Рабочая программа дисциплины (модуля) «Ионообменные процессы в технологии редких и редкоземельных металлов», включая оценочные материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

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

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	-	-
Профессиональные	-	ПК-1. Способен к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ядерного топливного цикла, в том числе с использованием радиоактивных материалов
	-	ПК-3. Способен осуществлять технологический процесс обращения, хранения, транспортировки и переработки ядерного топлива и иных ядерных материалов в соответствии с регламентом, с соблюдением норм охраны труда, правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной и ядерной безопасности

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

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-1	ПК-1.1	Понимает и может применить на практике знания теоретических основ технологических процессов производства основных функциональных материалов ядерного топливного цикла, в том числе с использованием радиоактивных материалов
ПК-3	ПК-3.1	Владеет теоретической базой осуществления технологического процесса ядерной энергетики и производства ее основных материалов, в том числе ядерного топлива и иных ядерных материалов, и может применить ее в профессиональной деятельности

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – изучение ионообменные процессов в технологии редких и редкоземельных металлов.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- современные методики проведения экспериментальных исследований в области ионообменных процессов и способы представления результатов исследований
- современные тенденции и новые перспективные ионообменных методы переработки минерального сырья, содержащего редкие, радиоактивные, цветные и благородные металлы, отработавшего топлива, а также в процессах очистки сточных вод и сбросных растворов;
- теоретические основы ионообменных процессов; методы исследования ионообменных равновесий; принцип работы основного технологического оборудования ионообменной технологии;

уметь:

- осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции;
- выявлять перспективные малоотходные технологии получения материалов на основе редких, рассеянных и радиоактивных элементов и их соединений составлять планы и программы проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач;

- применять полученные знания для разработки процессов извлечения редких благородных и редких тугоплавких металлов с использование ионообменных процессов;

владеть:

- способностью к безопасному проведению технологических процессов производства основных функциональных материалов ядерного топливного цикла с использованием ионообменной технологии
- основными критериями, лежащими в основе выбора ионообменной технологии в производстве редких, рассеянных и радиоактивных элементов;
- способностью к организации и проведению исследований по ионообменному способу выделения, разделения и тонкой очистке редких, благородных и редких тугоплавких металлов.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	***Формы обучения***
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	3/108
Контактная работа:	72
Занятия лекционного типа	36
Занятия семинарского типа	36
Консультации	0
Промежуточная аттестация: зачет с оценкой	0
Самостоятельная работа (СР)	36

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

Очная форма обучения

№ п/п	**Наименование тем (разделов)**	**Виды учебной работы (в часах)**						
		Контактная работа						**СР**
		Занятия лекционного типа		**Занятия семинарского типа**				
		Л	**Иные**	**ПЗ**	**С**	**ЛР**	**Иные**	
1.	Введение. Основные понятия и терминология. Классификация ионообменных материалов	4	0	4	0	0	0	4
2.	Общие сведения о синтезе ионообменных материалов	4	0	4	0	0	0	4
3.	Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов. Механическая, термическая, химическая и радиационная стойкость ионитов, отравление ионитов	4	0	4	0	0	0	4
4.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов	4	0	4	0	0	0	4
5.	Кинетика ионного обмена	4	0	4	0	0	0	4

6.	Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография	4	0	4	0	0	0	4
7.	Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике (сорбция из пульп, сорбция из растворов). Аппаратурное оформление ионообменных процессов	4	0	4	0	0	0	4
8.	Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований	4	0	4	0	0	0	4
9.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов	4	0	4	0	0	0	4

Примечания:

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

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

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Введение. Основные понятия и терминология. Классификация ионообменных материалов	Понятие ионного обмена, основная терминология. Матрицы и функциональные группы ионитов. Историческая справка. Роль ионного обмена в гидрометаллургии редких, и радиоактивных элементов, благородных и цветных металлов, процессах водоподготовки, технологии высокочистых веществ, утилизации отходов. Цель и задачи курса. Неорганические иониты (глины, цеолиты, гидратированные оксиды поливалентных металлов, малорастворимые соли поливалентных металлов, ферроцианиды, соли гетерополикислот, малорастворимые сульфиды) органические иониты (сульфоугли, активированные угли, иониты на основе

