

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.

"25" мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

Методы получения чистых веществ

Специальность

18.05.02 Химическая технология материалов

современной энергетики

специализация

**"Технология теплоносителей и радиозэкология ядерных
энергетических установок"**

Квалификация выпускника

Инженер

Разработчик _____ 25.05.2023 _____ Плотникова С.Е.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой НХиХТ _____
(наименование кафедры, являющейся ответственной за специальность)

_____ 25.05.2023 _____ Нифталиев С.И.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: химической технологии материалов ядерного топливного цикла; химической технологии разделения и применения изотопов; химической технологии теплоносителей и радиозкологии ядерных энергетических установок; радиационной химии и радиационного материаловедения; ядерной и радиационной безопасности на объектах использования ядерной энергии; химической технологии наноматериалов в области ядерной энергетики; химической технологии редких и редкоземельных металлов, химической технологии радиофармпрепаратов).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующего типа: *научно-исследовательский; технологический; организационно-управленческий; проектный.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Знает: - физико-химические основы различных процессов очистки веществ; методы контроля чистоты веществ- теплоносителей ядерных энергетических установок
	Умеет: выбирать приборы и оборудование для определения чистоты вещества, проводить обработку экспериментальных данных по результатам эксперимента
	Владеет: навыками использования современных методик и методов в проведении экспериментов и испытаний, анализа их результатов

3. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Методы получения чистых веществ» относится к блоку один ОП и профессиональной части. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин Общая химия, Неорганическая химия, Физическая и коллоидная химия, Дополнительные главы физической и коллоидной химии, Аналитическая химия, Теоретические основы неорганического синтеза

Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин Производственная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)) Производственная практика (преддипломная практика).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего ак. часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		9 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	63,6	63,6
Лекции	30	30
Лабораторные работы	15	15
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0	0
Практические работы	15	15
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0	0
Консультации текущие	1,5	1,5
Зачет	0,1	0,1
Курсовой проект	2	2
Виды аттестации зачет	зачет	зачет
Самостоятельная работа:	116,4	116,4
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	15	15
Проработка материалов по учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий),	67,4	67,4
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	12	12
Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Курсовой проект	10	10

5 Содержание дисциплины, структурированного по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№	Наименовани	Содержание раздела	Трудоемк
---	-------------	--------------------	----------

п/п	е раздела дисциплины		ость раздела, часы
1	Химические методы очистки	Классификация веществ. Особо чистые вещества. Нормирование микропримесей. Очистка веществ химическим осаждением и соосаждением из растворов Избирательное окисление и восстановление микропримесей Избирательное комплексообразование в растворах	48
2	Физико-химические методы очистки	Кристаллизация. Краткая характеристика процесса кристаллизации. Основные показатели фракционирования в процессах кристаллизации из раствора. Способы адсорбционной очистки веществ. Экстракция. Достоинства и недостатки экстракционного метода разделения веществ. Основные законы и количественные характеристики экстракционного разделения. Ионообменный метод очистки веществ. Электрохимические методы очистки неорганических веществ. Электродиализ. Метод ионных подвижностей. Осаждение микропримесей на твердых электродах. Очистка веществ ректификационным методом	128,4
		ИТОГО:	176,4

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПР, час	ЛР, час	СРО, час
1.	Химические методы очистки	8	4	4	32
2.	Физико-химические методы очистки	22	11	11	84,4

5.3.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1	Химические методы очистки	Классификация веществ. Особо чистые вещества. Нормирование микропримесей.	2
		Очистка веществ химическим осаждением и соосаждением из растворов	4
		Избирательное окисление и восстановление микропримесей. Избирательное комплексообразование в растворах	2

2	Физико-химические методы очистки	Кристаллизация. Краткая характеристика процесса кристаллизации. Основные показатели фракционирования в процессах кристаллизации из раствора.	4
		Способы адсорбционной очистки веществ.	4
		Экстракция. Достоинства и недостатки экстракционного метода разделения веществ .	2
		Основные законы и количественные характеристики экстракционного разделения	2
		Ионообменный метод очистки веществ.	2
		Электрохимические методы очистки неорганических веществ. Электролиз.	2
		Метод ионных подвижностей. Осаждение микропримесей на твердых электродах.	4
Очистка веществ ректификационным методом	2		
		ИТОГО:	30

