Рабочая программа дисциплины (модуля) «Экстракция в технологии редких металлов», включая оценочные материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

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

ПК-1.1; ПК-3.1

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) – углубленное изучение основ экстракционного способа извлечения элементов из водного раствора в органический, содержащий экстрагент, с целью концентрирования целевого компонента или разделения близких по свойствам элементов, широко применяемых в современной гидрометаллургии редких металлов и в технологии радиохимической переработки отработавшего ядерного топлива.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- основные положения термодинамики экстракции и параметры, описывающие экстракционное равновесие;
- основные положения кинетики экстракции металлов и пути интенсификации скорости экстракционного массопереноса;
- состав и строение экстрагентов кислотного, нейтрального и основного типа, механизмы извлечения металлов в органическую фазу, влияние состава и строения на экстракционную способность и возможность реэкстракции;
- состав смесей экстрагентов для получения синергетного эффекта;
- возможности супрамолекулярных экстрагентов для извлечения и разделения редких металлов;
- основные требования к экстрагентам и разбавителям в технологии редких металлов;
- варианты выполнения экстракционного процесса;

уметь:

- подобрать подходящий экстрагент для извлечения и концентрирования целевого редкого металла (или разделения смеси редких металлов) из водного раствора конкретного состава;
- проводить сравнение известных и вновь синтезированных экстрагентов и давать компетентную оценку их преимуществам и недостаткам;
- установить механизм экстракции редкого металла при использовании ранее не изученных экстракционных систем и предложить условия реэкстракции;
- находить оптимальные варианты и условия проведения экстракционных процессов с целью исключения появления межфазных образований;

владеть:

- методами расчета термодинамических и кинетических параметров экстракционного процесса;
- методами установления состава синергетных комплексов при экстракции смесью экстрагентов;
- навыками практического применения знаний об извлечении редких металлов экстракционными методами.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

<i>Виды учебной работы</i>	<i>Формы обучения</i>
	<i>Очная</i>
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	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)						СР
		Контактная работа						
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				
		Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Термодинамика экстракции							
2.	Кинетика экстракции							
3.	Экстрагенты различной природы							
4.	Экстракция смесями экстрагентов. Супрамолекулярные экстрагенты							
5.	Требования к экстрагентам. Экстракция из многокомпонентных растворов							
6.	Различные варианты выполнения экстракционного извлечения							

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.	Термодинамика экстракции	<p>Жидкостная экстракция. Отличие извлечения неорганических соединений в органическую фазу от органических. Термодинамика экстракции. Правило фаз. Установление равновесия при выравнивании химических потенциалов. Отличие экстракции электролитов от экстракции неэлектролитов. Различные виды изотермы экстракции. Графическое и математическое изображение изотермы. Объяснение S-образности начального участка изотермы при графическом изображении.</p> <p>Коэффициенты распределения и разделения элементов. Степень извлечения. Закон действующих масс при экстракции с химической реакцией взаимодействия с экстрагентом. Константы равновесия: термодинамическая, эффективная и концентрационная.</p> <p>Высаливание при экстракции и его причины. Метод разбавления как способ определения химизма экстракционного процесса. Определение величины рН полуэкстракции.</p>
2.	Кинетика экстракции	<p>Кинетика экстракции. Двухпленочная теория Нернста-Льюиса-Уитмена. β коэффициент массопередачи. Аддитивность фазовых сопротивлений. Условия правомерности двухпленочной теории. Влияние размера капель экстракционной эмульсии на массопередачу. Определение коэффициента массопередачи экспериментальным путем. Процессы, происходящие на границе раздела фаз.</p> <p>Состояние неорганических веществ на границе раздела фаз. Структурно-механический барьер на границе раздела фаз и его влияние на ход кинетической кривой. Роль поверхностно-активных веществ (ПАВ) в экстракционных процессах. Расчет параметра упаковки. Мицеллярная экстракция.</p>
3.	Экстрагенты различной природы	<p>Классификация экстрагентов. Экстрагенты кислотного типа. Карбоновые, фосфорорганические и фосфонитрильные кислоты. Их структуры и ионообменные группы. Механизм экстракции кислотными экстрагентами. Влияние состава на экстракционную способность. Закон действующих масс применительно к экстрагентам кислотного типа. Возможность димеризации кислых экстрагентов. Тетрадный эффект при экстракции РЗЭ. Реэкстракция металлов из органической фазы. Хелатирующие реагенты. β-дикетоны. Кето-енольная перегруппировка. Оксиоксимы. Причины повышенной устойчивости хелатных соединений.</p> <p>Нейтральные экстрагенты. Их структуры и функциональные группы. Карбонильные и фосфорильные экстрагенты. Сульфоксиды. N-окиси. Нейтральные фосфорорганические соединения (НФОС). Экстракция неорганических кислот и металлов. Сольватный механизм экстракции. Сольватное число. Установление величины сольватного числа. Влияние состава НФОС на экстракционную способность. Эффект аномального арильного упрочнения. Закон действующих масс применительно к НФОС. Реэкстракция металлов из НФОС.</p> <p>Экстрагенты-основания. Первичные, вторичные и третичные амины. Механизм экстракции кислот и металлов. Ассоциация солей аминов в органической фазе. Условия появления «третьей фазы». Четвертичные аммониевые основания и их соли. Механизм экстракции металлов. Реакции присоединения и замещения. Особенности состояния органических солей</p>

