурно-группового, молекулярного и количественного анализов. Типичные области частот колебаний функциональных групп отдельных классов неорганических и органических соединений. Аппаратура для ИК спектроскопии, приготовление образцов. Теоретические основы комбинационной спектроскопии (КР). Сравнение методов ИК и КР спектроскопии.

1.4. Спектроскопические методы определения размера частиц

Основные спектрометрические методы определения размера частиц. Характеристики дисперсных материалов. Физико-химические основы нефелометрии и турбидиметрии. Измерение размера частиц методом динамического рассеивания света (ДРС). Теоретические основы метода. Автокорреляционная функция. Формула Эйнштейна-Стокса. Типы распределения частиц по размерам: количественное (MN), объемное (MV) и массовое (MM). Выбор между MN и MV при анализе результатов по определению размеров частиц. Оптические схемы ДРС для измерения размеров частиц в непрозрачных жидкостях. Основные характеристики метода ДРС. Аппаратура.

1.5. Хроматографический анализ

Общая характеристика хроматографических методов анализа и их классификация. Основные параметры хроматограммы. Теория теоретических тарелок; кинетическая теория, уравнение Ван-Деемтера. Качественный и количественный хроматографический анализ. Высокоэффективная жидкостная хроматография: устройство хроматографа, основные типы детекторов. Ионная хроматография. Эксклюзионная хроматография. Тонкослойная хроматография. Принципы осуществления и области применения. Газовая хроматография в технологии неорганических веществ. Схема газового хроматографа. Основные типы детекторов: катарометр, пламенно-ионизационный, электрозахватный, масс-спектральный; их сравнительные характеристики.

Раздел 2. Электронная микроскопия и дифракционные методы исследования

2.1. Сканирующая и зондовая электронные микроскопии

Теоретические основы электронной микроскопии. Взаимодействия электронов с веществом. Рассеяние электронов. Основные классы электронных микроскопов (сканирующий, просвечивающий и зондовый) и принципы их работы. Сканирующая (растровая) электронная микроскопия (СЭМ). Принципы работы СЭМ. Методы получения увеличенного изображения. Приставки для сканирующего электронного микроскопа. Низковакуумная сканирующая электронная микроскопия. Интерпретация изображений. Детекторы сигналов, их характеристики и влияние на формирование

контрастов. Выбор типа сигналов. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ). Атомно-силовой и туннельный электронный микроскоп. Теоретические основы получения изображений в СЗМ. Особенности пробоподготовки неорганических объектов в электронной микроскопии.

2.2. Просвечивающая электронная микроскопия

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Устройство просвечивающих электронных микроскопов: источник электронов, электромагнитные линзы, вакуумная система, держатель образцов. Виды катодов: термоэлектронная эмиссия и автоэлектронная эмиссия. Упругое и неупругое рассеивание электронов. Светлопольное и темнопольное изображение. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.

2.3. Рентгенофлуоресцентный анализ

Рентгеновская флуоресценция, обозначение рентгеновских линий. Аппаратура, используемая в РФЛА. Энергодисперсионные и волнодисперсионные спектрометры. Детекторы рентгеновского излучения. Способы рентгенофлуоресцентного анализа. Качественный анализ, сигнатурный анализ. Количественный анализ, способы учета матричного эффекта, внутренний и внешний стандарт. Поэлементное картирование поверхности. Области использования и преимущества РФЛА в технологии неорганических веществ.

2.4. Дифракция электронов и рентгеновского излучения

Фазовый и структурный анализ. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Уравнение Вульфа-Брэгга. Принципы и возможности порошкового метода, расчет дифрактограмм. Определение сингонии, параметров решетки. Определение размера кристаллитов. Формула Шеррера. Влияние размеров частиц на рентгеновскую дифракцию в них. Дифракция электронов. Методы компьютерного расчета электронограмм. Построение профильных кривых радиального распределения интенсивности упругого рассеивания электронов и их обработка.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	Знать:				
1	– теоретические основы инструментальных методов анализа сырья и продуктов в технологии неорганических веществ;	+	+	+	
2	– процессы формирования аналитического сигнала в различных методах анализа;	+	+	+	
3	– основы физических теорий взаимодействия электромагнитного поля, излучения, потока частиц с молекулой;	+	+	+	
4	– основы важнейших физических методов исследования в химии;	+	+	+	
5	– основные принципы измерений в стандартных приборах;	+	+	+	
6	– основы метрологии инструментальных методов анализа сырья и продуктов неорганической химии в соответствии с рекомендациями ИЮПАК.	+	+	+	
	Уметь:				
7	– применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.	+	+	+	
	Владеть:				
8	– методологией, широко используемых инструментальных методов в современной аналитической практике в неорганической технологии;	+	+	+	
9	– системой выбора инструментального метода качественного и количественного химического анализа;	+	+	+	
10	– оценкой возможностей инструментальных методов анализа;	+	+	+	
11	– основными способами метрологической обработки результатов количественного химического анализа.	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие (какие) компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
12	– ОПК-1. Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных	– ОПК-1.4. Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач;	+	+	+
		– ОПК-1.5 Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования;	+	+	+

	исследований и технических разработок.	– ОПК-1.6 Владеет методами научного исследования.	+	+	+
13	– ОПК-2. Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты для решения производственных и научных задач	– ОПК-2.1. Знает теорию физико-химических методов анализа	+	+	+
		– ОПК-2.2. Знает принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа	+	+	+
		– ОПК-2.3. Знает методы целенаправленного сбора и анализа научной литературы	+	+	+
		– ОПК-2.4. Умеет применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач	+	+	+
		– ОПК-2.5. Умеет анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по заданной теме	+	+	+
		– ОПК-2.6. Владеет идеологией и системой выбора инструментальных методов химического анализа, а также оценкой возможностей каждого метода	+	+	+
		– ОПК-2.7. Владеет метрологическими основами инструментальных методов анализа	+	+	+
		– ОПК-2.8. Владеет способами обработки полученных результатов и анализа их с учетом имеющихся литературных данных	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Основы спектроскопии. Расчет характеристической длины волны. Терм.	2
		Количественный анализ в молекулярной и атомной спектроскопии. Решение типовых аналитических задач.	2
		Колебательные спектры. Расшифровка ИК и КР-спектров.	2
		Кривые распределения частиц по размерам.	1
		Качественный и количественный анализ в хроматографии.	3
2	2	Обработка данных сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии	4
		Анализ характеристического рентгеновского излучения. Расшифровка рентгенофлуоресцентного спектра и спектров характеристических потерь энергии электронов.	1
		Профильный анализ рентгеновских дифрактограмм. Работа с базами данных дифрактограмм.	3

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Инструментальные методы исследования в химической технологии»*, а также дает знания о методиках определения физико-химических свойств неорганических веществ и требованиях к выполнению методик, обеспечивающих достоверность получаемых результатов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 10 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Спектроскопический контроль содержания неорганических соединений в воде	4
	1	Определение кристаллической структуры диоксида титана по спектрам комбинационного рассеяния	4
	2	Гранулометрический анализ по данным электронной микроскопии	4
	2	Электроннографический анализ кристаллической структуры вещества	4
	2	Расчет размеров кристаллитов по данным	4

		дифракции рентгеновского излучения с помощью уравнения Шеррера	
	1	Определение размера частиц в жидкой среде методом динамического светорассеяния	4
	1	Определение размера частиц методом лазерной дифракции	4
	1	Анализ фенола в воде методом газовой хроматографии	4
	1	Анализ фенола в воде методом высокоэффективной хроматографии	4
	2	Определение анионного состава минеральной воды	4
	2	Определение катионного состава минеральной воды	4
	2	Определение состава фосфатного сырья рентгенофлуоресцентным методом	4
	2	Построение элементных карт распределения компонентов в грануле комплексного удобрения рентгенофлуоресцентным методом	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче контрольных работ по материалу лекционного курса (1 семестр) и лабораторного практикума (1 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов) и лабораторного практикума (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (1 семестр) составляет 10 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Понятие о физических методах исследования. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
2. Электронная спектроскопия (ультрафиолетовая и видимая области). Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей.
3. Закон Бугера-Ламберта-Бера и причины отклонения от него.

Вопрос 1.2.

1. Метод добавок и калибровочных кривых. Правило выбора светофильтра и длины волны.
2. Методы колебательной спектроскопии. Общая характеристика методов. Основные типы колебаний.
3. Валентные и деформационные колебания атомов в молекулах. Проявление различных видов колебаний в инфракрасных спектрах.

Вопрос 1.3.

1. Типичные области частот колебаний функциональных групп отдельных классов неорганических и органических соединений.
2. Расшифровка инфракрасных спектров по корреляционным диаграммам и таблицам характеристических частот. Количественный анализ по ИК-спектрам. Приготовление образцов для записи ИК-спектров.
3. Метод динамического рассеяния света. Автокорреляционная функция. Формула Эйнштейна-Стокса.

Вопрос 1.4.

1. При фотометрировании стандартного раствора вещества ($M=289$ г/моль) с концентрацией $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л получена величина оптической плотности 0,392, толщина кюветы $l=2$ см. Рассчитать величину молярного коэффициента поглощения вещества и определить концентрацию этого вещества в анализируемом растворе, оптическая плотность которого равна 0,568.
2. Рассчитать минимально определяемую массу (мг) железа (III) по реакции сульфосалициловой кислоты в аммиачной среде. Условия определения: кювета с толщиной слоя $l=5$ см, объем окрашенного раствора $V=5$ мл, коэффициент молярного поглощения равен 4000 л/(моль·см); минимальная оптическая плотность, измеряемая прибором, составляет 0,01.
3. Содержание Ti в образце стали определяли по светопоглощению его комплекса с H_2O_2 . Для маскировки железа добавили H_3PO_4 . После растворения 0,25 г стали раствор разбавили до 100 мл. В три колбы вместимостью 50 мл поместили по 25 мл этого раствора и добавили: в первую колбу стандартный раствор, содержащий 0,5 мг Ti, растворы H_2O_2 и H_3PO_4 , во вторую – растворы H_2O_2 и H_3PO_4 , в третью – раствор H_3PO_4 (нулевой раствор). Растворы довели до метки и фотометрировали два первых раствора относительно третьего. Получили оптические плотности: $D_{x+ст} = 0,65$; $D_{ст} = 0,25$.

Вопрос 1.5.

1. При определении кадмия в сточных водах к анализируемому раствору добавляют девятикратный объем органического реагента L с концентрацией 10^{-3} М и измеряют поглощение образующегося комплекса CdL_2^{2+} в кюветах $l = 1$ см при $\lambda = 610$ нм. Поглощение раствора, приготовленного смешением раствора соли кадмия, содержащего 2,81 мкг металла в 1 мл, и раствора реагента, оказалось равным 0,15. Поглощение раствора реагента при $\lambda = 610$ нм равно 0,04. Рассчитайте молярные коэффициенты поглощения комплекса кадмия и органического реагента при указанной длине волны.

2. Для определения железа в воде в мерных колбах вместимостью 50 мл были приготовлены стандартный и исследуемый растворы. Для приготовления стандартного раствора взяли 8 мл раствора железа (III) ($C_{\text{Fe}} = 0,01$ мг/мл), а для приготовления исследуемого — 25 мл исследуемой воды. После добавления соответствующих реактивов оптическую плотность растворов определили на фотоколориметре: $D_{\text{ст}}=0,65$; $D_{\text{x}}= 0,62$. Вычислить концентрацию железа в исследуемом растворе (мг/л).
3. Определение никеля в стали проводили фотометрическим методом с диметилглиоксимом. Навеска стали 0,201 г после растворения переведена в мерную колбу вместимостью 100 мл. Для фотометрирования 5 мл полученного раствора поместили в мерную колбу вместимостью 200 мл. Оптическая плотность этого раствора составляла 0,3. В другую мерную колбу вместимостью 200 мл поместили стандартный раствор, содержащий 0,045 мг никеля, и подготовили для фотометрирования аналогично исследуемому раствору. Оптическая плотность стандартного раствора составляла 0,3. Вычислить массовую долю никеля в исследуемой стали.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Теоретические основы электронной микроскопии.
2. Взаимодействия электронов с веществом. Рассеяние электронов.
3. Основные классы электронных микроскопов (сканирующий, просвечивающий и зондовый) и принципы их работы.

Вопрос 2.2.

1. Дифракция электронов. Виды электронограмм.
2. Упругое и неупругое рассеивание электронов. Светлопольное и темнопольное изображение.
3. Детекторы сигналов в СЭМ, их характеристики и влияние на формирование контрастов. Выбор типа сигналов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой).

Максимальное количество баллов за *зачет с оценкой* (1 семестр)– 40 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачет с оценкой).

Итоговая работа включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса (по 10 баллов за каждый вопрос).

1. Валентные и деформационные колебания атомов в молекулах.
2. Рассчитать минимально определяемую массу (мг) железа (III) по реакции сульфосалициловой кислоты в аммиачной среде. Условия определения: кювета с толщиной слоя $l=5$ см, объем окрашенного раствора $V=5$ мл, коэффициент молярного поглощения равен 4000 л/(моль·см); минимальная оптическая плотность, измеряемая прибором, составляет 0,01.
3. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Устройство просвечивающих электронных микроскопов: источник электронов, электромагнитные линзы, вакуумная система, держатель образцов.