5.3.2 Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость, час
1	Химические методы очистки	Классификация веществ. Особо чистые вещества. Нормирование микропримесей. Очистка веществ химическим осаждением и соосаждением из растворов Избирательное окисление и восстановление микропримесей. Избирательное комплексообразование в растворах	4
2	Физико-химические методы очистки	Кристаллизация. Краткая характеристика процесса кристаллизации. Основные показатели фракционирования в процессах кристаллизации из раствора.	3
		Способы адсорбционной очистки веществ.	2
		Экстракция. Достоинства и недостатки экстракционного метода разделения веществ. Основные законы и количественные характеристики экстракционного разделения	2
		Ионообменный метод очистки веществ.	2
		Электрохимические методы очистки неорганических веществ. Электролиз.	2
		ИТОГО:	15

5.3.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость, час
1	Химические методы очистки	Очистка растворов от примесей железа путем их соосаждения с коллектором	4
2	Физико-химические методы очистки	Очистка хлорида калия методом перекристаллизации	4
		Адсорбция аммиака из водного раствора на угле.	4
		Экстракционно-фотометрическое определение меди из природных вод диэтилдитиокарбоматом свинца	3
		ИТОГО:	15

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1	Химические методы очистки	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник)	8
		Подготовка к защите лабораторных работ	4
		Оформление отчетов по лабораторным работам	4
		Тест (лекции, учебник)	4
		Подготовка к решению задачи	4
		Подготовка к решению кейс-задачи	4
		Курсовой проект	4
2	Физико-химические методы очистки	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник)	20,4
		Подготовка к защите лабораторных работ	8
		Оформление отчетов по лабораторным работам	8
		Тест (лекции, учебник)	10
		Подготовка к решению задачи	16
		Подготовка к решению кейс-задачи	16
		Курсовой проект	6
		ИТОГО:	116,4

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Ганеев А.А. Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа: учебник / Ганеев А.А., Зенкевич И.Г., Карцова Л.А. Москвин Л.Н. Родинков О.В. - Санкт-Петербург, Издательство: Лань, 2019. – 332 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/113899>

2. Акулова Ю.П. Физическая химия Теория и задачи : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Акулова Ю.П., Изотова С.Г., Проскурина О.В., Черепкова И.А. Издательство: Лань, 2018. – 464 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/110903>

3. Улитин М.В. Поверхностные явления. Адсорбция: [Электронный ресурс] : учебное пособие / Улитин М.В., Филиппов Д.В., Федоров А.А. Иваново, Издательство: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2014. - 206 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96114>

4. Петров Б.И. Современное состояние экстракционного метода [Электронный ресурс] : учебное пособие / Петров Б.И. Леснов А.Е. - Санкт-Петербург, Издательство: Лань, 2018. – 356 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/103065>

5. Нифталиев, С. И. Очистка неорганических веществ. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. И. Нифталиев, С. Е. Плотникова; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж : ВГУИТ, 2015. - 52 с. Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/1145>

6.2 Дополнительная литература:

1. Химия. Большой энциклопедический словарь

2. «Журнал прикладной химии»

3. «Журнал физической химии»

4. Журнал «Экология и промышленность России»;

5. Химическая технология неорганических веществ [Текст] : учеб. пособие для вузов: в 2 кн. / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Порфирьева, Л. Г. Гайсин и др. – М. : Высш. шк., – 2002. – Кн. 1. – 688 с.

6. Физико-химические методы исследования в технологии неорганических веществ [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам / С. И. Нифталиев [и др.]; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2013. - 16 с. Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/976>

8. Кулешов, Валерий Константинович. Поверка и калибровка средств измерений ионизирующего излучения : учебное пособие / В. К. Кулешов, Ю. И. Сертаков; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 184 с.: ил. — Библиогр.: с. 163-168.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Нифталиев С.И. Теория и практика очистки неорганических веществ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Нифталиев С.И., Плотникова С.Е., Астапов А.В.— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. — 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47457>. — ЭБС «IPRbooks»

2. Нифталиев, С. И. Основы экстракции и ионного обмена и методы получения чистых веществ [Электронный ресурс] : для студентов, обучающихся по специальности 18.05.02 – «Химическая технология материалов современной энергетики», специализация № 3 "Технология теплоносителей и радиозоология ядерных энергетических установок" / С. И. Нифталиев, С. Е. Плотникова, Ю. С. Перегудов; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2019. - 36 с. - Электрон. ресурс. <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/5050>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимой для освоения модуля