		металлов при экстракции четвертичными аммониевыми солями. Реэкстракция.
4.	Экстракция смесями экстрагентов. Супрамолекулярные экстрагенты	Экстракция смесями экстрагентов. Бинарные экстрагенты. Реакции их получения. Механизм экстракции и реэкстракции бинарными экстрагентами. Возможность извлечения из кислых, солевых и щелочных растворов. Реакции экстракции и реэкстракции металлов. Синергетный и антагонистический эффект при экстракции металлов смесями экстрагентов. Причины синергетного и антагонистического эффекта. Смеси экстрагентов, дающие максимальный синергетный эффект. Синергетный эффект при добавке нейтральных экстрагентов к солям четвертичных аммониевых оснований. Методы определения состава синергетных соединений. Бифункциональные экстрагенты. Карбамоилфосфиноксиды. Супрамолекулярные экстрагенты. Краун-эфиры и криптанды. Механизм извлечения металлов в краун-эфиры. Реакция «гость – хозяин». Влияние величины полости краун-эфира на селективность. Примеры краун-эфиров для извлечения определенных металлов. Разделение изотопов с применением краун-эфиров. Достоинства и недостатки краун-эфиров. Роль краун-эфиров в экстракции анионов. Поданды. Сравнение подандов и краун-эфиров. Каликсарены.
5.	Требования к экстрагентам. Экстракция из многокомпонентных растворов	Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: экстракционная способность, селективность, физические свойства (плотность), стоимость, минимальная токсичность, отсюда – величина растворимости в водной фазе, химическая и гидролитическая устойчивость. Примеры экстрагентов, широко применяемых в технологии. Разбавители экстрагентов. Требования к их свойствам. Коллоидно-химические аспекты экстракционных процессов. Возможность появления «третьей фазы». Отличие «третьей фазы от появляющихся на границе раздела фаз межфазных образований. Модификаторы. Экстракция из многокомпонентных растворов. Влияние природы фоновой минеральной кислоты на селективность экстрагентов. Влияние концентрации фоновой кислоты на извлечение металлов. Экстракция из растворов, многокомпонентных по металлу. Условия и причины увеличения экстрагируемости одного из компонентов или ее подавления в результате наличия другого металла.
6.	Различные варианты выполнения экстракционного извлечения	Экстракция металлов в условиях отличия от наиболее распространенной двухфазной системы «водный раствор солей металла – органический раствор экстрагента». ТВЭСы и импрегнаты. Экстракция в множественные эмульсии. Пертрактор. Концентрирование целевого элемента в результате транспортной реакции при переносе через твердую мембрану, содержащую растворенный экстрагент, в фазу, содержащую реэкстрагирующий реагент. Сверхкритическая флюидная экстракция.

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Термодинамика экстракции	ПЗ	Экстракционное равновесие. Термодинамика. Построение изотерм экстракции различных редких металлов кислотами, нейтральными либо основными экстрагентами на основе справочных данных, расчет концентрационных констант равновесия в широком интервале условий эксперимента.
2.	Кинетика экстракции	ПЗ	Кинетика экстракции. Определение коэффициентов массопередачи по органической и водной фазе из заданных экспериментальных кинетических кривых. Установление размерности коэффициента.

3.	Экстрагенты различной природы	ПЗ	Установление механизма экстракции редкого металла экстрагентом кислотного типа и нейтральным экстрагентом логарифмическим методом из заданных экспериментальных данных. Определение сольватного числа. Определение степени извлечения при изменении условий.
4.	Экстракция смесями экстрагентов. Супрамолекулярные экстрагенты	ПЗ	Установление механизма экстракции редкого металла экстрагентом основного типа логарифмическим методом из заданных экспериментальных данных. Установление состава синергетного комплекса
5.	Требования к экстрагентам. Экстракция из многокомпонентных растворов	ПЗ	Экстракция редкого металла из многокомпонентных растворов. Обзор конкретных результатов влияния кислотности на экстракцию металлов при использовании экстрагентов различных классов. Разбор случаев подавления экстракции и усиления экстракции одного металла другим.
6.	Различные варианты выполнения экстракционного извлечения	ПЗ	Коллоидно-химический аспект экстракционного извлечения. Состояние границы раздела фаз под влиянием ПАВ. Возможность избежать приложения механической энергии для перемешивания фаз. Экстрагенты–ПАВ. Дипольные моменты экстрагируемых соединений. Экспериментальные доказательства концентрирования неорганических полимеров на ГРФ с образованием пленок (по литературным данным).