4. К 10 г анализируемой смеси было добавлено вещество-стандарт гексан в количестве 1 г. На хроматограмме полученной смеси были обнаружены пики этанола, изопропанола, н-бутанола, гексана, этилацетата, и метилметакрилата, имеющих площадь 92, 48, 15, 40, 22 и 34 $\mu\text{В}\cdot\text{с}$, соответственно. K_i будет равен 0.85, 1.08, 1.14, 1.15 и 1.21 для этанола, изопропанола, н-бутанола, этилацетата, и метилметакрилата соответственно. Найти концентрацию компонентов (%) в смеси.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (1 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «*Инструментальные методы исследования в химической технологии*» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Всего на зачете можно получить до 40 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» И.о. заведующего кафедрой ТНВ и ЭП Лемешев Д.О. «__» _____ 20__	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа «Технология неорганических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства»
	Инструментальные методы исследования в химической технологии
Билет № 1 1. Валентные и деформационные колебания атомов в молекулах. 2. Рассчитать минимально определяемую массу (мг) железа (III) по реакции сульфосалициловой кислоты в аммиачной среде. Условия определения: кювета с толщиной слоя $l=5$ см, объем окрашенного раствора $V=5$ мл, коэффициент молярного поглощения равен 4000 л/(моль·см); минимальная оптическая плотность, измеряемая прибором, составляет 0,01. 3. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Устройство просвечивающих электронных микроскопов: источник электронов, электромагнитные линзы, вакуумная система, держатель образцов. 4. К 10 г анализируемой смеси было добавлено вещество-стандарт гексан в количестве 1 г. На хроматограмме полученной смеси были обнаружены пики этанола, изопропанола, н-бутанола, гексана, этилацетата, и метилметакрилата, имеющих площадь 92, 48, 15, 40, 22 и 34 $\mu\text{В}\cdot\text{с}$, соответственно. K_i будет равен 0.85, 1.08, 1.14, 1.15 и 1.21 для этанола, изопропанола, н-бутанола, этилацетата, и метилметакрилата соответственно. Найти концентрацию компонентов (%) в смеси.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Брандон. Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учебное пособие: Пер. с англ. / Д. Брандон, У. Каплан; Под ред. С.Л. Баженова. – М.: Техносфера. 2004. – 377 с.
2. Гельперина С.Э. Введение в фармацевтическую нанотехнологию: учеб. Пособие / С.Э. Гельперина, Ю.В. Ермоленко, Т.С. Ковшова, Ю.А. Малиновская, А.Н. Морозов, Н.С. Осипова, А.С. Семенкин, Ю.В. Ульянова, Р.В. Якушин; под ред. А.Г. Мажуги. -М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2021. -232 с.
3. Рид С., Дж. Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии: пер. с англ. / ер. -М.: Техносфера. 2008. - 229 с.
4. Айвазов Б.В. Основы газовой хроматографии: учебное пособие / Б.В. Айвазов. -М.: Высш. шк. 1977. -183 с.
5. Хайвер К. Высокоэффективная газовая хроматография: пер. с англ. / К. Хайвер [и др.]; ред. К. Хайвер. -М.: Мир. 1993. – 289 с.
6. Градус С.Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии / Л.Я. Градус. -М.: Химия. 1979. - 232 с.
7. Конюхов В.Ю. Хроматография: учебник / В.Ю. Конюхов. – СПб.; М.; Краснодар: «Лань». 2012. -222 с.
8. Винарский В.А., Юрченко Р.А., Коваленко А.Е., Кузовлев В.Ю., Гладырев В.В. Масс-спектрометрия и хромато-масс-спектральный анализ: учеб. пособие. - М.: Издательство РХТУ, 2013. - 152 с.
9. Бёккер Ю. Спектроскопия. Москва: Техносфера, 2009. - 528 с.
10. Юртов, Е. В. Серцова А.А. Сканирующая зондовая микроскопия для исследования свойств наноматериалов: учебно-методический комплекс. - М.: Издательство РХТУ, 2010. - 148 с.
11. Гаврилова Н. Н., Назаров В. В., Яровая О. В. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов: учеб. пособие. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 52 с.

Б. Дополнительная литература

1. Демидова Л.А. Электронно-микроскопические исследования энергонасыщенных материалов: учебное пособие / Л.А. Демидова, А.П. Денисюк. -М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2013. -155 с.
2. Горелик С.С. Рентгенографический и электронографический анализ металлов. (Практическое руководство по рентгенографии, электронографии и электронной микроскопии): учеб. Пособие для вузов / С.С. Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю.А. Скаков. – М.: Металлургиздат, 1963. -256 с.
3. Зондовая нанолaborатория «ИНТЕГРА Спектра». Спектроскопия комбинационного рассеяния / сост.: Т.О Липатьева, В.Н. Сигаев. -М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2015. – 30 с.
4. Потапова Е.Н. Микроскопические методы исследования вяжущих материалов: учебное пособие / Е.Н. Потапова, О.П. Баринова; Министерство науки и высшего образования РФ, РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. -168 с.
5. Поливанова А.Г. Высокоэффективная жидкостная хроматография биологически активных веществ: лабораторный практикум: Учебное пособие / А.Г. Поливанова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2013. – 55 с.
6. Баффингтон Р. Детекторы для газовой хроматографии: пер. с нем. / Р. Баффингтон, М. Уилсон. -М.: Мир. 1993. – 79 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Аналитической химии» ISSN 0044-4502
- Журнал «Физическая химия» ISSN 0044-4537
- Журнал «Кристаллография» ISSN 0023-4761

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://e.lanbook.com/> - электронно-библиотечная система Лань
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <https://www.rms.org.uk/> - королевское сообщество по микроскопическим методам исследования
- <https://www.sciencedirect.com> - Книги и журналы издательства Elsevier
- <http://link.springer.com/> - Электронные книги издательства SpringerNature
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 240);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 200).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Инструментальные методы исследования в химической технологии»* проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.
- Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

- Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.
- Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Спектроскопия и спектроскопические методы анализа	<i>Знает:</i> - теоретические основы инструментальных методов анализа сырья и продуктов в технологии неорганических веществ; - процессы формирования аналитического сигнала в различных методах анализа; - основы физических теорий взаимодействия электромагнитного поля, излучения, потока частиц с молекулой; - основы важнейших физических методов исследования в химии; - основные принципы измерений в стандартных приборах; - основы метрологии инструментальных методов анализа сырья и продуктов неорганической химии в соответствии с рекомендациями ИЮПАК. <i>Умеет:</i> - применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач. <i>Владеет:</i> - методологией, широко используемых инструментальных методов в современной аналитической практике в неорганической технологии; - системой выбора инструментального метода качественного и количественного химического анализа; - оценкой возможностей инструментальных методов анализа; - основными способами метрологической обработки результатов количественного химического анализа.	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (1 семестр)

Раздел 2. Методы электронной микроскопии и хроматография	<i>Знает:</i> - теоретические основы инструментальных методов анализа сырья и продуктов в технологии неорганических веществ; - процессы формирования аналитического сигнала в различных методах анализа; - основы физических теорий взаимодействия электромагнитного поля, излучения, потока частиц с молекулой; - основы важнейших физических методов исследования в химии; - основные принципы измерений в стандартных приборах; - основы метрологии инструментальных методов анализа сырья и продуктов неорганической химии в соответствии с рекомендациями ИЮПАК. <i>Умеет:</i> - применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач. <i>Владеет:</i> - методологией, широко используемых инструментальных методов в современной аналитической практике в неорганической технологии; - системой выбора инструментального метода качественного и количественного химического анализа; - оценкой возможностей инструментальных методов анализа; - основными способами метрологической обработки результатов количественного химического анализа.	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (1 семестр)
--	---	--

Раздел 3. Лабораторный практикум	<i>Знает:</i> - теоретические основы инструментальных методов анализа сырья и продуктов в технологии неорганических веществ; - процессы формирования аналитического сигнала в различных методах анализа; - основы физических теорий взаимодействия электромагнитного поля, излучения, потока частиц с молекулой; - основы важнейших физических методов исследования в химии; - основные принципы измерений в стандартных приборах; - основы метрологии инструментальных методов анализа сырья и продуктов неорганической химии в соответствии с рекомендациями ИЮПАК. <i>Умеет:</i> - применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач. <i>Владеет:</i> - методологией, широко используемых инструментальных методов в современной аналитической практике в неорганической технологии; - системой выбора инструментального метода качественного и количественного химического анализа; - оценкой возможностей инструментальных методов анализа; - основными способами метрологической обработки результатов количественного химического анализа.	Оценка за лабораторный практикум (1 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (1 семестр)
--	---	---

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Инструментальные методы исследования в химической технологии»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

«Основная образовательная программа высшего образования – программа магистратуры
«Технология неорганических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология основного неорганического синтеза»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология неорганических веществ,
сорбентов и катализаторов для их производства»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена к.т.н., доцентом кафедры ТНВ и ЭП Н.В. Нефедовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
« 05 » июня 2024 г., протокол № 9 .

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 семестра.

Дисциплина «**Технология основного неорганического синтеза**» относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана (Б1.В.07) и рассчитана на изучение дисциплины во 2-ом семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии по профилю «Технология неорганических веществ».

Цель дисциплины – приобретение магистрантами знаний, умений, владений и формирование компетенций в области технологии основного неорганического синтеза, обучающимися по профилю технологии неорганических веществ в химико-технологических вузах и использование их результатов в профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины :

- формирование у магистрантов представления о структуре сырьевой базы;
- получение продуктов неорганического синтеза;
- основные направления их использования;
- ознакомление с физико-химическими основами и технологиями процессов получения неорганических веществ;
- перспективы развития неорганических технологий.

Дисциплина «**Технология основного неорганического синтеза**» преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного	УК-1.1 Знает методы анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода; УК-1.2 Умеет осуществлять поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации;

	подхода, вырабатывать стратегию действия.	УК-1.3 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке; УК-1.4 Умеет разрабатывать стратегию достижения поставленной цели как последовательности шагов, предвидя результат каждого из них; УК-1.5 Владеет способами решения поставленных задач, оценивания их достоинств и недостатков.
--	---	---

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Научные исследования и разработки	ОПК-1. Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок.	ОПК-1.1 Знает методологические основы научного знания; ОПК-1.2. Знает теоретические и эмпирические методы исследования; ОПК-1.3. Знает методологию диссертационного исследования и подготовки выпускной квалификационной работы; ОПК-1.4. Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач; ОПК-1.5 Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования; ОПК-1.6 Владеет методами научного исследования; ОПК-1.7 Владеет приемами формулирования основных компонентов научного исследования и изложения научного труда (выпускной квалификационной работы).

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК -4 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-4.1. Знает физико-химические основы получения и использования химических веществ и функциональных материалов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6).
			ПК-4.2. Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства и использования химических веществ и функциональных материалов	
			ПК-4.3. Владеет методами получения, исследования и применения химических веществ и функциональных материалов	
		ПК-5	ПК-5.1. Знает исследовательское и технологическое оборудование и правила его эксплуатации	

			ПК-5.2. Умеет подбирать т оптимизировать условия получения и использования химических веществ и функциональных материалов	
--	--	--	---	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- научные основы технологии основного неорганического синтеза;
- теоретические основы получения неорганических веществ;
- механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;
- основные типы и конструкции реакторов для проведения неорганических реакций;
- технологию и общие принципы осуществления химических процессов основного неорганического синтеза;
- различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства неорганического веществ;

уметь:

- формулировать задачи научных исследований на основе теоретического анализа и экспериментальных данных;
- использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;
- анализировать и обобщать опыт отечественных и зарубежных фирм в области основного неорганического синтеза ;
- анализировать результаты экспериментов и выполнять расчеты материального и энергетического балансов;

владеть:

- современными методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;
- современными методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;
- методами математического моделирования технологических процессов и использовать их для проектирования технологических аппаратов по экспериментальным данным;
- методами построения и оптимизации технологических схем;
- методами анализа и техноэкономической оптимизации технологических схем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	51	38,25
Лекции	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)			
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)			

Лабораторные работы (ЛР)			
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)			
Самостоятельная работа	2,58	92,6	69,45
Контактная самостоятельная работа (<i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i>)		0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (<i>или другие виды самостоятельной работы</i>)			
Вид контроля:			
Экзамен (<i>если предусмотрен УП</i>)			
Контактная работа – промежуточная аттестация			
Подготовка к экзамену.			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	Введение. История и истоки технологии основного неорганического синтеза	1		1						
1	Раздел 1. Физико-химические основы современных неорганических технологий и синтез основных неорганических продуктов	70		20		10				40
1.1	Процессы разделения воздуха, природного и коксового газа криогенным методом	23.		6		3				13
1.2	Синтез неорганических веществ на базе газообразного сырья	23		6		3				13
1.3	Тенденции повышения эффективности аммиачных производств. Особенности агрегатов третьего поколения при получении аммиака.	24		8		4				14
2.	Раздел 2. Научные основы перспективных технологий. Решение экологических проблем	39		7		4				28

2.1	Перспективные методы получения технологических газов и классификация основных процессов химической технологии	13		2		1				9
2.2	Основные стратегии модернизации аммиачных производств (радикальная и точечная) с целью повышения технического ранга российских агрегатов в мировой классификации	13		2		1,5				9
2.3	Современные тенденции развития производства серной и азотной кислот в России и за рубежом.	13		3		1,5				10
3.	Раздел 3. Энергосберегающие технологические схемы. Аппаратурное оформление современных технологий .	34		6		3				25
3.1	<u>Эксергетический анализ и его основные элементы</u>	11		2		1				8
3.2	<u>Термодинамика конверсии природного газа углерода водяным паром и кислородом</u>	12		2		1				9
3.3	<u>Термодинамическая эффективность интенсификации процессов ТНВ</u>	11		2		1				8
	ИТОГО	144		34		17				93
	Экзамен (если предусмотрен УП)	УП								
	ИТОГО	144								

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Исторические корни неорганической технологии. Основные продукты технологии основного неорганического синтеза – чистые газы, газовые смеси заданного состава (синтез-газы), продукты на основе синтез-газов. Их значение для экономики и области применения. Сущность промышленного гетерогенного катализа и его роль в создании новых технологий.