		целлюлозы, ионообменные смолы, включая катиониты, аниониты, амфолиты, комплексообразующие иониты, электроно- и электроноионообменники, иоонообменные мембраны, ионообменные ткани, комбинированные иониты–импрегнанты и твэксы.
2.	Общие сведения о синтезе ионообменных материалов	Принципы синтеза конденсационных и полимеризационных ионообменных смол. Особенности синтеза гелевых макросетчатых и макропористых ионообменных смол. Методы синтеза неорганических ионитов. Способы получения комбинированных ионитов. Твэксы и импрегнанты. Получения активированных углей и способы изменения их ионообменных свойств.
3.	Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов. Механическая, термическая, химическая и радиационная стойкость ионитов, отравление ионитов	Явления, происходящие при контакте ионитов с водными растворами. Основные характеристики ионитов: влажность, емкость, удельный объем, влагоемкость, зернение ионитов. Взаимосвязь набухания ионитов с их емкостью, сшитостью, концентрацией и кислотностью раствора. Донановское равновесие. Кислотно-основные свойства ионитов, потенциометрическое титрование ионитов. Механическая прочность ионитов – стойкость к истиранию и осмотическая стойкость. Явление осмотического шока. Термическая стойкость органических и неорганических ионитов. Изменения в ионитах, происходящие при повышенных температурах. Химическая стойкость органических и неорганических ионитов в растворах солей, кислот, щелочей, окислителей. Радиационная стойкость ионитов. Явление отравления ионитов и способы его устранения.
4.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов	Общие сведения о структуре водных растворов, состоянии ионов в растворах и образовании координационных соединений в растворах. Константа равновесия и селективность ионного обмена. Электроселективность. Взаимосвязь селективности ионного обмена с взаимодействия в фазе раствора и фазе ионита. Уравнение Эйзенмана. Природа селективности катионного и анионного обмена. Особенности ионного обмена на комплексообразующих ионитах, комплексообразование ионов металлов с функциональными группами ионитов. Понятие изотермы сорбции. Влияние состава растворов и строения ионитов на селективность ионного обмена. Ситовой эффект. Закономерности катионного обмена и анионного обмена в разбавленных и концентрированных водных растворах. Влияние лигандов, способных к комплексообразованию с ионами металлов, на селективность ионитов. Влияние органических растворителей и температуры на избирательные свойства ионитов. Природа селективности ионного обмена на неорганических ионитах и активированных углях.
5.	Кинетика ионного обмена	Скорость ионного обмена, ионный обмен как многостадийный процесс, скоростьлимитирующая стадия. Коэффициенты диффузии ионов, эффективные коэффициенты диффузии, время полуобмена. Методы определения стадии, лимитирующей скорость ионного обмена. Уравнения, описывающие пленочную и гелевую кинетику. Экспериментальное определение эффективных коэффициентов диффузии ионов. Влияние заряда обменивающихся ионов, концентрации растворов, набухания, пористой структуры и природы функциональных групп ионитов на величину коэффициентов внутренней диффузии. Влияние температуры на скорость ионного обмена, энергия активации ионообменных процессов. Особенности кинетики ионного обмена на неорганических и комбинированных ионитах.
6.	Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография	Явления, происходящие при протекании раствора через колонку с ионитом, формирование фронта сорбции ионов в колонне и его перемещение по высоте слоя. Выходные кривая

		сорбции и десорбции ионов, емкость до проскока и полная динамическая обменная емкость. Уравнение Шилова. Основные виды ионообменной хроматографии: фронтальная, элюентная (обычная элюентная, ступенчатая, селективная, вытеснительная, с замедлителем,). Представления о тарелочной теории.
7.	Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике (сорбция из пульп, сорбция из растворов). Аппаратурное оформление ионообменных процессов	Основные стадии ионобменного процесса: подготовка ионита, сорбция, десорбция, регенерация ионита, промывка. Особенности проведения десорбции ионов металлов из ионитов различной природы. Сорбция из растворов и сорбция из пульп. Применение колонных аппаратов с неподвижным слоем ионита, с движущимся слоем ионита, каскадов аппаратов с перемешиванием ионита.
8.	Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований	Основные факторы, определяюшие выбор ионита, технологическую схему процесса и его аппаратурное оформление: состав растворов, степень, состояние извлекаемых и посторонних ионов в исходных растворах (катионы, анионы, нейтральные молекулы, коллоидные частицы), допустимость изменения параметров исходных растворах, легкость десорбции извлекаемых компонентов из ионитов и возможность простого выделения ценных компонентов из десорбатов в виде товарных продуктов или полупродуктов, удобных для дальнейшей переработки (или выделения вредных компонентов в виде компактных соединений, пригодных для захоранивания). Общий порядок и методика проведения исследований для выбора ионита и принципиальной технологической схемы процесса.
9.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов	Примеры применения ионного обмена в процессах водоочистки, в гидрометаллургии урана, молибдена, вольфрама, рения, редкоземельных элементов, золота, получения высокочистых соединений различных элементов, извлечения и очистки плутония и нептуния в процессах переработки облученного ядерного горючего, очистки жидких радиоактивных отходов от цезия-137, очистки отработанных растворов и промывных вод гальванического производства.