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Термодинамика экстракции	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
2.	Кинетика экстракции	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
3.	Экстрагенты различной природы	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
4.	Экстракция смесями экстрагентов. Супрамолекулярные экстрагенты	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
5.	Требования к экстрагентам. Экстракция из многокомпонентных растворов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
6.	Различные варианты выполнения экстракционного извлечения	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.	Термодинамика экстракции	Контрольная работа
2.	Кинетика экстракции	Контрольная работа
3.	Экстрагенты различной природы	Контрольная работа
4.	Экстракция смесями экстрагентов. Супрамолекулярные экстрагенты	Контрольная работа
5.	Требования к экстрагентам. Экстракция из многокомпонентных растворов	Контрольная работа

6.	Различные варианты выполнения экстракционного извлечения	Контрольная работа
----	--	--------------------

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

Контрольная работа

Контрольная работа № 1

1. Определение процесса жидкостной экстракция.
2. Отличие извлечения неорганических соединений в органическую фазу от органических.
3. Термодинамика экстракции. Правило фаз.
4. Установление равновесия при выравнивании химических потенциалов.
5. Отличие экстракции электролитов от экстракции неэлектролитов.
6. Изотермы экстракции и их виды.
7. Графическое и математическое изображение изотерм экстракции.
8. Объяснение S-образности начального участка изотермы при графическом изображении.
9. Коэффициенты распределения и разделения элементов.
10. Закон действующих масс при экстракции с химической реакцией взаимодействия с экстрагентом.
11. Константы равновесия: термодинамическая, эффективная и концентрационная.
12. Высаливание при экстракции и его причины.
13. Метод разбавления как способ определения химизма экстракционного процесса.
14. Определение величины рН полуэкстракции.
15. Кинетика экстракции. Двухпленочная теория Нернста-Льюиса—Уитмена.
16. β коэффициент массопередачи.
17. Аддитивность фазовых сопротивлений.
18. Условия правомерности двухпленочной теории.
19. Влияние размера капель экстракционной эмульсии на массопередачу.
20. Определение коэффициента массопередачи экспериментальным путем.
21. Процессы, происходящие на границе раздела фаз.
22. Состояние неорганических веществ на границе раздела фаз.
23. Структурно-механический барьер на границе раздела фаз и его влияние на ход кинетической кривой.
24. Роль поверхностно-активных веществ (ПАВ) в экстракционных процессах.
25. Расчет параметра упаковки.
26. Мицеллярная экстракция.

Контрольная работа № 2

1. Классификация экстрагентов.
2. Экстрагенты кислотного типа. Карбоновые, фосфорорганические и фосфонитрильные кислоты.
3. Структуры и ионообменные группы экстрагентов кислотного типа.
4. Механизм экстракции кислыми экстрагентами. Влияние состава на экстракционную способность
5. Закон действующих масс применительно к экстрагентам кислотного типа.
6. Возможность димеризации кислых экстрагентов.
7. Тетрадный эффект при экстракции РЗЭ кислотными экстрагентами.
8. Реэкстракция металлов из органической фазы.
9. Хелатирующие реагенты. β -дикетоны.
10. Кето-енольная перегруппировка.
11. Хелатирующие реагенты. Оксиксимы.
12. Нейтральные экстрагенты. Их структуры и функциональные группы.
13. Карбонильные и фосфорильные экстрагенты.

14. Нейтральные экстрагенты. Сульфоксиды. N-окиси.
15. Нейтральные фосфорорганические соединения (НФОС).
16. Экстракция неорганических кислот и металлов нейтральными экстрагентами.
17. Сольватный механизм экстракции.
18. Сольватное число. Установление величины сольватного числа.
19. Гидратно-сольватный механизм экстракции.
20. Влияние состава НФОС на экстракционную способность. Эффект аномального арильного упрочнения.
21. Закон действующих масс применительно к НФОС.
22. Реэкстракция металлов из НФОС.
23. Экстрагенты-основания. Первичные, вторичные и третичные амины.
24. Механизм экстракции кислот и металлов.
25. Ассоциация солей аминов в органической фазе. Условия появления «третьей фазы».
26. Четвертичные аммониевые основания и их соли.
27. Механизм экстракции металлов. Реакции присоединения и замещения.
28. Особенности состояния органических солей металлов при экстракции четвертичными аммониевыми солями.
29. Реэкстракция металлов из солей четвертичных аммониевых оснований.
30. Экстракция смесями экстрагентов. Бинарные экстрагенты.
31. Механизм экстракции и реэкстракции бинарными экстрагентами.
32. Экстракция неорганических соединений бинарными экстрагентами из кислых, солевых и щелочных растворов.
33. Реакции экстракции и реэкстракции металлов.
34. Синергетный и антагонистический эффект при экстракции металлов смесями экстрагентов.
35. Причины синергетного и антагонистического эффекта.
36. Методы определения состава синергетных соединений.
37. Бифункциональные экстрагенты. Карбамоилфосфиноксиды.
38. Супрамолекулярные экстрагенты. Краун-эфиры и криптанды.
39. Механизм извлечения металлов в краун-эфиры. Реакция «гость – хозяин».
40. Влияние величины полости краун-эфира на селективность. Примеры краун-эфиров для извлечения определенных металлов.
41. Разделение изотопов с применением краун-эфиров.
42. Поданды.
43. Сравнение подандов и краун-эфиров.
44. Каликсарены.