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Тестовые задания в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ
<http://education.vsu.ru/>

2. Использование системы «Диагностическое тестирование»; «Интернет-тренажеры» в режимах: обучение, самоконтроль с ключом доступа к системе «Интернет-тренажеры» дисциплин ВО; контроль преподавателя по дидактическим единицам дисциплины на сайте Интернет-тестирование в сфере образования <http://www.i-exam.ru/>

3. Информационная справочная система. Портал фундаментального химического образования ChemNet. Химическая информационная сеть: Наука, образование, технологии <http://www.chemnet.ru>

4. Информационная справочная система. Сайт о химии. Неорганическая химия.
<http://www.xumuk.ru/nekrasov>

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение – ОС Windows, ОС ALT Linux.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Описание необходимых средств и приемов обучения:

лекционная аудитория, оборудованная аудио-визуальной системой (мультимедийный проектор, экран, усилитель мощности звука, микрофон, устройство коммутации, сетевой коммутатор для подключения к компьютерной сети (Интернет)) (№ 37).

лаборатории неорганической химии (№ 016, 022, 025, 027, 029), с необходимым оборудованием: Специализированные комплекты мебели для учебного процесса. Химическая посуда; Весы технические – WS-23; Шкаф сушильный 2В-151; Акводистиллятор ДЭ – 15; Высокотемпературный измерительный прибор с памятью данных Testo 735-2; Микрокалориметр МИД-200.

8. Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1 Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

8.2 Для каждого результата обучения по дисциплине (модулю) определяются показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ 2.4.17 «Положение об оценочных материалах».

**АННОТАЦИЯ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
ДИСЦИПЛИНЫ
«Методы получения чистых веществ»**
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенции:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Содержание разделов дисциплины.

Классификация веществ. Особо чистые вещества. Влияние внешних загрязнений на процессы глубокой очистки веществ. Очистка веществ химическим осаждением и соосаждением из растворов. Характеристика и классификация процессов осаждения и соосаждения. Избирательное окисление и восстановление микропримесей. Избирательное комплексообразование в растворах
Кристаллизация. Краткая характеристика процесса кристаллизации. Основные показатели фракционирования в процессах кристаллизации из раствора. Классификация методов проведения кристаллизации. Способы адсорбционной очистки веществ. Основные закономерности и особенности адсорбции микропримесей из газов, паров и растворов. Наиболее распространенные типы сорбентов. Экстракция. Теоретические основы процесса экстракции. Достоинства и недостатки экстракционного метода разделения веществ. Основные законы и количественные характеристики экстракционного разделения. Ионообменный метод очистки веществ. Механическая и химическая устойчивость ионов. Термодинамика ионообменного равновесия. Электрохимические методы очистки неорганических веществ. Электролиз. Метод ионных подвижностей. Осаждение микропримесей на твердых электродах. Очистка веществ ректификационным методом. Теоретические основы ректификационного процесса глубокой очистки веществ. Принципы расчета ректификационных процессов.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

Методы получения чистых веществ

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	ИД1 _{опк-1} – Демонстрирует знание основ математики, физики, химии, химической технологии, применяет физико-математический аппарат при решении задач профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{опк-2} – Демонстрирует знания основ математики, физики, химии, химической технологии, применяет физико-математический аппарат при решении задач профессиональной деятельности	Знает: основные определения, уравнения и законы химической термодинамики, методики расчетов термодинамических характеристик химико-технологических процессов
	Умеет: определять возможность и направление протекания процессов по термодинамическим характеристикам, проводить обработку экспериментальных данных по свойствам веществ и материалов
	Владеет: методами расчета термодинамических характеристик в химико-технологических процессах

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Химические методы очистки	ОПК-1	Вопросы к собеседованию	1-5	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	23-38	Бланочное тестирование
			Задача	38-41	Контроль преподавателем
			Кейс-задача	63	Контроль преподавателем
			Курсовой проект	48-52	Контроль преподавателем
2	Физико-химические методы очистки	ОПК-1	Вопросы к собеседованию	6-22	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	39-48	Бланочное тестирование
			Задача	42-47	Контроль преподавателем

			Курсовой проект	53-62	Контроль преподавателем
			Кейс-задача	64-67	Контроль преподавателем

3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Аттестация обучающегося по дисциплине в 9 семестре проводится в форме защиты курсового проекта, тестирования, защиты лабораторных работ и решения задач и кейс-задач и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета).