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Введение. Основные понятия и терминология. Классификация ионообменных материалов	ПЗ	Классификация ионообменных материалов. Особенности строения неорганических ионитов. Состав функциональных групп ионообменных смол. Ионообменные мембраны
2.	Общие сведения о синтезе ионообменных материалов	ПЗ	Принципы синтеза конденсационных и полимеризационных ионообменных смол. Особенности синтеза гелевых макросетчатых и макропористых ионообменных смол. Методы синтеза неорганических ионитов. Способы получения комбинированных ионитов. Твэксы и импрегнанты. Получения активированных углей и способы изменения их ионообменных свойств.
3.	Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов. Механическая, термическая, химическая и радиационная стойкость ионитов, отравление ионитов	ПЗ	Способы определения основных характеристики ионитов. Особенности проведения потенциометрического титрования ионитов.
4.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов	ПЗ	Особенности селективности катионного и анионного обмена. Ряды сродства ионов к катионитам, анионитам и комплексообразующим ионитам. Коэффициенты распределения, разделения, константы обмена.
5.	Кинетика ионного обмена	ПЗ	Основные количественные характеристики, описывающие кинетику ионного обмена.

			Экспериментальное определение времени полуобмена, эффективных коэффициентов диффузии ионов.
6.	Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография	ПЗ	Факторы, влияющие на форму выходной кривой: селективность и кинетика ионного обмена, скорость подачи раствора, зернение сорбента, отношение высоты слоя сорбента к диаметру колонны, температура. Применение различных видов хроматографии для решения практических задач.
7.	Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике (сорбция из пульп, сорбция из растворов). Аппаратурное оформление ионообменных процессов	ПЗ	Особенности проведения процессов сорбции из пульп. Сорбционное выщелачивание. Типы колонных аппаратов.
8.	Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований	ПЗ	Последовательность проведения отдельных экспериментов при выборе ионообменной технологии (на примерах из практики).
9.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов	ПЗ	Умягчение и деионизации воды. Ионный обмен в технологии рассеянных редких элементов. Особенности хроматографического разделения редкоземельных металлов.

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Введение. Основные понятия и терминология. Классификация ионообменных материалов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
2.	Общие сведения о синтезе ионообменных материалов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
3.	Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов. Механическая, термическая, химическая и радиационная стойкость ионитов, отравление ионитов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
4.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
5.	Кинетика ионного обмена	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
6.	Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
7.	Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике (сорбция из пульп, сорбция из растворов). Аппаратурное оформление ионообменных процессов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
8.	Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа

9.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа

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

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

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Введение. Основные понятия и терминология. Классификация ионообменных материалов	Устный опрос. Реферат
2.	Общие сведения о синтезе ионообменных материалов	Устный опрос. Реферат
3.	Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов. Механическая, термическая, химическая и радиационная стойкость ионитов, отравление ионитов	Устный опрос. Реферат
4.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов	Устный опрос. Реферат
5.	Кинетика ионного обмена	Устный опрос. Реферат
6.	Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография	Устный опрос. Реферат
7.	Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике (сорбция из пульп, сорбция из растворов). Аппаратурное оформление ионообменных процессов	Устный опрос. Реферат
8.	Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований	Устный опрос. Реферат
9.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов	Устный опрос. Реферат

3.1.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля успеваемости

Устный опрос

1. Классификация ионообменных материалов.
2. Особенности строения неорганических ионитов.
3. Состав функциональных групп ионообменных смол.
4. Ионообменные мембраны
5. Принципы синтеза конденсационных и полимеризационных ионообменных смол.
6. Особенности синтеза гелевых макросетчатых и макропористых ионообменных смол.
7. Методы синтеза неорганических ионитов.
8. Способы получения комбинированных ионитов.
9. Твэксы и импрегнанты.
10. Получения активированных углей и способы изменения их ионообменных свойств.
11. Способы определения основных характеристики ионитов.
12. Особенности проведения потенциометрического титрования ионитов.
13. Особенности селективности катионного и анионного обмена.