Раздел 1. Физико-химические основы современных неорганических технологий и синтез основных неорганических продуктов

1.1. Процессы разделения воздуха, природного и коксового газа криогенным методом с целью получения кислорода, азота, редких газов, водорода и азотоводородной смеси. Синтез неорганических веществ на базе газообразного сырья: азота, кислорода, метана, монооксида углерода, водорода и других газов. Термодинамические основы получения умеренного и глубокого холода. Глубокое охлаждение – самая молодая отрасль холодильной техники.

Физико-химические основы каталитических, адсорбционных, абсорбционных и мембранных методов очистки и разделения газов.

Влияние технологических параметров на эффективность очистки и разделения.

1.2. Неорганические синтезы на основе газового сырья

Тенденции повышения эффективности аммиачных производств. Особенности агрегатов третьего поколения при получении аммиака. Направление технологии катализаторов аммиачного производства.

Общность технологии аммиака и метанола. Физико-химические основы синтеза метанола. Катализаторы синтеза, их свойства и методы получения. Системы синтеза метанола. Получение изобутилового спирта. Процесс производства метанола и спиртов $C_2 - C_4$ на основе природного газа. Окислительный пиролиз метана.

1.3. Модернизация технологии азотной кислоты. Физико-химические основы процессов, применяемых в производстве азотной кислоты. Новые технологические решения для совершенствования производства азотной кислоты.

Технология серной кислоты. Получение серной кислоты методом двойного контактирования и двойной абсорбции (ДК-ДА). Принципы организации технологии и пути интенсификации сернокислотного производства.

Производство карбида и цианамиды кальция, физико-химические основы и технологическое оформление процессов.

Раздел 2. Научные основы перспективных технологий. Решение экологических проблем.

2.1. Перспективные методы получения технологических газов и классификация основных процессов химической технологии. Альтернативные методы разделения воздуха, области использования получаемых газов. Связь развития криогенной технологии с прогрессом новых отраслей промышленности, широкое использование продуктов разделения воздуха, природного газа и различных газовых смесей в химической, металлургической и других отраслях промышленности. Использование температур жидкого водорода (20,4 К) и жидкого гелия (4,2К) в высокотехнологичных отраслях промышленности.

2.2. Основные стратегии модернизации аммиачных производств (радикальная и точечная) с целью повышения технического ранга российских агрегатов в мировой классификации. Разработка концепции нового аммиачного агрегата. Система «Тандем». Разрабатываемые технологии и закладка принципов минимизации вредных выбросов. Принципы экологической толерантности технологических установок.

2.3. Совершенствование производства азотной кислоты: катализаторные сетки для окисления аммиака; двухступенчатая система окисления аммиака; физико-химические основы и сравнительная характеристика очистки выхлопных газов от оксидов азота; гетерогенное окисление молекулярного азота нитрозных газов.

Современные тенденции развития производства серной кислоты в России и за рубежом. Усовершенствованные схемы переработки пирита – разработки НИУИФ, фирмы Monsanto (США). Мокрый катализ ДКДА. Волокнистые фильтры и электрофильтры для снижения вредных выбросов в атмосферу.

Проблемы загрязнения окружающей среды в производстве неорганических веществ и пути их решения.

Раздел 3. Энергосберегающие технологические схемы. Аппаратурное оформление современных технологий .

3.1. Эксергетический анализ и его основные элементы. Степень термодинамического совершенства химико-технологических процессов. Расчет эксергии. Изменение эксергии в химико-технологических процессах. Эксергетический коэффициент полезного действия. Потери эксергии.

3.2 Термодинамика конверсии природного газа углерода водяным паром и кислородом

Равновесие конверсии метана. Термодинамический анализ различных способов конверсии. Конверсия в трубчатых печах и шахтных реакторах. Типы трубчатых печей и шахтных реакторов. Компрессоры, адсорберы и другое оборудование блоков риформинга.

Термодинамические основы синтеза аммиака. Анализ эффективности промышленных схем производства синтетического аммиака. Оптимальный расход сырья и топлива в энерготехнологических схемах. Перспективы развития энерготехнологии в производстве аммиака. Аппаратурное оформление процесса в современных схемах.

3.3. Термодинамическая эффективность интенсификации процессов ТНВ. Методы снижения термодинамической необратимости химико-технологических процессов и экономии энергетических и материальных ресурсов при их проведении.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	▪ научные основы технологии основного неорганического синтеза;	+	+	+
2	▪ теоретические основы получения неорганических веществ;	+	+	+
3	▪ механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;	+	+	
4	▪ основные типы и конструкции реакторов для проведения неорганических реакций;	+	+	
5	▪ технологию и общие принципы осуществления химических процессов основного неорганического синтеза;	+	+	+
	Уметь:			
6	▪ формулировать задачи научных исследований на основе теоретического анализа и экспериментальных данных;	+	+	+
7	▪ использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;	+	+	
8	▪ анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;	+	+	
9	▪ анализировать и обобщать опыт отечественных и зарубежных фирм в области основного неорганического синтеза ;	+	+	+
10	▪ анализировать результаты экспериментов и выполнять расчеты материального и энергетического балансов;	+	+	+
11	▪ формулировать задачи научных исследований на основе теоретического анализа и экспериментальных данных;	+	+	
	Владеть:			
12	▪ современными методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;	+	+	+

13	▪ современными методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;	+	+	+	
14	▪ методами математического моделирования технологических процессов и использовать их для проектирования технологических аппаратов по экспериментальным данным;	+	+	+	
15	▪ методами построения и оптимизации технологических схем;	+	+	+	
16	▪ методами анализа и техноэкономической оптимизации технологических схем.	+	+	+	
17	▪ современными методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения:</i>					
	Код и наименование ПК <i>(перечень из п.2)</i>	Код и наименование индикатора достижения ПК <i>(перечень из п.2)</i>			
18	– ПК-4	– ПК-4.1	+	+	+
	–	– ПК-4.2	+	+	+
	–	– ПК-4.3	+	+	+
19	– ПК-5	– ПК-5.1	+	+	+
	–	– ПК-5.2	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Учебным планом подготовки магистров по направлению 18.04.01 предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине **«Технология основного неорганического синтеза»** в объеме 17 часов. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных магистрантом на лекционных занятиях, формирование понимания связей между теоретическими положениями химической технологии и методологией решения практических задач по тематике лекций, приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	1. Основные физико-химические свойства исходного сырья	3
2	1	2. Структура производства и потребления продуктов основного неорганического синтеза	3
3	1	3. Особенности хранения и транспортировки исходного сырья и продуктов его переработки	4
4	2	4. Расчет криогенных процессов разделения газов 5. Расчет равновесных составов газовых смесей 6. Физико-химические основы конверсии природного газа водяным паром и кислородом 7. Расчет составов конвертированного газа 8. Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии метана 9. Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии конверсии оксида углерода 10. Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака 11. Термодинамический анализ разделение газовых смесей адсорбционным методом 12. Методы определения производительности реакционных аппаратов	4
5	3	13. Расчет установок осушки воздуха 14. Расчет установок очистки природного газа от сернистых соединений 15. Расчет установок очистки отходящих газов от кислых компонентов 16. Расчет установок очистки технологических и отходящих газов от диоксида углерода 17. Расчет установок очистки сточных вод гальванических производств	3

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Технология основного неорганического синтеза*» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (2 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 3 контрольных работ (максимальная оценка 15 баллов за каждую), подготовки и защиты реферата (максимальная оценка 15 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка _40_ баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

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. Методы снижения термодинамической необратимости химико-технологических процессов в ТНВ.
16. Эксергетический анализ и его основные элементы.
17. Эксергетический анализ производства аммиака мощностью 1540 т NH_3 /сутки.
18. Основные стратегии модернизации производств в технологии неорганических веществ.
19. Интеграция и диверсификация в аммиачном производстве.
20. Принципы экологической толерантности технологических установок.
21. Пути совершенствования производства азотной кислоты.
22. Альтернативные методы разделения воздуха, области использования получаемых газов.
23. Связь развития криогенной технологии с прогрессом новых отраслей промышленности.
24. Особенности агрегатов третьего поколения при получении аммиака.
25. Объединенная схема производства аммиака и метанола, пути совершенствования процесса.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы. Максимальная оценка за контрольную работу составляет 15 баллов соответственно.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопросы к контрольной работе по разделу 1

1. Определение параметров пористой структуры адсорбентов и катализаторов.
2. Теоретические основы процесса газификации твердых топлив.
3. Основные продукты, образующиеся при пиролизе твердого топлива.
4. Расчет равновесных составов газовых смесей
5. Низкотемпературные циклы воздухоразделительных установок
6. Физико-химические основы конверсии природного газа водяным паром.
7. Физико-химические основы конверсии природного газа кислородом.
8. Термодинамика процесса конверсии природного газа.
9. Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии метана.
10. Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии оксида углерода.
11. Высокотемпературная некаталитическая конверсия природного газа.
12. Расчеты систем синтеза аммиака
13. Расчеты в производстве серной кислоты серной кислот
14. Материальные балансы в производстве карбамида
15. Термодинамический анализ разделение газовых смесей адсорбционным методом.
16. Плазмохимическое разложение CO_2 и получение CO .

Примерные задачи к контрольной работе №1

1. Определить равновесный состав конвертированного газа, получаемого при конверсии метана смесью водяного пара и кислородобогащенным воздухом (40 % O_2). Соотношение между объемами компонентов $CH_4 : H_2O : O_2 : N_2$ 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 $CH_4 : H_2O : CO_2 : O_2$ 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.): $CH_4 - 97,8$; $C_2H_6 - 0,5$; $C_3H_8 - 0,2$; $C_4H_{10} - 0,1$; $N_2 - 1,4$. 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 $CO : CO_2$ в конвертированном газе 1:1.
4. Составить тепловой баланс трубчатой печи конверсии природного газа (1-ая ступень конверсии) в условиях задания 3.
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 $(CO+H_2) : N_2$ в конвертированном газе 3,2. Состав природного газа принять по данным задания 3.
6. Составить тепловой баланс шахтного конвертора риформинга природного газа в условиях задания 21.
7. Газ, выходящий из шахтного конвертора природного газа, имеющий состав (% об.) $CO - 36,0$; $H_2 - 35,5$; $CO_2 - 5,5$; $N_2 - 23,0$, 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.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит _3 вопроса, по _5 баллов за вопрос.

Вопросы к контрольной работе по разделу 2

1. Определения производительности реакционных аппаратов
2. Расчет криогенных процессов
3. Основная аппаратура процесса криогенного разделения коксового газа с целью получения азотоводородной смеси.
4. Технологическая схема процесса газификации твердых топлив.
5. Конструкцию оборудования для газификации твердых топлив.
6. Особенности оборудования для коксования каменных углей.
7. Первичные методы очистки коксового газа

8. Технологическая схема и конструкция основного оборудования конверсии оксида углерода.
9. Особенности конверсии природного газа в трубчатых печах.
10. Технологическая схема и конструкция основного оборудования конверсии оксида углерода.

Примерные задачи к контрольной работе №2

1. 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.
2. 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?
3. 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 $\mu = 0,47$
4. Определить равновесный состав конвертированного газа, получаемого при конверсии метана смесью водяного пара и кислородообогащенным 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

8. Составить материальный баланс шахтного конвертора риформинга природного газа (2-ая ступень конверсии) кислородом воздуха и водяным паром и определить объем катализатора для конверсии 1000 м^3 сухого газа. Температура газа на выходе из трубчатой печи 700°C ; температура воздуха поступающего на окисление 20°C ; температура газа на выходе из конвертора 850°C . Соотношение $(\text{CO} + \text{H}_2) : \text{N}_2$ в конвертированном газе 3,2. Состав природного газа природного газа принять по данным задания 3.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопросы к контрольной работе по разделу 3

1. Физико-химические основы конверсии природного газа кислородом.
2. Расчет составов конвертированного газа.
3. Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии метана.
4. Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии конверсии оксида углерода.
5. Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака.
6. Термодинамический анализ разделение газовых смесей адсорбционным методом.
7. Экологические проблемы основного неорганического синтеза.
8. Методы очистки отходящих газов сернокислотных производств.
9. Методы очистки отходящих газов азотнокислотных производств.

Примерные задачи к контрольной работе №3

1. При газификации кокса, содержащего 96,5 % C и 3,5 % H_2O по массе, с водяным паром полученный водяной газ содержит 6% CO_2 (об.). Рассчитать состав полученного газа при газификации 1 т кокса указанного состава и составить материальный баланс, при этом протекают реакции: $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ (основная); $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (побочная).
2. Определить состав газа после контактного аппарата при окислении диоксида серы, расход воздуха и составить материальный баланс контактного отделения, если производительность аппарата $10\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ исходного газа следующего состава, %(об.): SO_2 - 8,5; O_2 - 12,5; N_2 - 79. Степень окисления SO_2 в SO_3 составляет 98 %.
3. Определить количество влаги, испарившейся в результате экзотермической реакции нейтрализации: $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$ и составить материальный баланс аппарата ИТН. Производительность нейтрализатора 20 т NH_4NO_3 в час. В производстве применяется 47 %-ная азотная кислота и 100 %-ный газообразный аммиак. Из нейтрализатора аммиачная селитра выходит в виде 60 %-ного раствора NH_4NO_3 в воде.
4. Определить состав продуктов при электролизе водного раствора хлорида натрия и составить материальный баланс электролизера, реакция идет по следующему уравнению: $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$. 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 %.