Каждый билет включает контрольные задания, из них:

- 1 вопрос к собеседованию на проверку знаний
- 6 тестовых вопросов на проверку умений;
- 1 кейс-задачу на проверку навыков.

3.1 Вопросы к собеседованию (зачет)

3.1.1. ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

№ задания	Формулировка вопроса
1.	Классификация веществ по степени очистки
2.	Влияние внешних загрязнений на процессы глубокой очистки веществ.
3.	Очистка веществ химическим осаждением и соосаждением из растворов
4.	Избирательное окисление и восстановление микропримесей
5.	Избирательное комплексообразование в растворах
6.	Кристаллизация. Краткая характеристика процесса кристаллизации.
7.	Основные показатели фракционирования в процессах кристаллизации из раствора.
8.	Способы адсорбционной очистки веществ.
9.	Основные закономерности и особенности адсорбции микропримесей из газов, паров и растворов.
10.	Наиболее распространенные типы сорбентов.
11.	Экстракция. Теоретические основы процесса экстракции.
12.	Достоинства и недостатки экстракционного метода разделения веществ
13.	Основные законы и количественные характеристики экстракционного разделения
14.	Ионообменный метод очистки веществ.
15.	Механическая и химическая устойчивость ионитов.
16.	Термодинамика ионообменного равновесия.
17.	Электрохимические методы очистки неорганических веществ.
18.	Метод ионных подвижностей.
19.	Осаждение микропримесей на твердых электродах.
20.	Теоретические основы ректификационного процесса глубокой очистки веществ.
21.	Очистка веществ ректификационным методом
22.	Принципы расчета ректификационных процессов.

3.2. Тесты (тестовые задания) для контроля текущей успеваемости

3.2.1. ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

№ задания	Тест (тестовое задание)										
23.	Установите соответствие: <table border="1" data-bbox="347 297 1209 461" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Реактив</th> <th>Содержание основного вещества</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Чистый (ч)</td> <td>а) 98%</td> </tr> <tr> <td>2. Технический (тех.)</td> <td>б) 70%</td> </tr> <tr> <td>3. Чистый для анализа (ч.д.а.)</td> <td>в) ≈99%</td> </tr> <tr> <td>4. Химически чистый (х.ч)</td> <td>г) >99%</td> </tr> </tbody> </table>	Реактив	Содержание основного вещества	1. Чистый (ч)	а) 98%	2. Технический (тех.)	б) 70%	3. Чистый для анализа (ч.д.а.)	в) ≈99%	4. Химически чистый (х.ч)	г) >99%
Реактив	Содержание основного вещества										
1. Чистый (ч)	а) 98%										
2. Технический (тех.)	б) 70%										
3. Чистый для анализа (ч.д.а.)	в) ≈99%										
4. Химически чистый (х.ч)	г) >99%										
24.	Какие из методов очистки относятся к химическим методам А) Кристаллизация Б) Избирательное комплексообразование В) Экстракция Г) Метод избирательно осаждения Д) Сорбция Е) Метод избирательного окисления-восстановления										
25.	Установите соответствие между методом очистки и происходящим процессом: <table border="1" data-bbox="300 734 1369 920" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Процесс</th> <th>Метод очистки</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) протекание химической реакции</td> <td>А) осаждение</td> </tr> <tr> <td>2) присутствие примеси в макроколичествах</td> <td>А) осаждение</td> </tr> <tr> <td>3) присутствие примеси в микроколичествах</td> <td>Б) кристаллизация</td> </tr> <tr> <td>4) охлаждение исходного раствора</td> <td>Б) кристаллизация</td> </tr> </tbody> </table>	Процесс	Метод очистки	1) протекание химической реакции	А) осаждение	2) присутствие примеси в макроколичествах	А) осаждение	3) присутствие примеси в микроколичествах	Б) кристаллизация	4) охлаждение исходного раствора	Б) кристаллизация
Процесс	Метод очистки										
1) протекание химической реакции	А) осаждение										
2) присутствие примеси в макроколичествах	А) осаждение										
3) присутствие примеси в микроколичествах	Б) кристаллизация										
4) охлаждение исходного раствора	Б) кристаллизация										
26.	В процессе осаждения основного вещества в качестве осадителей, которые затем легко удаляются в процессе прокаливания осадков, используют: А) аммиак и аммиачные соли Б) NaOH В) азотную кислоту Г) соли азотной кислоты										
27.	Добавление раствора сульфата натрия к раствору, содержащему хлорид магния (20% по массе) и хлорид бария (5% по массе) является: 1) осаждением с «посторонним» коллектором, 2) осаждением с «родственным» коллектором 3) осаждением основной массы вещества, осаждением примеси.										
28.	В раствор хлорида натрия, содержащий примесь хлорида кальция, для очистки раствора от примеси необходимо ввести: 1) NaOH 2) K ₂ CO ₃ , 3) Na ₂ SO ₄ , 4) Na ₂ CO ₃ ,										
29.	В раствор хлорида натрия, содержащий микропримесь хлорида железа (III), для очистки раствора от примеси вводят вначале CaCl ₂ , а затем Na ₂ CO ₃ . Процесс осаждения, происходящий в этом случае, является: 1) осаждением основной массы вещества, 2) осаждением примеси, 3) осаждением с «посторонним» коллектором, 4) осаждением с «родственным» коллектором										
30.	Очистка солей кобальта от примеси никеля осаждением гидроксида кобальта (III) избытком аммиака является: 1) <u>осаждением основной массы вещества</u> , 2) осаждением примеси, 3) осаждением с «посторонним» коллектором <u>осаждением с «родственным» коллектором</u>										
31.	При изотермической кристаллизации происходит: 1) добавление в систему коллектора 2) понижение температуры исходного раствора 3) повышение температуры исходного раствора 4) <u>выпаривание растворителя</u>										