14. Ряды сродства ионов к катионитам, анионитам и комплексообразующим ионитам.
15. Коэффициенты распределения, разделения, константы обмена.
16. Основные количественные характеристики, описывающие кинетику ионного обмена.
17. Экспериментальное определение времени полуобмена, эффективных коэффициентов диффузии ионов.
18. Факторы, влияющие на форму выходной кривой: селективность и кинетика ионного обмена, скорость подачи раствора, зернение сорбента, отношение высоты слоя сорбента к диаметру колонны, температура.
19. Применение различных видов хроматографии для решения практических задач.
20. Особенности проведения процессов сорбции из пульп.
21. Сорбционное выщелачивание.
22. Типы колонных аппаратов.
23. Последовательность проведения отдельных экспериментов при выборе ионообменной технологии (на примерах из практики).
24. Умягчение и деионизации воды.
25. Ионный обмен в технологии рассеянных редких элементов.
26. Особенности хроматографического разделения редкоземельных металлов.

Исследовательский проект (реферат)

1. Сорбционное извлечение ванадия на анионитах различной основности.
2. Сорбционное извлечение урана из карбонатных растворов.
3. Конверсия вольфрамата натрия в вольфрамат аммония с помощью сильноосновных
4. анионитов.
5. Конверсия вольфрамата натрия в вольфрамат аммония с помощью слабоосновных
6. анионитов.
7. Извлечение рения из сульфатных растворов на анионитах с различной морфологии матрицы.
8. Кинетика сорбции рения на анионитах с различной морфологии матрицы.
9. Сорбционное извлечение рения из растворов от выщелачивания пылей медно-никелевого производства.
10. Сравнительные данные по сорбции молибдена из растворов минеральных кислот на
11. фосфонокислотных катионитах и анионитах
12. Сорбционное извлечение молибдена из травильных растворов электролампового
13. производства.
14. 10. Извлечение родия из хлоридных растворов на анионитах и комплексообразующих ионитах.
15. Нахождение условий десорбции железа из фосфорнокислотных катионитов.
16. Сорбционное извлечение палладия из многокомпонентных хлоридных растворов
17. Извлечение молибдена в процессе осаждения вольфрамовой кислоты сорбцией из
18. пульпы.
19. Катионообменное извлечение лантана из бедных растворов.
20. Сорбция скандия из растворов минеральных кислот на ионитах различных классов.
21. Сорбционное извлечение скандия из карбонатно-бикарбонатных растворов.
22. Опробование новых ионитов для сорбционного извлечения рения.
23. Опробование новых ионитов для сорбционного извлечения скандия.
24. Сорбционная очистка растворов РЗЭ от примесей.

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

Устный ответ

Оценка знаний предполагает дифференцированный подход к обучающемуся, учет его индивидуальных способностей, степень усвоения и систематизации основных понятий и категорий по дисциплине. Кроме того, оценивается не только глубина знаний

поставленных вопросов, но и умение использовать в ответе практический материал. Оценивается культура речи, владение навыками ораторского искусства.

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

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

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

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

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

Исследовательский проект (реферат)

Исследовательский проект – проект, структура которого приближена к формату научного исследования и содержит доказательство актуальности избранной темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, историографии, обобщение результатов, выводы.

Результаты выполнения исследовательского проекта оформляется в виде реферата.

Критерии оценивания - поскольку структура исследовательского проекта максимально приближена к формату научного исследования, то при выставлении учитывается доказательство актуальности темы исследования, определение научной проблемы, объекта и предмета исследования, целей и задач, источников, методов исследования, выдвижение гипотезы, обобщение результатов и формулирование выводов, обозначение перспектив дальнейшего исследования.

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

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

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

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

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Критерии оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Шкала оценивания	Результаты обучения	Показатели оценивания результатов обучения
ОТЛИЧНО	Знает:	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил материал, уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - на основе системных научных знаний делает квалифицированные выводы и обобщения, свободно оперирует категориями и понятиями.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, используя научные понятия, ссылаясь на нормативную базу.