5. 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 CO_2 и 62 100 кг/ч NH_3 . Определить удельную производительность реактора.
6. Сухой полуводяной газ состава (% об.): $CO - 37$; H_2-35 ; $N_2 - 22$; $CO_2 - 6,0$ – 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:

$$\lg K = - (2059/T) + 1,5 \lg T - 1,82 \cdot 10^{-3} T + 5,65 \cdot 10^{-7} T^2 - 8,2 \cdot 10^{-11} T^3 - 1,53.$$

7. 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.

8. Составить материальный баланс поглотительной колонны абсорбции нитрозных газов в производстве азотной кислоты, если состав газовой смеси после окислительной колонны (% об.): $NO_2 - 10,42$; $NO - 2,6$; $O_2 - 5,76$; $H_2O - 3,44$; $N_2 - 77,78$. Производительность установки 1500 т HNO_3 /сутки в пересчете на 100% -ную.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1-3 и рабочей программы дисциплины, содержит 2 теоретических вопроса и задачу. Теоретические вопросы оцениваются по 10 баллов каждый, а практический в 20 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет с оценкой).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1-3 и рабочей программы дисциплины и содержит 2 теоретических вопроса и задачу.

1. Сырье в химической технологии.
2. Основы метода фракционной конденсации сложных газовых смесей.
3. Термическая переработка минерального сырья без доступа кислорода.
4. Холодильные циклы и их применение для получения сжиженных газов.
5. Промышленные параметры синтеза аммиака.
6. Углеводородный метод получения ацетилена.
7. Физико-химические основы конверсии метана.
8. Физико-химические основы конверсии оксида углерода.
9. Концентрирование разбавленной азотной кислоты.
10. Технология конвертирования CO в современных агрегатах синтеза аммиака.
11. Физико-химические основы окисления диоксида серы в триоксид.

12. Двойное контактирование в производстве серной кислоты.
13. Сырье в технологии основного органического синтеза: виды, значение, способы обогащения.
14. Получение водорода методом конверсии углеводородного сырья.
15. Особенности катализаторов конверсии СО.
16. Криогенный метод очистки и разделения газов.
17. Системы синтеза метанола.
18. Катализаторы окисления диоксида серы в триоксид: составы, свойства, синтез.
19. Конструктивные особенности реакторов конверсии метана и СО.
20. Физико-химические основы разделения воздуха криогенным методом.
21. Физико-химические основы окисления аммиака.
22. Принципы комплексного производства аммиака и карбамида.
23. Сжигание серы и сероводорода в производстве серной кислоты.
24. Физико-химические основы окисления аммиака в производстве азотной кислоты.
25. Каталитическое гидрирование оксидов углерода.
26. Термохимические циклы при получении водорода и др. неорганических веществ.
27. Катализаторы конверсии СО: составы, свойства, синтез.
28. Катализаторы конверсии метана: составы, свойства, синтез.
29. Катализаторы синтеза аммиака: составы, свойства, синтез.
30. Основы адсорбционного разделения газов.
31. Технология синтеза аммиака: составы, свойства, синтез.
32. Абсорбция триоксида серы в производстве серной кислоты.
33. Теоретические основы получения водорода электрохимическим методом.
34. Физико-химические основы поверхностных явлений: адсорбция, адсорбенты.
35. Теоретические основы синтеза метанола.
36. Переработка оксидов азота в разбавленную азотную кислоту.
37. Газификация твердого топлива.
38. Обжиг серосодержащих руд.
39. Адсорбционные методы очистки газов от оксидов углерода.
40. Основные особенности современных агрегатов для производства неорганических продуктов.
41. Каталитическое гидрирование серосодержащих соединений.
42. Получение редких газов и их применение.
43. Газификация твердого и жидкого топлива.
44. Методы каталитического обезвреживания отходящих газов.

Примерный список практических задач экзаменационных билетов

1. Записать выражение и рассчитать содержание аммиака в равновесной азотоводородной смеси. Условия: $\sqrt{K_p} = 300$, содержание инертных примесей $C_{ин}=9\%$, $P=450$ ат.
2. Рассчитать содержание аммиака в смеси с воздухом при его полном окислении на платиновом катализаторе при соотношении $O_2/NH_3=2,5$
3. Рассчитать состав равновесной азотоводородной смеси. Условия: $P=29,4$ МПа, $C_{ин}=7\%$, $\sqrt{K_p} = 19,7$.

4. Определить содержание газообразного аммиака и азотоводородной смеси над жидким аммиаком при $P=30$ МПа, $t=200$ °С и коэффициенте $A=1,875$
5. Определить равновесный состав газа в мольных долях при конверсии СО водяным паром. Условия: $\sqrt{K_p} = 1,2$, соотношение пар/газ=2/1.
6. Рассчитать состав газа в состоянии равновесия при диссоциации NO_2 . Условия: $P=5$ ат, $t=450$ °С, $\sqrt{K_p} = 1$.
7. Определить состав исходной смеси и окислительных газов при производстве 1 т азотной кислоты при содержании NH_3 в аммиачновоздушной смеси 11,5 об. %.
8. Определить равновесный состав газа в мольных долях при конверсии СО водяным паром. $\sqrt{K_p} = 1,2$, соотношение пар:газ=3:1.
9. На водную очистку поступает конвертированный газ, содержащий 19 %, об. CO_2 . Определить расход воды на очистку 175 м³ исходного газа до конечного содержания CO_2 , равного 2 % об., если степень насыщения воды в скруббере составляет 80 % от равновесия. Равновесная растворимость CO_2 в воде 3,7 м³/м³.
10. Определить изменение энтальпии при адиабатическом расширении сжатого воздуха от давления 35 бар до давления 3 бара, если начальная температура процесса равна -133 °С.
11. Определить количество адсорбента, необходимое для очистки 1500 м³ синтез-газа от серосодержащих соединений, если его активность составляет 80 % от равновесной. $a_{\text{равн}} = 25 \text{ мг/г}$ Концентрация серосодержащих соединений в газовой смеси 0,5 г/м³.
12. Определить теплоперепад при испарении жидкого азота при 30 ат.
13. Определить константы «а» и «b» уравнении Ван-дер-Ваальса для воздуха, исходя из критических значений: $p_{\text{кр}} = 38,4 \text{ кг/см}^2$, $T_{\text{кр}} = 132 \text{ К}$, $R = 29,27$.
14. Определить термоперепад и теплоперепад при адиабатическом расширении сжатого азота от давления 15 бар до давления 2 бар, если начальная температура процесса равна 153 °С.
15. Определить количество азота высокого и низкого давления в цикле с двумя давлениями. Условия:
 $t = -45^\circ \text{C}$, $p_1 = 1$, $p_2 = 6$, $p_3 = 200 \text{ кг/см}^2$, $\sum q_{\text{потерь}} = 2,75 \text{ ккал/кг}$.
16. Определить холодильный коэффициент компрессионной холодильной машины, если температура в испарителе -23 °С, а в конденсаторе 27 °С.
17. Вычислить теоретическую мощность, затрачиваемую холодильной установкой, отводящей в секунду 17400 Дж при -19 °С (температура испарения). Температура конденсации 15 °С.
18. Определить по диаграмме $S - T$ интегральный ΔT и изотермический ΔI эффекты дросселирования воздуха от 200 до 1 ат. Начальная температура воздуха 290 К.
19. Найти по диаграмме $S - T$ теплоту испарения жидкого воздуха при давлении 5 ат.
20. Определить по диаграмме $S - T$ изменение температуры ΔT и изменение энтальпии ΔI (теплоперепад) при изоэнтропическом расширении воздуха от $P_1 = 5,6$ до $P_2 = 1,4$ ат с совершением внешней работы. Начальная температура воздуха $T_1 = 115 \text{ К}$.
21. Определить долю жидкости, которая образуется при дросселировании воздуха от 80 до 1 ат. Начальная температура сжатого воздуха 140 К.

22. Определить количество тепла, которое отнимает в теплообменнике 1 моль азота при повышении его температуры от 85 до 300 К под давлением 1,5 ат.

23. По диаграмме S—T определить температуру начала конденсации воздуха под давлениями 6 ат; 20 ат; 40 ат.

24. Вычислить минимальную работу сжижения 1 кг воздуха, имеющего начальное давление 1 ат и температуру 300 К.

25. Вычислить сжижаемую долю воздуха x в цикле с однократным дросселированием и расход энергии на сжижение $l_{ж}$, если $P_1 = 1$ ат, $P_2 = 200$ ат, $T_1 = 300$ К, потери колода в окружающую среду от недорекуперации $q_{л} + q_{н} = 11,5$ кДж/кг (333 Дж/моль), $\eta_{из} = 0,6$.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (2 семестр).

«Утверждаю» И.о.Зав. каф. ТНВ и ЭП (Должность, наименование кафедры) В.А. Колесников (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 2024г	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Технология неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – «Технология неорганических веществ и функциональных материалов»
	Технология основного неорганического синтеза
Билет № 1 - Термическая переработка минерального сырья без доступа кислорода. - Особенности энерготехнологии производства аммиака и азотной кислоты. - Определить равновесный состав газа в мольных долях при конверсии СО водяным паром. Условия: $\sqrt{K_p} = 1,2$, соотношение пар/газ=2/1.	

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

- Сырье в основной химической технологи.
- Холодильные циклы и их применение для получения сжиженных газов
- Записать выражение и рассчитать содержание аммиака в равновесной азотовородной смеси для условий: $\sqrt{K_p} = 300$, содержание инертных примесей $C_{ин} = 9\%$, $P = 450$ ат.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Основы метода фракционной конденсации сложных газовых смесей.
2. Основные особенности современных агрегатов для производства неорганических продуктов.
3. Рассчитать содержание аммиака в смеси с воздухом при его полном окислении на платиновом катализаторе при соотношении $O_2/NH_3=2,5$.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Промышленные параметры синтеза аммиака.
2. Газификация твердого и жидкого топлива.
3. Определить содержание газообразного аммиака и азотоводородной смеси над жидким аммиаком при $P=30$ МПа, $t=200$ °С и коэффициенте $A=1,87$.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Криогенный метод очистки и разделения газов.
2. Теоретические основы получения водорода электрохимическим методом.
3. Рассчитать состав газа в состоянии равновесия при диссоциации NO_2 . Условия: $P=5$ ат, $t=450$ °С.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Технология конвертирования СО в современных агрегатах синтеза аммиака.
2. Получение редких газов и их применение.
3. Определить состав исходной смеси и нитрозных газов при производстве 1 т азотной кислоты. Условия: содержание NH_3 в аммиачновоздушной смеси 11,5 об. %.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Абсорбция триоксида серы в производстве серной кислоты.
2. Теоретические основы синтеза метанола
3. Определить равновесный состав газа в мольных долях при конверсии СО водяным паром. $\sqrt{K_p} = 1,2$, соотношение пар : газ=3:1.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Каталитическое гидрирование оксидов углерода.
2. Сжигание серы и сероводорода в производстве серной кислоты.
3. На водную очистку поступает конвертированный газ, содержащий 19 %, об. CO_2 . Определить расход воды на очистку 175 м³ исходного газа до конечного содержания CO_2 , равного 2 % об., если степень насыщения воды в скруббере составляет 80 % от равновесия. Равновесная растворимость CO_2 в воде $3,7$ м³/м³.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Получение технологического газа для производства аммиака, метанола, водорода и высших углеводородов. Теоретические основы, технология, катализаторы, оборудование, системы управления: Учебное пособие / Э.Г. Вакк, Г.В. Шуклин, И.Л. Лейтес - М., 2011. – 480с.
2. Ануров С.А. криогенные технологии разделения газов. – М.: ООО «АР-Консалт», 2017. –233 с.
3. Воробьев Н.И. Технология связанного азота и азотных удобрений. Минск: Изд-во БГТУ, 2011. – 216 с.
4. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений: курс лекций / Новгородский гос. Ун-т им. Ярослава Мудрого. Великий Новгород: Изд-во НовГТУ, 2007. – 237 с.
5. Алехина М.Б., Исаева В.И. Металлорганические каркасные структуры для очистки и разделения газовых сред. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. – 76 с.
6. Ануров С.А., Нефедова Н.В., Алехина М.Б. Криогенные технологии в производстве неорганических веществ. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2021. – 120 с.