Контрольная работа № 3

1. Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: экстракционная способность.
2. Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: селективность, физические свойства (плотность).
3. Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: стоимость, минимальная токсичность.
4. Примеры экстрагентов, широко применяемых в технологии.
5. Разбавители экстрагентов. Требования к их свойствам.
6. Коллоидно-химические аспекты экстракционных процессов. Возможность появления «третьей фазы».
7. Отличие «третьей фазы» от появляющихся на границе раздела фаз межфазных образований.
8. Модификаторы и их роль в предотвращении образования «третьей фазы».
9. Экстракция из многокомпонентных растворов.
10. Влияние природы фоновой минеральной кислоты на селективность экстрагентов.

11. Влияние концентрации фоновой кислоты на извлечение металлов.
12. Экстракция из растворов, многокомпонентных по металлу.
13. Условия и причины увеличения экстрагируемости одного из компонентов или ее подавления в результате наличия другого металла.
14. Экстракция металлов в условиях отличия от двухфазной системы «водный раствор солей металла – органический раствор экстрагента».
15. ТВЭКсы и импрегнаты.
16. Экстракция в множественные эмульсии. Пертрактор.
17. Концентрирование целевого элемента в результате транспортной реакции при переносе через твердую мембрану, содержащую растворенный экстрагент, в фазу, содержащую реактивирующий реагент.
18. Сверхкритическая флюидная экстракция.

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

Контрольная работа

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

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

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

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

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

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

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. 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, - связи теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	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, - связи теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	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. Определение процесса жидкостной экстракция.
2. Отличие извлечения неорганических соединений в органическую фазу от органических.
3. Термодинамика экстракции. Правило фаз.
4. Установление равновесия при выравнивании химических потенциалов.
5. Отличие экстракции электролитов от экстракции неэлектролитов.
6. Изотермы экстракции и их виды.
7. Графическое и математическое изображение изотерм экстракции.

8. Объяснение S-образности начального участка изотермы при графическом изображении.
9. Коэффициенты распределения и разделения элементов.
10. Закон действующих масс при экстракции с химической реакцией взаимодействия с экстрагентом.
11. Константы равновесия: термодинамическая, эффективная и концентрационная.
12. Высаливание при экстракции и его причины.
13. Классификация экстрагентов.
14. Экстрагенты кислотного типа. Карбоновые, фосфорорганические и фосфонитрильные кислоты.
15. Структуры и ионообменные группы экстрагентов кислотного типа.
16. Механизм экстракции кислыми экстрагентами. Влияние состава на экстракционную способность
17. Закон действующих масс применительно к экстрагентам кислотного типа.
18. Возможность димеризации кислых экстрагентов.
19. Тетрадный эффект при экстракции РЗЭ кислотными экстрагентами.
20. Реэкстракция металлов из органической фазы.
21. Хелатирующие реагенты. β -дикетоны.
22. Кето-енольная перегруппировка.
23. Хелатирующие реагенты. Оксиоксимы.
24. Нейтральные экстрагенты. Их структуры и функциональные группы.
25. Карбонильные и фосфорильные экстрагенты.
26. Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: экстракционная способность.
27. Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: селективность, физические свойства (плотность).
28. Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: стоимость, минимальная токсичность.
29. Примеры экстрагентов, широко применяемых в технологии.
30. Разбавители экстрагентов. Требования к их свойствам.
31. Коллоидно-химические аспекты экстракционных процессов. Возможность появления «третьей фазы».
32. Отличие «третьей фазы» от появляющихся на границе раздела фаз межфазных образований.
33. Модификаторы и их роль в предотвращении образования «третьей фазы».
34. Экстракция из многокомпонентных растворов.
35. Влияние природы фоновой минеральной кислоты на селективность экстрагентов.

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.