32.	При политермической кристаллизации происходит: 1) выпаривание растворителя 2) <u>понижение температуры исходного раствора</u> 3) <u>повышение температуры исходного раствора</u> 4) <u>добавление в систему коллектора</u>																		
33.	Для получения более крупных кристаллов необходимо соблюдать условия: 1) <u>медленный рост кристаллов</u> 2) <u>небольшая степень пересыщения</u> 3) высокая степень пересыщения 4) быстрый рост кристаллов																		
34.	Установите последовательность операций при протекании процесса изогидрической кристаллизации: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Последовательность</th> <th>Процесс</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1)</td> <td>нагревание растворителя</td> </tr> <tr> <td>2)</td> <td>растворение</td> </tr> <tr> <td>3)</td> <td>охлаждение раствора</td> </tr> <tr> <td>4)</td> <td>массовая кристаллизация</td> </tr> <tr> <td>5)</td> <td>отделение кристаллов от маточного раствора</td> </tr> <tr> <td>6)</td> <td>перекристаллизация</td> </tr> <tr> <td>7)</td> <td>промывка кристаллов</td> </tr> <tr> <td>8)</td> <td>сушка кристаллов</td> </tr> </tbody> </table>	Последовательность	Процесс	1)	нагревание растворителя	2)	растворение	3)	охлаждение раствора	4)	массовая кристаллизация	5)	отделение кристаллов от маточного раствора	6)	перекристаллизация	7)	промывка кристаллов	8)	сушка кристаллов
Последовательность	Процесс																		
1)	нагревание растворителя																		
2)	растворение																		
3)	охлаждение раствора																		
4)	массовая кристаллизация																		
5)	отделение кристаллов от маточного раствора																		
6)	перекристаллизация																		
7)	промывка кристаллов																		
8)	сушка кристаллов																		
35.	Добавление высаливающих реагентов применяют при процессах: 1) осадения 2) <u>экстракции</u> 3) <u>кристаллизации</u> 4) <u>электродиализа</u> 5) <u>ректификации</u>																		
36.	В процессе адсорбции поверхностная энергия: 1) <u>снижается</u> 2) повышается 3) не изменяется 4) изменяется немонотонно																		
37.	Участок изотермы сорбции, на котором происходит приближение сорбции к некоторому предельному значению, соответствующему заполненному монослою, описывается 1) <u>уравнением Ленгмюра</u> 2) уравнением Фрейндлиха 3) уравнением Генри 4) уравнением Брунауэра – Эмметта – Теллера.																		