Дополнительная

1. Димиденко И.М., Янковский Н.А., Бурмистр М.В., Мельников Б.И., Лобойко А.Я. Промышленный гетерогенный катализ. – Горловка, КП «Горловская типография», 2005.
2. Габриэлян О.С., Остроумов И.Г., Соловьев С.Н., Маскаев Ф.Н. Общая химия. – М.: Просвещение, 2006.- 384с.
3. Методы расчета по технологии связанного азота / Под ред. В.И. Атрощенко. Киев: Вища школа, 1985.- 312 с.
4. Справочник азотчика (в 2-х т.). Изд. 2-ое. М.: Химия, 1987. - 461 с.
5. Справочник сернокислотчика / Под ред. К.М. Малина. М.: Химия, 1971. – 640 с.
6. Родионов А.И., Чан Ван Куи. Основы экологической безопасности производства серной кислоты / М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 148 с.
7. Энерго- и ресурсосберегающие технологии в производствах минеральных удобрений, аммиака, метанола». Научно-технические новости. Информационное обеспечение предприятий химической промышленности. Спецвыпуск 4. М.: Инфохим, 2004. – 96 с.
8. Сера и серная кислота-2017: Сб. материалов 7-й международной научно-практической конференции.- М.: ОАО «Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», 2017.- 92с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Журнал физической химии» ISSN 0044-4537
- Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN 0040-3571
- Журнал «Кинетика и катализ» ISSN 0453-8811

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет (*при необходимости*):

- <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>
- <https://lib.muctr.ru/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины (*При необходимости*)

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 20 (общее число слайдов – 300);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 100);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 100).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Технология основного неорганического синтеза*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.

Лаборатория, оснащенная необходимым оборудованием для синтеза и термической обработки материалов.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором

1	Электронно-библиотечная система (ЭБС) «ЛАНЬ»	ООО «Издательство «Лань», Реквизиты договора – Договор № 33.02-Р-2.7-8599/2024 от 13.11.2024 г. г. Сумма договора – 315208-51 С 01.10.2024 г. по 31.12.2024 г. Ссылка на сайт ЭБС – http://e.lanbook.com Количество ключей - доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.	Доступ к коллекции «Единая профессиональная база знаний для технических вузов – ЭБС ЛАНЬ, а также отдельные издания из других коллекций издательства «ЛАНЬ» в соответствии с Договором. Доступ к коллекциям: «Химия» - изд-ва Лаборатория знаний, «Химия»-КНИТУ (Казанский национальный исследовательский технологический университет), «Химия» - изд-ва ФИЗМАТЛИТ», «Информатика»- Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ».
2	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
3	Информационно-справочная система «ТЕХЭКСПЕРТ» «Нормы, правила, стандарты России».	Принадлежность сторонняя. Реквизиты контракта – ООО «ИНФОРМПРОЕКТ-Центр», Контракт № 183-234ЭА/2023 от 15.01.2024 г. Сумма договора – 1 124 880 руб. 00 коп. С «01» января 2024 г. по «31» декабря 2024 г. Ссылка на сайт ЭБС – http://reforma.kodeks.ru/reforma/ Количество ключей – 10 лицензий + локальный доступ с компьютеров ИБЦ.	Электронная библиотека нормативно-технических изданий. Содержит более 45000 национальных стандартов и др. НТД

4	Научно-электронная библиотека «eLibrary.ru»	Реквизиты договора – ООО Научная электронная библиотека, Договор № SU-364/2023/33.03-Л-3.1-7490/2024 от 31.01.2024 г.. Сумма договора – 897 350-00 С 31.01.2024 г. по 31.12.2024 г. Ссылка на сайт – http://elibrary.ru Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте НЭБ.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – это крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 29 млн научных статей и публикаций, в том числе электронные версии более 5600 российских научно-технических журналов.
5	Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ»	Принадлежность – сторонняя Образовательная платформа ЮРАЙТ» Договор № № 33.02-Л-3.1-7818/2024 от 27.04.2024.г. Сумма договора –589 175.00 С 27.04.2024 г. по 26.04.2025 г.. Ссылка на сайт https://biblio-online.ru/ Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.	Электронная библиотека включает более 5000 наименований учебников и учебных пособий по всем отраслям знаний для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.
6	Электронно-библиотечная система «Консультант студента»	Принадлежность – сторонняя ООО «Консультант студента»	Комплект изданий, входящих в базу данных «Электронная библиотека технического ВУЗа».

		Договор № 818 КС/01-2023-33.02-Л-3.1-7787/2024 от 23.04.2023 г. Сумма договора – 347 256-00 С 23.04.2024 г. по 22.04.2025 г. Ссылка на сайт – http://www.studentlibrary.ru Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.	
7	Электронные ресурсы Springer Nature_Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г. а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение. Раздел 1. Физико-химические основы современных неорганических технологий и синтез основных неорганических продуктов Раздел 2. Научные основы перспективных технологий. Решение экологических проблем.	<u>знать:</u> научные основы технологии основного неорганического синтеза; теоретические основы получения неорганических веществ; механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности; основные типы и конструкции реакторов для проведения неорганических реакций; технологию и общие принципы осуществления химических процессов основного неорганического синтеза; различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства неорганического веществ; <u>уметь:</u> формулировать задачи научных исследований на основе теоретического анализа и экспериментальных данных; использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза; анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции; анализировать и обобщать опыт отечественных и зарубежных фирм в области основного неорганического синтеза; анализировать результаты экспериментов и выполнять расчеты материального и энергетического балансов; <u>владеть:</u>	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр) Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр) Оценка за <i>вид контроля из УП</i> (2 семестр)

	современными методами качественного и количественного анализа неорганических веществ; современными методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; методами математического моделирования технологических процессов и использовать их для проектирования технологических аппаратов по экспериментальным данным; методами построения и оптимизации технологических схем; методами анализа и техноэкономической оптимизации технологических схем.	
Раздел 3. Энергосберегающие технологические схемы. Аппаратурное оформление современных технологий .	<u>знать:</u> научные основы технологии основного неорганического синтеза; теоретические основы получения неорганических веществ; технологии и общие принципы осуществления химических процессов основного неорганического синтеза; различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства неорганических веществ; <u>уметь:</u> анализировать и обобщать опыт отечественных и зарубежных фирм в области основного неорганического синтеза; анализировать результаты экспериментов и выполнять расчеты материального и энергетического балансов; <u>владеть:</u> современными методами качественного и количественного	Оценка за контрольную работу № 3 (2 семестр) Оценка за <i>вид контроля из УП</i> (2 семестр)

	анализа неорганических веществ; современными методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; методами математического моделирования технологических процессов и использовать их для проектирования технологических аппаратов по экспериментальным данным; методами построения и оптимизации технологических схем; методами анализа и техноэкономической оптимизации технологических схем.	
--	---	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Технология основного неорганического синтеза»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

«Основная образовательная программа высшего образования – программа магистратуры

«Технология неорганических веществ и функциональных материалов»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

««Катализаторы и каталитические процессы»»

Направление подготовки **18.04.01 Химическая технология**
(Код и наименование направления подготовки)

Магистерская программа – **«Технология неорганических веществ,
сорбентов и катализаторов для их производства»**
(Наименование магистерской программы)

Квалификация **«магистр»**

Москва 2024

Программа составлена профессором кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, д.х.н. Е.Ю. Либерман, д.т.н., профессором Коньковой Т.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов «05» июня 2024 г., протокол №15.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Катализаторы и каталитические процессы»** относится к части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области технологии обезвреживания и переработки техногенных отходов.

Цель дисциплины - приобретение магистрантами знаний, умений, владений и формировании компетенций в области теории и практики гетерогенно-каталитических процессов технологии неорганических веществ, и использование их результатов в профессиональной деятельности.

Задачей дисциплины **«Катализаторы и каталитические процессы»** является изучение кинетики каталитических реакций, синтеза катализаторов, рассмотрение взаимосвязей «состав-свойства-каталитическая активность» и путей повышения эффективности каталитических процессов технологии неорганических веществ путем применения новых высокоэффективных каталитических композиций и оптимизации существующих технологических режимов.

Дисциплина **«Катализаторы и каталитические процессы»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

4.3 Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н. Обобщенная трудовая функция В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 6) С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (уровень квалификации – 6)

			ПК-3.2. Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов	
		ПК-4 Способен самостоятельно проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования неорганических химических веществ и сорбентов, и катализаторов для их производства	ПК-4.1 Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним	
			ПК- 4.2 Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ	

			ПК – 4.3 Владеет методами получения, исследования и применения неорганических химических веществ и сорбентов, и катализаторов для их производства	
		ПК – 5 Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производств	ПК – 5.3 Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологического процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные каталитические процессы технологии неорганических веществ;
- механизмы каталитических реакций и их общие кинетические закономерности;
- стационарный и квазистационарный режимы работы катализатора;
- макрокинетика каталитических процессов;
- методы синтеза катализаторов;
- современные методы характеристики катализаторов: рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, электронная микроскопия, EXAFS, XANES;
- физические методы исследования кинетики реакций *in situ*.
- особенности проведения стадий синтеза катализаторов и их влияние на свойства конечного продукта
- методы введения и фиксации активных компонентов на поверхности

Уметь:

- применять методы идентификации катализаторов;
- определение кинетических параметров каталитических процессов;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции;
- проводить эксперименты по заданным методикам;
- анализировать и обобщать результаты экспериментов
- анализировать взаимосвязь условий синтеза и свойств получаемых катализаторов

Владеть:

- методами теоретического исследования гетерогенно-каталитических технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;
- методами исследования кинетики гетерогенно-каталитических процессов;
- научными основами синтеза катализаторов заданного состава, пористой структуры и формы.

.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	7	252	189
Контактная работа – аудиторные занятия:	3,31	119	89,3
Лекции	1,42	51	38,3
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	3,68	132,6	99,4
Вид контроля:	Зачет с оценкой		
Зачет с оценкой	0,01	0,4	0,3

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. ра- боты	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Теоретические основы ката- лиза	86		14		10		24		38
1.1	Катализ. Основные понятия. Роль катализа в развитии химической и нефтехимической промышленности	10		2		2		0		6
1.2	Кинетика каталитических реакций. Макрокинетика каталитических процессов	35		4		4		9		20
1.3	Методы характеристики катализаторов. Исследование кинетики каталитических реакций	31		8		4		9		12
2.	Раздел 2. Каталитические процессы химической технологии. Применение катализа для решения экологических проблем.	84		20		14		0		50
2.1	Кислотно-основной катализ.	12		4		2		0		10
2.2	Катализ на металлах	12		4		2				10
2.3	Каталитическое окисление	22		4		4		8		10
2.4	Каталитическая очистка газовых смесей от CO, NO _x , CH _x и сажи.	14		4		4		0		10
2.5	Катализ в переработке природного газа. Процесс Клауса. Синтез Фишера-Тропша	12		4		2		0		10

3.	Раздел 2. Научные основы синтеза катализаторов	80		17		10		8		45
3.1	Осажденные катализаторы, золь гель метод.	26		6		4				16
3.2	Нанесенные катализаторы, модифицирование поверхности носителей.	35		5		4				16
3.3	Термообработка катализаторов. Методы регулирования пористой структуры.	21		6		2				13
	ИТОГО	251,6		51		34		34		132,6
	Зачет с оценкой	0,4								0,4
	ИТОГО	252		51		34		34		133

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Теоретические основы катализа. Исторический обзор основных достижений в области технологии неорганических веществ, а также роль катализа в развитии химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Адсорбция. Физическая адсорбция. Пористая структура. Адсорбция на неоднородной поверхности. Химическая адсорбция. Реакционная способность поверхности. Критерии различия физической и химической адсорбции. Десорбция. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Определение активности, числа оборотов (TOF), селективности, элементарного акта, маршрута реакции. Стационарный и квазистационарный режимы катализа. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций. Кинетика сложных каталитических реакций по М.И. Темкину. Диффузионная кинетика. Каталитические реакции в нестационарном режиме. Современные методы характеристики катализаторов: рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, электронная микроскопия, EXAFS, XANES. Применение физических методов исследования каталитических процессов методами *in situ*.

Раздел 2. Каталитические процессы химической технологии. Применение катализа для решения экологических проблем. Кислотно-основной катализ. Кислоты и основания. Методы определения кислотных и основных центров на поверхности. Кислотные и основные катализаторы и их активные центры. Цеолиты и другие молекулярные сита. Сверхкислоты и сверхоснования. Дегидратация спиртов. Катализ на металлах. Электронное строение переходных металлов. Адсорбция на переходных металлах. Простейшие каталитические реакции на переходных металлах. Нанесенные катализаторы. Размерный эффект. Катализ на оксидах и каталитическое окисление. Энергетические уровни ионов переходных металлов в оксидах. Дефекты в оксидах переходных металлов. Особенности кинетики каталитического окисления. Активация кислорода на поверхности оксидных катализаторов окисления. Каталитическое окисление простых молекул. Глубокое окисление углеводородов. Роль катализа в решении экологических проблем. Каталитическая очистка от вредных газов: CO, C_xH_y, NO_x, SO₂ и др. Очистка природного газа от серы. Синтез Фишера-Тропша.