	Владеет:	- обучающийся владеет рациональными методами (с использованием рациональных методик) решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал навыки - выделения главного, - связкой теоретических положений с требованиями руководящих документов, - изложения мыслей в логической последовательности, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
ХОРОШО	Знает:	- обучающийся твердо усвоил материал, достаточно грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений, оперирует категориями и понятиями, но не всегда правильно их верифицирует.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и в основном правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, не в полной мере используя научные понятия и ссылки на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся в целом владеет рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении смог продемонстрировать достаточность, но не глубинность навыков, - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся ориентируется в материале, однако затрудняется в его изложении; - показывает недостаточность знаний основной и дополнительной литературы; - слабо аргументирует научные положения; - практически не способен сформулировать выводы и обобщения; - частично владеет системой понятий.
	Умеет:	- обучающийся в основном умеет решить учебно-профессиональную задачу или задание, но допускает ошибки, слабо аргументирует свое решение, недостаточно использует научные понятия и руководящие документы.
	Владеет:	- обучающийся владеет некоторыми рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал недостаточность навыков - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
НЕУДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся не усвоил значительной части материала; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует квалифицированных выводов и обобщений; - не владеет системой понятий.
	Умеет:	обучающийся не показал умение решать учебно-профессиональную задачу или задание.
	Владеет:	не выполнены требования, предъявляемые к навыкам, оцениваемым «удовлетворительно».

3.2.2. Контрольные задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов для устных ответов (варианты теста)

1. Основные области использования ионного обмена в современной химической технологии и гидрометаллургии.
2. Общая классификация ионообменных материалов.
3. Классификация неорганических ионитов. Принципиальные методы синтеза гранулированных неорганических ионитов.
4. Ионообменные свойства неорганических ионитов различного типа, природа селективности неорганических ионитов.
5. Классификация ионообменных смол. Типы полимерных матриц ионообменных смол, функциональные группы катионитов, анионитов, комплексообразующих ионитов. Маркировка ионообменных смол.
6. Синтез конденсационных и полимеризационных ионообменных смол (принципиальные основы). Гелевые и макропористые ионообменные смолы, сравнительные характеристики. Основы синтеза макропористых ионообменных смол.
7. Способы введения функциональных групп в полимерные матрицы полимеризационных ионитов.
8. Ионообменные мембраны. Типы ионообменные мембраны, принципиальные способы синтеза гомогенных и гетерогенных мембран. Применение ионообменных мембран.
9. Активные угли. Получение, строение, ионообменные свойства, применение.
10. Твэксы и импрегнанты. Способы введения экстрагентов в полимерные матрицы.
11. Основные характеристики ионитов: полная обменная емкость, удельный объем, набухаемость, и способы их определения. Взаимосвязь набухания ионитов с их емкостью, сшитостью, видом противоиона, концентрацией и кислотностью раствора.
12. Необменная сорбция электролитов (Доннановское поглощение). Факторы, от которых зависит величина необменной сорбции электролитов.
13. Кислотно-основные свойства ионитов, форма кривых потенциометрического титрования (зависимостей емкости от pH растворов) сильно- и слабокислотных катионитов, сильно- и слабоосновных анионитов.
14. Понятие селективности ионного обмена. Константа равновесия ионного обмена, коэффициент распределения, коэффициент разделения. Понятие электроселективности.
15. Взаимосвязь селективности ионного обмена с взаимодействиями в фазе раствора и в фазе ионита.
16. Основные факторы, определяющие селективность катионного и анионного обмена. Ряды сродства катионов к сильно- и слабокислотным катионитам, анионов к анионитам.
17. Влияние строения ионитов (природы матрицы и сшитости) на селективность ионного обмена. Ситовой эффект.
18. Особенности ионного обмена на комплексообразующих ионитах. Комплексообразование ионов металлов с функциональными группами ионитов.
19. Общие особенности ионного обмена в концентрированных растворах. Влияние концентрации и состава растворов на селективность катионного обмена и анионного обмена.
20. Анионообменная сорбция ионов металлов в растворах с переменной концентрацией кислот или солей, анионы которых способны к комплексообразованию с ионами металлов (на примере соляной кислоты).
21. Механическая стойкость ионитов: механическая прочность и осмотическая устойчивость. Факторы, влияющие на механическую стойкость ионитов, методы оценки.