3.3 Задачи

3.3.1. ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

№ задания	Формулировка вопроса
38.	Для перекристаллизации приготовлено 100 г насыщенного при 80 °С раствора AgNO ₃ . Рассчитайте массу осадка и потери вещества с маточным раствором при 20 °С, если коэффициент растворимости нитрата серебра при 80 °С и 20 °С равен соответственно 6,353 и 2,279. Решение Мас доля $\omega = 635,3/735,3 = 86,4\%$ в 100 г раствора будет 86,4 г AgNO ₃ и 13,6 г воды При 20 °С $2,279 \cdot 13,6 = 31$ г - потери вещества с маточным раствором $86,4 - 31 = 55,4$ г масса осадка
39.	Для перекристаллизации растворили Pb(NO ₃) ₂ в воде массой 200 г при 60 °С до

	<p>Рассчитаем константу распределения α-нитрозо-β-нафтола по формуле:</p> $K = \frac{S_O}{S_B} = 114$ <p>Рассчитаем коэффициент распределения по формуле:</p> $D = \frac{K}{1 + K_{\delta}/[H^+]} = \frac{114}{1 + 10^{0,76}} = \frac{114}{1 + 5,75} = 16,9$ <p>Концентрация α-нитрозо-β-нафтола в хлороформе после достижения равновесия может быть рассчитана по формуле:</p> $C_O = D \cdot C_B = 16,9 \cdot 5,7 \cdot 10^{-4} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$ <p>Исходная концентрация α-нитрозо-β-нафтола в хлороформе равна:</p> $9,6 \cdot 10^{-3} + 0,57 \cdot 10^{-3} = 0,0102 \text{ моль/л.}$
44.	<p>Кобальт экстрагировали из 4,7 М водного раствора NH_4SCN (pH ~ 2,00) изоамиловым спиртом. Коэффициент распределения кобальта в этих условиях равен 5,2. Рассчитайте концентрацию кобальта, оставшуюся в водной фазе, после экстракции из 20,0 мл его 0,01 М раствора, следующим количеством изоамилового спирта - одной порцией объемом 20,0 мл</p> <p><u>Решение.</u></p> <p>а) Степень извлечения кобальта E, % рассчитываем по формуле:</p> $E = \frac{D \cdot 100}{D + 1} = 83,9$ <p>Концентрацию кобальта в органической фазе после экстракции рассчитаем по формуле, где C_H – начальная (общая) концентрация кобальта (0,01М):</p> $E = \frac{C_O}{C_H} \quad C_O = 8,39 \cdot 10^{-3}$ <p>Концентрация кобальта в водной фазе</p> $C_B = 0,01 - 8,39 \cdot 10^{-3} = 1,61 \cdot 10^{-3}$
45.	<p>Какой общий объем бутилацетата необходим для понижения концентрации бензойной кислоты до $1,0 \cdot 10^{-3}$ М, если 25,0 мл 0,05 М раствора бензойной кислоты проэкстрагировали порциями растворителя по 5,0 мл. Коэффициент распределения бензойной кислоты в системе вода – бутилацетат равен 30.</p> <p><u>Решение.</u></p> <p>Подставляя соответствующие величины в формулу</p> $n = \frac{\lg c_{\text{нач}} - \lg c_{\text{кон}}}{\lg(V_{\text{в}} + V_{\text{экс}} D) - \lg V_{\text{в}}}$ <p>вычислим число ступеней экстракции для достижения заданной конечной концентрации бензойной кислоты:</p> $n = \frac{\lg 0,05 - \lg 0,001}{\lg(25 + 5 \cdot 30) - \lg 25} = \frac{1,69}{0,84} = 2,01 \cong 2$ <p>откуда $n = 2$ и $V_{(O)} = 2 \cdot 5,0 = 10,0$ мл.</p>
46.	<p>Ионы цинка и свинца с равной концентрацией ($C = 1,0 \cdot 10^{-4}$ моль/л) экстрагируются 0,10 М раствором 8 – оксихино-лина (НОх) в хлороформе ($V_O = V_B$) в виде хелатов $\text{Me}(\text{Ox})_2$. Степень извлечения при pH 4 равна 96,0 % для $\text{Zn}(\text{Ox})_2$; и 1,0 % для $\text{Pb}(\text{Ox})_2$. Рассчитайте коэффициент разделения и константу экстракции для цинка и свинца.</p> <p><u>Решение.</u></p> <p>Как следует из выражения</p> $\alpha_{A/B} = \frac{D_A}{D_B}$ <p>для расчета коэффициента разделения металлов необходимы коэффициенты распределения ионов цинка и свинца. Для расчета коэффициентов распределения воспользуемся формулой</p>