Раздел 3 Научные основы синтеза катализаторов. Классификация методов получения катализаторов. Осажденные катализаторы. Стадийный механизм формирования гидроксидов при коллоидно-химическом осаждении. Физико-химические основы золь-гель метода. Формирование кристаллической и пористой структуры катализатора в процессе синтеза. Влияние природы темплатов, прекурсоров и pH среды на пористую структуру осажденных материалов. Эмульсионный метод синтеза пористых материалов. Гидротермальная обработка в синтезе катализаторов. Термическая обработка катализаторов: сушка и прокаливание. Новые методы сушки пористых материалов: сублимационная сушка, сушка в сверхкритических условиях. Методы регулирования пористой структуры катализаторов в процессе термообработки. Нанесенные катализаторы. Носители катализаторов, их свойства и методы получения. Синтез углеродных материалов путем карбонизации природного сырья. Методы модифицирования природных материалов. Пилларирование слоистых алюмосиликатов. Модифицирование алюмосиликатов методом ионного обмена. Способы нанесения и закрепления активных компонентов на носителе и регулирование распределения активного компонента на носителе. Привитые поверхностные соединения. Композиционные материалы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– основные каталитические процессы технологии неорганических веществ;		+	+	+
2	– механизмы каталитических реакций и их общие кинетические закономерности;	+	+	+	+
3	– стационарный и квазистационарный режимы работы катализаторов;	+	+	+	+
4	– макрокинетика каталитических процессов;	+	+		
5	– современные методы характеристики катализаторов: рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, электронная микроскопия, EXAFS, XANES; термопрограммируемая десорбция и др.	+	+	+	+
6	– физические методы исследования in situ;				
7	– особенности проведения стадий синтеза катализаторов и их влияние на свойства конечного продукта;				
8	– методы ведения и фиксирования активных компонентов на поверхности носителя.				
	Уметь:				
9	– применять методы идентификации катализаторов;				
10	– определение кинетических параметров процессов;	+	+	+	+
11	– анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции	+	+	+	+
8	– проводить эксперименты по заданным методикам;	+	+	+	+
9	– анализировать и обобщать результаты экспериментов	+	+	+	+
10	– анализировать взаимосвязь условий синтеза и свойств получаемых катализаторов				
	Владеть:				
11	– методами теоретического исследования гетерогенно-каталитических технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;	+	+	+	+
12	– методами исследования кинетики гетерогенно-каталитических процессов.	+	+	+	+
13	– научными основами синтеза катализаторов заданного состава, пористой структуры и формы.	+	+	+	+

	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
7	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов	+	+	+	+
		ПК-3.2. Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов	+	+	+	+
8	ПК-4 Способен проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области обезвреживания и переработки техногенных отходов, газо- и водоочистки	ПК-4.1 Знает физико-химические основы получения и использования неорганических химических веществ, способы получения сорбентов и катализаторов и технические требования к ним	+	+	+	+
		ПК- 4.2 Умеет анализировать и прогнозировать влияние параметров технологических режимов и условий испытаний неорганических химических веществ и изделий из них на их результаты, в том числе на основе статистических методов с применением вычислительной техники и прикладных программ	+	+	+	+
		ПК – 4.3 Владеет методами получения, исследования и применения неорганических химических веществ и сорбентов, и катализаторов для их производства	+	+	+	+
9	ПК – 5 Способен самостоятельно осуществлять разработки, направленные на создание новых и совершенствование существующих технологических процессов и оборудования производства неорганических химических веществ и сорбентов и катализаторов для их производств	ПК – 5.3 Владеет приемами подбора и корректировки параметров нового технологического процесса производства неорганических химических веществ, подбора сорбентов и катализаторов по результатам анализа структуры и свойств материалов, в том числе с применением вычислительной техники и прикладных программ	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчет термодинамических параметров реакций	4
2	1	Кинетика каталитических реакций. Макрокинетика процессов. Расчет модуля Тиле	4
3	1	Характеризация катализаторов. Расчет кинетических параметров каталитической реакции	4
4	2	Кислотно-основной катализ. Определение кислотно-основных свойств поверхности катализаторов. Обзор промышленных процессов, протекающих по механизму кислотно-основного катализа. Катализ на металлах. Рассмотрение основных каталитических процессов с участием металлических систем	2
5	2	Каталитическое окисление. Анализ основных каталитических процессов, протекающих с участием оксидных катализаторов. Прогнозирование свойств катализаторов	4
6	2	Промышленные схемы детоксикации газовых смесей от СО, углеводородов, оксидов азота, сажи..	4
7	2	Процесс Клауса. Синтез Фишера-Тропша	2
8	3	Расчет балансов осажденных катализаторов	4
9	3	Получение нанесенных катализаторов	4
10	3	Процессы термообработки катализаторов	2

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Катализаторы и каталитические процессы*», а также дает знания о методах синтеза катализатора, определения текстурных характеристик и каталитической активности.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 32 баллов (максимально по 8 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	3	Синтез каталитически активных слож- нооксидных композиций	8
2	1	Текстурные характеристики катализа- торов	9
3	1	Окислительная деструкция фурацилина на Me/Al_2O_3 , где $Me - Fe, Co$	8
4	1	Определение активности катализаторов в реакции глубокого окисления ме- тана	9

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (3 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ № 1 и № 2 (максимальная оценка 28 баллов), лабораторных работ (32 балла) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы). Максимальная оценка составляет 28 баллов соответственно.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 вопроса (1 вопрос – 6 баллов, 2 вопрос – 6 баллов, 3 вопрос – 6 баллов).

Вопрос 1.1.

1. Термодинамика катализа

2. Классификация катализаторов
3. Роль адсорбционных процессов в катализе

Вопрос 1.2.

1. Составить кинетическое уравнение реакции: $A+B+C \rightarrow C$ по уравнению Ленгмюра-Хиншельвуда. Допущения: преимущественная адсорбция A, B, C.
2. Составить кинетическое уравнение реакции: $A+B \rightarrow C+D$ по уравнению Ленгмюра-Хиншельвуда. Допущения: преимущественная адсорбция A, адсорбцией компонента B пренебречь.
3. Составить кинетическое уравнение реакции: $A+B \rightarrow C$ по механизму Ленгмюра-Хиншельвуда. Реакция протекает в присутствии прочносорбируемого инерта X. Допущения: адсорбцией компонента A можно пренебречь,

Вопрос 1.3.

1. Рассчитать активность катализатора PdAg/CeO₂ в реакции окисления CO. Линейная скорость газовой смеси 20 мл/мин, объем катализатора 0,5 см³, исходная смесь: CO – 1 об.%, O₂ – 10 об.%, азот – баланс. При температуре 105°C конверсия составляет 0,45.
2. Рассчитать активность в реакции конверсии CO в присутствии катализатора Cu_{0.2}Ce_{0.8}O₂. Линейная скорость газовой смеси 20 мл/мин, масса катализатора 0,3 г. При 205°C конверсия составляет X = 0,37, при 236°C – X = 0,55. Исходная смесь: CO – 1 об.%, O₂ – 10 об.%, азот – баланс.
3. Рассчитать энергию активации реакции полной конверсии метана в присутствии катализатора Sn_{0.2}Ce_{0.8}O₂. Линейная скорость газовой смеси 12 мл/мин, масса катализатора 1 г. При 525°C конверсия составляет X = 0,35, при 586°C – X = 0,65.

Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа 10 баллов

Вариант 1

Нанесенный катализатор получали пропиткой носителя (γ -Al₂O₃) раствором нитрата лантана. Для этого носитель опускали на определенное время в раствор соли, затем вынимали из раствора, сушили и прокаливали для разложения нитрата и образования оксида. Количество нанесенного активного компонента определяли по изменению концентрации прекурсора в пропиточном растворе до и после пропитки носителя. Начальная концентрация раствора нитрата лантана (III) – 0,9 моль/л, конечная концентрация – 0,89 моль/л, масса носителя 1,2 г, начальный объем пропиточного раствора - 60 мл, после пропитки – 59,3 мл. Рассчитать содержание активного компонента в катализаторе (% масс.) в пересчете на оксид (La₂O₃) и на металл.

Вариант 2

Нанесенный катализатор получали пропиткой носителя (γ -Al₂O₃) раствором нитрата лантана. Для этого носитель опускали на определенное время в раствор соли, затем вынимали из раствора, сушили и прокаливали для разложения нитрата и образования оксида. Количество нанесенного активного компонента определяли по изменению концентрации прекурсора в пропиточном растворе до и после пропитки носителя. Начальная концентрация раствора нитрата лантана (III) – 0,8 моль/л, конечная концентрация – 0,79 моль/л, масса носителя 1,6 г, начальный объем пропиточного раствора - 90 мл, после пропитки – 89 мл. Рассчитать содержание активного компонента в катализаторе (% масс.) в пересчете на оксид (La₂O₃) и на металл.

Вариант 3

Носитель γ -Al₂O₃ с объемом пор 0,4 см³/г опрыскивали смесью растворов нитратов меди и железа с концентрацией 1,1 моль/л без избытка по влагоемкости, молярное соотношение Cu : Fe = 2 : 3. Носитель с нанесенными активными компонентами высушивали, а затем

прокаливали для разложения солей и образования оксидов. Рассчитать суммарное содержание активных компонентов в полученном катализаторе (% масс.) в пересчете на оксиды (CuO и Fe_2O_3) и на металлы.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2, 3 и 4 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса: 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Виды катализа, стадии гетерогенно каталитического процесса, области его протекания
2. Термодинамика катализа. Путь реакции. Маршрут реакции.
3. Классификация катализаторов, основы их получения.
4. Адсорбционные процессы в катализе.
5. Физическая адсорбция.
6. Пористость. Исследование пористой структуры катализаторов.
7. Хемосорбция. Особенности протекания хемосорбции.
8. Хемосорбционные методы определения активной поверхности.
9. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Активность, селективность, выход.
10. Закон действующих поверхностей. Механизм Ленмюра-Хиншельвуда.
11. Механизм Или-Ридила.
12. Физико-химические методы исследования катализаторов.
13. Применение методов *in situ* для исследования кинетики каталитических реакций.
14. Кислотно-основной катализ. Методы определения кислотных и основных центров.
15. Цеолиты, алюмосиликаты. Природа каталитических свойств.
16. Катализ на металлах. Особенности строения металлов. Размерный эффект.
17. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные реакции.
18. Спилловер водорода.
19. Основные типы промышленных металлических катализаторов.
20. Каталитическое окисление. Теория координационного поля. Зонная теория.
21. Механизм Марса-Ван-Кровелена. Формы активации кислорода.
22. Очистка промышленных, автомобильных и дизельных выбросов.
23. Очистка от серы. Процесс Клауса
24. Синтез Фишера-Тропша.
25. Органические носители катализаторов, их свойства, способы получения
26. Карбонизация природного сырья
27. Неорганические носители катализаторов, их свойства, способы получения.
28. Природные материалы, методы их модифицирования.
29. Пилларирование слоистых алюмосиликатов.
30. Получение силикагеля.

8.3.1 Структура и примеры билетов для экзамена

Зачет с оценкой по дисциплине «*Катализаторы и каталитические процессы*» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по рабочей программе дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

«Утверждаю» И.о. зав.кафедрой ТНВиЭП	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

_____ А.В. Колесников (Подпись) «__» _____ 20__ г.	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – «Технология неорганических веществ, сорбентов и катализаторов для их производства»
	Катализаторы и каталитические процессы
Билет № 12 1. Механизм Марса- Ван-Кревелена. Активация кислорода на поверхности оксидных катализаторов 2. Неорганические носители катализаторов, их свойства, способы получения.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Конькова, Т. В. Основы технологии катализаторов гетерогенных процессов [Текст] : учебное пособие / Т. В. Конькова. - М. РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. - 120 с. : ил. ; 7,0 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 119-120. - 100 экз. - ISBN 978-5-7237-1604-9.
2. Аветисов, А. К. Прикладной катализ: учебник / А. К. Аветисов, Л. Г. Брук; под редакцией О. Н. Темкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-3854-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126902> (дата обращения: 11.04.2022).
3. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212642> (дата обращения: 11.04.2022).

Б. Дополнительная литература

1. Крылов, О. В. Гетерогенный катализ [Текст] : учебное пособие для вузов / О. В. Крылов. - М. : Академкнига, 2004. - 679 с : ил. - (Классический университетский учебник XXI века). - Библиогр.: с. 665-668 . - Предм. указ.: с. 669-676. - ISBN 5-94628-141-0
1. Писаренко, В. Н. Процессы адсорбции веществ на гетерогенных катализаторах: теория и методы моделирования [Текст] : учебное пособие / В. Н. Писаренко, Е. В. Писаренко. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 72 с. : ил. - Библиогр.: с. 72.
2. Романовский, Б. В. Основы катализа [Текст] : учебное пособие / Б. В. Романовский. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 172 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - Библиогр.: с. 168-169. - ISBN 978-5-9963-0520-9.

Журналы

1. Катализ в промышленности ISSN 2413-6476
2. Кинетика и катализ ISSN 0453-8811
3. Журнал физической химии ISSN 0044-4537
4. Журнал прикладной химии ISSN 0044-4618
5. Журнал неорганической химии ISSN 0044-457X
6. Неорганические материалы ISSN 0002-337X
7. Химическая промышленность сегодня ISSN 2713-2854
8. Водоочистка ISSN 7420-7381
9. Теоретические основы химической технологии ISSN 0040-3571

Б. Дополнительная литература

1. Шлыков, С. А. Катализ в промышленности. Теория и прикладные каталитические процессы : учебное пособие / С. А. Шлыков. — Иваново : ИГХТУ, 2018. — 101 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/127526> (дата обращения: 11.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Крылов, О. В. Гетерогенный катализ [Текст] : учебное пособие для вузов / О. В. Крылов. - М. : Академкнига, 2004. - 679 с : ил. - (Классический университетский учебник XXI века). - Библиогр.: с. 665-668 . - Предм. указ.: с. 669-676. - ISBN 5-94628-141-0.
3. Писаренко, В. Н. Процессы адсорбции веществ на гетерогенных катализаторах: теория и методы моделирования [Текст] : учебное пособие / В. Н. Писаренко, Е. В. Писаренко. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 72 с. : ил. - Библиогр.: с. 72.