22. Термическая устойчивость ионитов. Процессы, происходящие при нагревании или замораживании ионообменных смол и неорганических ионитов. Основные факторы, определяющие термическую устойчивость ионитов, критерии оценки.
23. Химическая устойчивость ионообменных смол и неорганических ионитов. Реакции, протекающие при взаимодействии ионитов с растворами различных реагентов. Методы оценки химической устойчивости ионитов.
24. Радиационная стойкость ионитов. Реакции в ионитах, протекающие под действием радиационного облучения. Методы оценки радиационной стойкости ионитов. Сравнительные данные о радиационной стойкости ионитов различной природы
25. Отравление ионитов и способы его устранения.
26. Стадии ионообменного процесса. Основные способы осуществления ионообменных процессов (статический, динамический, неподвижный, движущийся слой ионита), их достоинства и недостатки, критерии, лежащие в основе выбора способа.
27. Основные типы ионообменных аппаратов.
28. Понятие изотермы сорбции. Принцип расчета числа аппаратов при проведении ионообменного процесса в каскаде аппаратов статических условиях (в аппаратах с перемешиванием).
29. Сорбция в каскаде аппаратов статических условиях. Сорбция из пульп, сорбционное выщелачивание
30. Динамика ионного обмена. Формирование фронта сорбции ионов в колонне и его перемещение по высоте слоя. Полная динамическая обменная емкость и емкость до проскока. Выходные кривые сорбции.
31. Уравнение Шилова. Основные факторы, оказывающие влияние на форму выходных кривых.
32. Десорбция (элюирование) ионов. Выходные кривые десорбции. Факторы, оказывающие влияние на форму выходных кривых десорбции. Основы тарелочной теории.
33. Виды ионообменной хроматографии (фронтальная, элюентная). Критерии применимости того или иного вида хроматографии для разделения ионов металлов.
34. Элюентная хроматография и ее разновидности. Применение различных видов хроматографии для решения практических задач.
35. Основные принципы, лежащие в основе выбора ионообменной технологии. Методика проведения технологических исследований.
36. Кинетика ионного обмена. Понятие скоростьлимитирующей стадии. Характер зависимостей степени достижения равновесия от времени при пленочной и гелевой диффузии. Методы определения стадии, лимитирующей скорость ионного обмена.
37. Коэффициенты диффузии ионов, взаимное влияние обменивающихся ионов, эффективные коэффициенты диффузии, время полуобмена. Основные факторы, влияющие на скорость ионного обмена.
38. Влияние температуры на равновесие и кинетику ионного обмена.
39. Ионный обмен в процессах водоподготовки (декатионирование, деионизация).
40. Применение активных углей в гидрометаллургии золота.
41. Применение ионообменных смол в гидрометаллургии золота.
42. Ионный обмен в технологии урана.
43. Ионный обмен в технологии молибдена.
44. Ионный обмен в технологии вольфрама.
45. Ионный обмен в технологии рения.
46. Ионный обмен в технологии скандия.
47. Ионный обмен в технологии разделения редкоземельных элементов и получения соединений индивидуальных редкоземельных элементов.
48. Ионный обмен в технологии платиновых металлов.
49. Ионный обмен в гидрометаллургии меди.

50. Ионный обмен в гидрометаллургии никеля и кобальта.
51. Ионообменные процессы очистки промышленных сбросных растворов и сточных вод предприятий обработки цветных металлов, гальванических установок.
52. Ионный обмен в технологии плутония
53. Ионный обмен в процессах обезвреживания жидких радиоактивных отходов в атомной энергетике.

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

Процедура оценивания знаний (тест)

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

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2 вопроса
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	- требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров их научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминологии

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

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	- выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

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

4.1. Электронные учебные издания

1. Кудреватых, Н. В. Физика металлов. Редкоземельные металлы и их соединения : учебное пособие для вузов / Н. В. Кудреватых, А. С. Волегов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 197 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9977-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/492228.
2. Поляков, Е. Г. Металлургия редкоземельных металлов : учебное пособие для вузов / Е. Г. Поляков, А. В. Нечаев, А. В. Смирнов. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 501 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12813-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/518961.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

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

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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

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

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

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и

обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

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

* Номер конкретной аудитории указан в приказе об аудиторном фонде, расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.