Журналы

1. Катализ в промышленности ISSN 2413-6476
2. Кинетика и катализ ISSN 0453-8811
3. Журнал физической химии ISSN 0044-4537
4. Журнал прикладной химии ISSN 0044-4618
5. Журнал неорганической химии ISSN 0044-457X
6. Неорганические материалы ISSN 0002-337X
7. Химическая промышленность сегодня ISSN 2713-2854
9. Теоретические основы химической технологии ISSN 0040-3571

Интернет ресурсы

- <http://www.portalnano.ru/> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://www.nsknano.ru/> - Новосибирские Наноматериалы
- www.14000.ru - Информационный сайт по системам экологического менеджмента, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства
- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.nanometer.ru/> - "Нанометр" - нанотехнологическое сообщество
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> - «Нано Технологии»
- <http://www.nanonewsnet.ru/> - Нанотехнологии Nano news net | Сайт о нанотехнологиях #1 в России
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах

- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

компьютерные презентации интерактивных лекций – 15;

- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 41);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 30).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Экологический катализ: научные и практические аспекты» проводятся в форме лекций и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Неисключительная лицензия на предоставление права обновления УК Компас-3D v21 до v22 на 250 мест	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	Продление действующих лицензий на решение для трехмерного моделирования, разработки конструкторской и технологической документации. Комплект на 250 мест	бессрочная
8.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
9.	Среда разработки C++ Builder	Контракт	1 лицензия для	бессрочная

		№ 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	активации на рабочих станциях	
10.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	Система проектирования CA ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
20.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 14.12.10		
23.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт № 72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
31.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
34.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel	Контракт № 175-262ЭА/2019 от	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с

	• Power Point • Outlook	30.12.2019		правом пере- хода на об- новлённую версию про- дукта)
35.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом пере- хода на об- новлённую версию про- дукта)
36.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА-223/2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА-223/2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
38.	Планы	Договор № 99-155ЭА-223/2024	1	30.09.2025
39.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
40.	Операционная система РЕД ОС	Договор № 99-155ЭА-223/2024	80 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
41.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
42.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Катализ. Теоретические основы катализа Раздел 2 Каталитические процессы химической технологии. Применение катализа для решения экологических проблем	<i>Знать:</i> – основные каталитические процессы технологии неорганических веществ; – механизмы каталитических реакций и их общие кинетические закономерности; – стационарный и квазистационарный режимы работы катализатора; – макрокинетика каталитических процессов; – современные методы характеристики катализаторов: рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, электронная микроскопия, EXAFS, XANES; – физические методы исследования кинетики реакций <i>in situ</i>. <i>Уметь</i> – применять методы идентификации катализаторов; – определение кинетических параметров каталитических процессов; – анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качества продукции; – проводить эксперименты по заданным методикам; – анализировать и обобщать результаты экспериментов <i>Владеть:</i> – методами теоретического исследования гетерогенно-каталитических технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; – методами характеристики катализаторов, исследования кинетики гетерогенно-каталитических процессов.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка - зачет с оценкой (3 семестр)
Раздел 3. Научные основы синтеза катализаторов	<i>Знать:</i> – особенности проведения синтеза катализаторов и их влияние на свойства конечного продукта – методы введения и фиксирования активных компонентов на поверхности носителя	Оценка за контрольную работу №2 Оценка - зачет с

	<i>Уметь:</i> – анализировать взаимосвязь условий синтеза и свойств получаемых катализаторов <i>Владеть:</i> – научными основами синтеза катализаторов заданного состава, пористой структуры и формы	оценкой (3 семестр)
--	--	------------------------

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Катализаторы и каталитические процессы»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

«Основная образовательная программа высшего образования – программа магистратуры
«Технология неорганических веществ, сорбентов и катализаторов для их производства»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

Магистерская программа – «Технология неорганических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена к.х.н., доцентом кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов А. Н. Морозовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

«05» июня 2024 г., протокол №9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов»** относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии по профилю «Технология неорганических веществ».

Цель дисциплины – расширение и углубление знаний и практических навыков обучающихся по направлению магистратуры в области технологии продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.

Задачи дисциплины – ознакомление обучающихся с номенклатурой и свойствами промышленно выпускаемых продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов, методами их получения, развитие способностей к анализу и совершенствованию типовых процессов технологии продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.

Дисциплина **«Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6).
		ПК-4. Способен проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области	ПК-4.1. Знает физико-химические основы получения и использования химических веществ и функциональных материалов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом
			ПК-4.2 Умеет производить	Министерства труда и

		получения и использования химических веществ и функциональных материалов	поисковые работы для разработки новых методов производства и использования химических веществ и функциональных материалов	социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6).
			ПК-4.3 Владеет методами получения, исследования и применения химических веществ и функциональных материалов	
		ПК-5. Способен выбирать исследовательские приборы и технологическое оборудование и оптимизировать параметры процесса для производства и применения химических веществ и функциональных материалов с заданными свойствами	ПК-5.1. Знает исследовательское и технологическое оборудование и правила его эксплуатации	
			ПК-5.2 Умеет подбирать и оптимизировать условия получения и использования химических веществ и функциональных материалов	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- роль и значение продуктов тонкого неорганического синтеза в создании эффективных технических материалов многоцелевого назначения;
- классификацию и характерные особенности методов синтеза неорганических соединений с заданным составом и свойствами;
- требования к продуктам тонкого неорганического синтеза, чистым веществам и реактивам, их классификацию;
- физико-химические основы производства продуктов тонкого неорганического синтеза и реактивов;
- технологические схемы получения продуктов тонкого неорганического синтеза;
- экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения.

Уметь:

- оценивать и выбирать способы получения продуктов с комплексом заданных свойств;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;
- выполнять расчеты количественных соотношений между компонентами начальных и конечных продуктов, определять расходные нормы реагентов и выхода целевого продукта производства, в основе которого лежат физические процессы;
- проводить анализ состава продуктов на содержание основных компонентов методами аналитической химии;
- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных научно-технических задач.

Владеть:

- основными навыками работы с продуктами тонкого неорганического синтеза, реактивами и особо чистыми веществами;
- умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов;
- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения;
- навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы;
- методами определения качества продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,43	51,4	38,6
Лекции	0,95	34	26,6
Практические занятия (ПЗ)	0,48	17	12
в том числе в форме практической подготовки	0,48	17	12
Самостоятельная работа	1,57	57	69,4
Контактная самостоятельная работа	1,57	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,8	69,25
Вид контроля:	Экзамен		
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,01	0,4	0,2
Подготовка к экзамену	0,99	35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Научные основы технологии получения продуктов тонкого неорганического синтеза	21	3	6	-	3	3	-	-	12
1.1	Чистые неорганические вещества	9	3	2	-	3	3	-	-	4
1.2	Особенности производства и контроля	6	-	2	-	-	-	-	-	4
1.3	Экологические проблемы производств	6	-	2	-	-	-	-	-	4
2.	Раздел 2. Ресурсо-, энергосберегающие технологии получения функциональных неорганических продуктов с заданными свойствами и функциями	31	4	10	-	4	4	-	-	17
2.1	Химическое осаждение из растворов	10	1	3	-	1	1	-	-	6
2.2	Химическое осаждение из газовой фазы	10	1	3	-	1	1	-	-	6
2.3	Синтез неорганических соединений в специальных средах	11	2	4	-	2	2	-	-	5
3.	Раздел 3. Технология чистых веществ и реактивов	56	10	18	-	10	10	-	-	28
3.1	Теоретические основы очистки веществ и классификация методов очистки	14	3	2	-	3	3	-	-	9
3.2	Химические методы очистки неорганических веществ	20	4	6	-	4	4	-	-	10
3.3	Физико-химические методы очистки неорганических веществ	22	3	10	-	3	3	-	-	9
	ИТОГО	108	17	34	-	17	17	-	-	57
	Экзамен	36	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИТОГО	144	17	34	-	17	17	-	-	57

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Научные основы технологии получения продуктов тонкого неорганического синтеза

1.1. Чистые неорганические вещества

Общие сведения и классификация продуктов тонкого неорганического синтеза и чистых веществ. Номенклатура и области их потребления. Общие сведения и основные понятия о чистоте вещества. Классификация веществ по степени чистоты. Формы примесей. Нормирование примесей. Влияние примесей на свойства веществ. Источники примесей в чистом веществе. Физические, физико-химические свойства неорганических соединений. Технические характеристики и эксплуатационные свойства продуктов целевого назначения. Взаимосвязь между способом, условиями получения, составом и свойствами получаемых продуктов.

1.2. Особенности производства и контроля

Особенности производства и контроля продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов. Особенности проектирования, эксплуатации и оптимизации производств. Гибкие автоматизированные системы. Хранение и транспортирование продуктов. Экономические особенности. Сырьевая, энергетическая и другие составляющие себестоимости продукции. Пути их уменьшения.

1.3. Экологические проблемы производств

Экологические проблемы производства. Источники загрязнения окружающей среды. Пути снижения количества отходов, выбросов и сточных вод. Современные технологии очистки газовых и жидких выбросов. Основные направления создания экологически безопасных химических производств. Перспективные технологии деструктивной очистки сточных вод от органических загрязнителей.

Раздел 2. Ресурсо-, энергосберегающие технологии получения функциональных неорганических продуктов с заданными свойствами и функциями

2.1. Химическое осаждение из растворов

Физико-химические основы образования твердой фазы. Получение растворимых кристаллических соединений. Особенности процессов зарождения новой фазы. Характеристика процессов кристаллизации, химического осаждения из растворов. Теоретические основы процессов кристаллизации. Пересыщенные растворы. Скорость зародышеобразования. Механизм и скорость роста кристаллов. Влияние примесей на механизм и скорость кристаллизации растворимых соединений. Примеры процессов получения растворимых кристаллических соединений. Получение труднорастворимых соединений способами химического осаждения. Физико-химические основы топохимического образования твердой фазы. Понятие о системе осадок – маточный раствор. Физическое, химическое старение осадка при контакте его с маточным раствором. Правило осаждения труднорастворимых осадков Веймарна и Тананаева. Химическое загрязнение осадков. Типы соосаждения примесей: адсорбция, окклюзия.

2.2. Химическое осаждение из газовой фазы

Теоретические аспекты химического осаждения неорганических веществ из газовой фазы. Химическое осаждение из паровой фазы (CVD). Физическое осаждение из паровой фазы. Основные типы CVD методов. Химический предшественник. Основные типы химических реакций, лежащих в основе процесса CVD. Параметры, регулирующие получение тонких пленок методом CVD. Типы CVD реакторов. Методы нагрева CVD реакторов. CVD процессы в плазме. Химическое осаждение из газовой фазы при пониженном давлении. Металлизация поверхности путем осаждения из газовой фазы. Осаждение металлических покрытий из карбониллов металлов. Допирование неорганических веществ в газовой фазе. Неорганические гетероструктуры и способы их получения из газовой фазы. Получение углеродных наноматериалов методом CVD.

2.3. Синтез неорганических соединений в специальных средах

Способы создания наноструктурных неорганических пленок. Синтез неорганических веществ в неводных растворителях. Синтез с использованием элементарноорганических соединений в качестве промежуточных продуктов. Полиольный процесс получения монокристаллов серебра и меди. Электрохимические методы синтеза продуктов химической технологии. Допирование неорганических материалов. Физико-химические основы синтеза соединений с нестехиометрическим составом. Самоорганизующиеся высокоупорядоченные наноструктуры. Создание фотоактивных материалов с широким спектром поглощения на основе диоксида титана. Синтез неорганических веществ при высоких температурах. Термические способы получения неорганических веществ. Термообработка как технологическая стадия производства оксидов и солей металлов с заданным составом и свойствами. Особенности процесса дегидратации различных типов гидратов. Плазмохимические, криогенногидратные способы получения неорганических веществ. Неорганические материалы для токопроводящих прозрачных покрытий.

Раздел 3. Технология чистых веществ и реактивов

3.1. Теоретические основы очистки веществ и классификация методов очистки

Классификация методов очистки веществ. Коэффициент разделения (распределения) примесей. Сравнительная оценка возможностей методов. Соединения реактивной квалификации и особо чистые вещества. Номенклатура и области их потребления. Основы составления материального баланса.

3.2. Химические методы очистки неорганических веществ

Химические методы очистки веществ. Очистка растворов осаждением примесей. Очистка осаждением основного вещества. Другие методы очистки растворов от примесей. Очистка с переводом примеси и основного вещества в газовую фазу. Галогенидный метод. Гидридный метод. Очистка с использованием элементарноорганических соединений. Карбонильный метод. Химические транспортные реакции.

3.3. Физико-химические методы очистки неорганических веществ

Дистилляционные (ректификационные) методы очистки неорганических соединений. Особенности проведения процесса при малых содержаниях примесей. Способы организации дистилляционных процессов. Получения минеральных кислот особой чистоты методом безпузырьковой дистилляции. Кристаллизационные методы. Кристаллизация из растворов. Фракционирование примесей в процессах кристаллизации из растворов. Основные показатели и закономерности фракционирования. Практическое использование процессов кристаллизации из растворов для получения чистых веществ и реактивов. Кристаллизация из расплавов. Зонная плавка. Основные факторы, влияющие на эффективность процесса. Применение зонной плавки для очистки веществ. Направленная кристаллизация. Экстракционные методы. Классификация экстрагентов. Экстракционные системы для очистки неорганических веществ. Многоступенчатые процессы очистки. Особенности аппаратного оформления процессов жидкостной экстракции. Адсорбционные методы. 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. Ионообменный метод получения чистых веществ. Получение ионитов. Их термохимическая устойчивость, механическая устойчивость. Особенности использования ионообменного метода в технологии чистых веществ. Мембранные методы разделения и очистки жидких и газовых сред. Виды мембран, их характеристика. Области применения. Специфика аппаратного оформления.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– роль и значение продуктов тонкого неорганического синтеза в создании эффективных технических материалов многоцелевого назначения;	+	+	+
2	– классификацию и характерные особенности методов синтеза неорганических соединений с заданным составом и свойствами;	+	+	+
3	– требования к продуктам тонкого неорганического синтеза, чистым веществам и реактивам, их классификацию;	+	+	+
4	– физико-химические основы производства продуктов тонкого неорганического синтеза и реактивов;	+	+	+
5	– технологические схемы получения продуктов тонкого неорганического синтеза;	+	+	+
6	– экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения.	+	+	+
	Уметь:			
7	– оценивать и выбирать способы получения продуктов с комплексом заданных свойств;	+	+	+
	– анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;	+	+	+
	– выполнять расчеты количественных соотношений между компонентами начальных и конечных продуктов, определять расходные нормы реагентов и выхода целевого продукта производства, в основе которого лежат физические процессы;	+	+	+
	– проводить анализ состава продуктов на содержание основных компонентов методами аналитической химии;	+	+	+
	– применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных научно-технических задач.	+	+	+
	Владеть:			
8	– основными навыками работы с продуктами тонкого неорганического синтеза, реактивами и особо чистыми веществами;	+	+	+
9	– умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов;	+	+	+

10	– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения;		+	+	+
11	– навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы		+	+	+
	– методами определения качества продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения</i> :					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
12	– ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты.	– ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов;	+	+	+
13	– ПК-4. Способен проводить поисковые исследования инновационных технологических процессов в области получения и использования химических веществ и функциональных материалов	– ПК-4.1 Знает физико-химические основы получения и использования химических веществ и функциональных материалов	+	+	+
		– ПК-4.2 Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства и использования химических веществ и функциональных материалов	+	+	+
		– ПК-4.3. Владеет методами получения, исследования и применения химических веществ и функциональных материалов	+	+	+
14	– ПК-5. Способен выбирать исследовательские приборы и технологическое оборудование и оптимизировать параметры процесса для производства и применения химических веществ и функциональных материалов с заданными свойствами	– ПК-5.1. Знает исследовательское и технологическое оборудование и правила его эксплуатации	+	+	+
		– ПК-5.2. Умеет подбирать и оптимизировать условия получения и использования химических веществ и функциональных материалов	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Классификация веществ по степени чистоты	1
2	1	Номенклатура чистых веществ	2
3	2	Получение труднорастворимых соединений способами химического осаждения.	2
4	2	Получение неорганических материалов в специальных средах	2
5	3	Коэффициент разделения (распределения) примесей	1
6	3	Оценка предельных возможностей химических методом очистки	1
7	3	Основы составления материального баланса	2
8	3	Кристаллизация из растворов	2
9	3	Технологические расчеты в процессах экстракции	2
10	3	Технологические расчеты в мембранных процессах	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов*» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче контрольных работ по материалу лекционного курса (1 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1, 2 и 3 (1 семестр) составляет 10, 20 и 30 баллов, соответственно.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Понятие о чистоте вещества.
2. Химические, физические, эксплуатационные свойства продуктов тонкого неорганического синтеза. Примеры.
3. Особенности выбора конструкционных материалов в производстве реактивов и особо чистых веществ.

Вопрос 1.2.

1. Экономические особенности производства продуктов тонкого неорганического синтеза.
2. Сырьевая, энергетическая и другие составляющие себестоимости продукции.
3. Особенности производства и контроля продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Особенности процессов зарождения новой фазы.
2. Гомогенные способы осаждения неорганических веществ и их варианты.
3. Функциональная схема процесса получения неорганических веществ методом химического осаждения.

Вопрос 2.2.

1. Теоретические аспекты химического осаждения неорганических веществ из газовой фазы.
2. Химическое осаждение из газовой фазы при пониженном давлении.
3. Химический предшественник. Основные требования, предъявляемые к химическому предшественнику.

Вопрос 2.3.

1. Классификация неорганических пленок и покрытий.
2. Методы подготовки поверхности подложек.
3. Методы получения неорганических пленок из жидкой фазы.

Вопрос 2.4.

1. Высокотемпературные способы получения неорганических веществ на примере оксидов металлов.
2. Электрохимические методы синтеза продуктов химической технологии.
3. Термообработка как технологическая стадия производства оксидов и солей металлов с заданным составом и свойствами.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 6 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Соединения реактивной квалификации и особо чистые вещества.

2. Практические особенности получения осч веществ.
3. Основные источники загрязнения примесями из атмосферы.

Вопрос 3.2.

1. Технология галогенидных методов очистки. Достоинства и недостатки.
2. Оценка предельных возможностей химических методов очистки.
3. Факторы, влияющие на процесс гидролитической очистки.

Вопрос 3.3.

1. Определение идеального коэффициента очистки кристаллов.
2. Понятие изоморфизм. Правило Гольдшмидта.
3. Схема дробной кристаллизации.

Вопрос 3.4.

1. Дистилляция и ректификация в технологии тонкого неорганического синтеза.
2. Ионообменный метод очистки. Классификация ионитов.
3. Мембранные методы в технологии тонкого неорганического синтеза.

Вопрос 3.5.

1. Оценить остаточную концентрацию ионов Fe^{3+} в воде ($\text{pH} = 7$) при его удалении в виде гидроксида железа (3+). $\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 3.2 \cdot 10^{-38}$.
2. Проведите оценку возможности очистки селена от примеси кремния гидридным методом при температуре 500K (ΔH_{298}^0 , кДж/моль: $\text{H}_2\text{Se} = 33.47$; $\text{SiH}_4 = 34.7$). В ответе необходимо указать порядок коэффициента разделения (т.е. если $\alpha = 2,3 \cdot 10^5$, то в ответе указываем 5) и эффективность предложенного метода разделения).
3. Рассчитайте коэффициент разделения ионов Ca^{2+} и Co^{2+} в обратноосмотической установке. Концентрация кальция и кобальта в исходном растворе составила 2.9 и 1.4 г/л, в пермеате – 0.08 и 0.2 г/л.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 20 баллов.

1. Классификация соединения реактивной квалификации и особо чистые вещества.
2. Оценка предельных возможностей химических методов очистки.
3. Проведите оценку возможности очистки селена от примеси кремния гидридным методом при температуре 500K (ΔH_{298}^0 , кДж/моль: $\text{H}_2\text{Se} = 33.47$; $\text{SiH}_4 = 34.7$). В ответе необходимо указать порядок коэффициента разделения (т.е. если $\alpha = 2,3 \cdot 10^5$, то в ответе указываем 5) и эффективность предложенного метода разделения).

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета (1 семестр).

Экзамен по дисциплине «Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины. Билет для *экзамена* состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» И.о. заведующего кафедрой ТНВ и ЭП (Должность, наименование кафедры) _____ А.В. Колесников (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 202__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – «Технология неорганических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства»
	Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов
Билет № 1 Вопрос 1 Классификация соединения реактивной квалификации и особо чистые вещества. Вопрос 2 Оценка предельных возможностей химических методов очистки. Вопрос 3 Методы получения неорганических пленок из жидкой фазы. Вопрос 4 Проведите оценку возможности очистки селена от примеси кремния гидридным методом при температуре 500К (ΔH_{298}^0, кДж/моль: $H_2Se = 33.47$; $SiH_4 = 34.7$). В ответе необходимо указать порядок коэффициента разделения (т.е. если $\alpha = 2,3 \cdot 10^5$, то в ответе указываем 5) и эффективность предложенного метода разделения).	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Девярых Г.Г. Введение в теорию глубокой очистки веществ / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев. - М.: Наука. 1981. - 320 с.
2. Варезкин, А. В. Физико-химические основы получения высокочистых веществ: учебное пособие / А. В. Варезкин. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - 159 с.
3. Девярых Г.Г. Глубокая очистка веществ: учебное пособие / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев. – 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. – 192 с.
4. Девярых Г.Г. Глубокая очистка веществ: учебное пособие для химических и химико-технологических специальностей вузов / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев. – М.: Высш. шк., 1974. – 160 с.
5. Десятов, А. В. Мембранные методы очистки природных и сточных вод: методические материалы для курсового и дипломного проектирования / А.В. Десятов, Н. Е. Кручинина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 159 с.

Б. Дополнительная литература

1. Девярых Г.Г. Методы получения веществ особой чистоты // Г.Г. Девярых, М.Ф. Чурбанов. -М.: Знание. 1976. – 64 с.
2. Литвин Б.Н. Гидротермальный синтез неорганических соединений / Б.Н. Литвин, В.И. Пополитов; ред. И.В. Тананаев; Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова АН СССР. – М.: Наука. 1984. – 185 с.
3. Кубасов В.Л. Электрохимическая технология неорганических веществ: учебник / В.Л. Кубасов, В.В. Банников. – М.: Химия. 1989. -288 с.
4. Кельцев, Н. В. Очистка отходящих газов от вредных примесей: текст лекций: Учебное пособие / Н.В. Кельцев. - М. : МХТИ, 1979. - 48 с

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Неорганические материалы» ISSN 0002-337X
- Журнал «Физическая химия» ISSN 0044-4537
- Журнал «Кристаллография» ISSN 0023-4761

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://e.lanbook.com/> - электронно-библиотечная система Лань
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <https://www.rms.org.uk/> - королевское сообщество по микроскопическим методам исследования
- <https://www.sciencedirect.com> - Книги и журналы издательства Elsevier
- <http://link.springer.com/> - Электронные книги издательства SpringerNature
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17, (общее число слайдов – 340);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 200).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

- Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.
- Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Научные основы технологии получения продуктов тонкого неорганического синтеза	<i>Знает:</i> - роль и значение продуктов тонкого неорганического синтеза в создании эффективных технических материалов многоцелевого назначения; - классификацию и характерные особенности методов синтеза неорганических соединений с заданным составом и свойствами; - требования к продуктам тонкого неорганического синтеза, чистым веществам и реактивам, их классификацию; - физико-химические основы производства продуктов тонкого неорганического синтеза и реактивов; - технологические схемы получения продуктов тонкого неорганического синтеза; - экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения. <i>Умеет:</i> - оценивать и выбирать способы получения продуктов с комплексом заданных свойств; - анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции; - выполнять расчеты количественных соотношений между компонентами начальных и конечных продуктов, определять расходные нормы реагентов и выхода целевого продукта производства, в основе которого лежат физические процессы; - проводить анализ состава продуктов на содержание основных компонентов методами аналитической химии; - применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (2 семестр)

	деятельности для решения конкретных научно-технических задач. <i>Владеет:</i> - основными навыками работы с продуктами тонкого неорганического синтеза, реактивами и особо чистыми веществами; - умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов; - методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения; - навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы; - методами определения качества продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.	
Раздел 2. Ресурсо-, энергосберегающие технологии получения функциональных неорганических продуктов с заданными свойствами и функциями	<i>Знает:</i> - роль и значение продуктов тонкого неорганического синтеза в создании эффективных технических материалов многоцелевого назначения; - классификацию и характерные особенности методов синтеза неорганических соединений с заданным составом и свойствами; - требования к продуктам тонкого неорганического синтеза, чистым веществам и реактивам, их классификацию; - физико-химические основы производства продуктов тонкого неорганического синтеза и реактивов; - технологические схемы получения продуктов тонкого неорганического синтеза; - экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения. <i>Умеет:</i> - оценивать и выбирать способы получения продуктов с комплексом заданных свойств; - анализировать взаимосвязь	Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр) Оценка за экзамен (2 семестр)

	технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции; - выполнять расчеты количественных соотношений между компонентами начальных и конечных продуктов, определять расходные нормы реагентов и выхода целевого продукта производства, в основе которого лежат физические процессы; - проводить анализ состава продуктов на содержание основных компонентов методами аналитической химии; - применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных научно-технических задач. <i>Владеет:</i> - основными навыками работы с продуктами тонкого неорганического синтеза, реактивами и особо чистыми веществами; - умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов; - методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения; - навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы; - методами определения качества продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.	
--	--	--

Раздел 3. Технология чистых веществ и реактивов	<i>Знает:</i> - роль и значение продуктов тонкого неорганического синтеза в создании эффективных технических материалов многоцелевого назначения; - классификацию и характерные особенности методов синтеза неорганических соединений с заданным составом и свойствами; - требования к продуктам тонкого неорганического синтеза, чистым веществам и реактивам, их классификацию; - физико-химические основы производства продуктов тонкого неорганического синтеза и реактивов; - технологические схемы получения продуктов тонкого неорганического синтеза; - экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения. <i>Умеет:</i> - оценивать и выбирать способы получения продуктов с комплексом заданных свойств; - анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции; - выполнять расчеты количественных соотношений между компонентами начальных и конечных продуктов, определять расходные нормы реагентов и выхода целевого продукта производства, в основе которого лежат физические процессы; - проводить анализ состава продуктов на содержание основных компонентов методами аналитической химии; - применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных научно-технических задач. <i>Владеет:</i> - основными навыками работы с	Оценка за контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за экзамен (2 семестр)
---	--	--

	продуктами тонкого неорганического синтеза, реактивами и особо чистыми веществами; - умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов; - методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения; - навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы; - методами определения качества продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов.	
--	---	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

«Основная образовательная программа высшего образования – программа магистратуры
«Технология неорганических веществ и сорбентов и катализаторов для их производства»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Комарницкая Елена Анатольевна
Проректор по образованию,
Ректорат

Подписан: 01:09:2025 14:56:03