	$D_{Zn} = \frac{R}{100 - R} = \frac{96}{100 - 96} = 24, \quad D_{Pb} = \frac{1}{100 - 1} = 1 \cdot 10^{-2}.$ <p>Рассчитаем коэффициент разделения металлов по формуле:</p> $\alpha_{Zn/Pb} = \frac{24}{1 \cdot 10^{-2}} = 2,4 \cdot 10^3$ <p>Экстракция ионов цинка и свинца раствором 8 - оксихинолина в хлороформе описывается уравнением</p> $M_{(в)}^{2+} + 2HOx_{(о)} \leftrightarrow M(Ox)_2_{(о)} + 2H_{(в)}^+$ <p>тогда константу экстракции можно найти по формулам:</p> $K_{ex} = \frac{[M(Ox)_2]_{(о)} [H^+]_{(в)}^2}{[M^{2+}]_{(в)} [HOx]_{(о)}^2} = D \frac{[H^+]_{(в)}^2}{[HOx]_{(о)}^2}$ <p>Поскольку исходная концентрация металлов намного меньше исходной концентрации 8 - оксихинолина, равновесную концентрацию реагента можно приравнять к исходной. Тогда, с учётом ранее рассчитанных коэффициентов распределения получим значения констант экстракции:</p> $K_{ex,Zn} = 24 \frac{(10^{-4})^2}{(10^{-1})^2} = 2,4 \cdot 10^{-5}, \quad K_{ex,Pb} = 1 \cdot 10^{-2} \frac{(10^{-4})^2}{(10^{-1})^2} = 1 \cdot 10^{-8}$
47.	<p>Определить степень извлечения и понижение концентрации в водной фазе за одну ступень экстракции при встряхивании 50,0 мл раствора 0,5М по FeCl₃ и 5 М по HCl с 5,0 мл диэтилового эфира, если коэффициент распределения FeCl₃ в системе эфир - вода в этих условиях составляет 17,6. Рассчитать число последовательных ступеней экстракции (n), необходимых для доведения концентрации Fe³⁺ в водной фазе до 5·10⁻³ моль/л.</p> <p><u>Решение.</u></p> <p>Степень извлечения E и снижение концентрации FeCl₃ в водной фазе за одну ступень экстракции (c) вычисляем по формулам. Подставляя данные условия задачи, получаем</p> $E = \frac{17,6}{17,6 + \frac{50}{5}} 100 = 63,8 \%$ $c = 0,5 \frac{50}{50 + 5 \cdot 17,6} = 0,18 \text{ моль/л}$ <p>Число ступеней экстракции n, необходимое для понижения концентрации Fe³⁺ до 5·10⁻³ моль/л, определяем по формуле</p> $n = \frac{\lg c_{нач} - \lg c_{кон}}{\lg(V_{эф} + V_{экс} D) - \lg V_{эф}};$ $n = \frac{\lg 0,5 - \lg(5 \cdot 10^{-3})}{\lg(50 + 5 \cdot 17,6) - \lg 50} = \frac{(1,0 - 0,7) - (-3 + 0,7)}{2,14 - 1,70} = \frac{2,6}{0,44} = 5,9 \cong 6 \text{ ступеней.}$

3.4 Курсовой проект

3.4.1. ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

Примерная тематика курсового проекта

№ вопроса	Тема
48.	Очистка легкой воды – теплоносителя ядерных реакторов
49.	Очистка тяжелой воды – теплоносителя ядерных реакторов.

50.	Метод получения жидкометаллического теплоносителя натрия
51.	Метод получения жидкометаллического теплоносителя лития
52.	Газовый теплоноситель – углекислый газ, методы получения и очистки
53.	Глубокая очистка воды методом ректификации.
54.	Глубокая очистка HF методом ректификации.
55.	Очистка моногермана методом низкотемпературной ректификации.
56.	Очистка растворов от микропримесей путем их осаждения без выделения в твердую фазу основного вещества.
57.	Процессы кристаллизации для получения особо чистых неорганических веществ.
58.	Экстракция для глубокой очистки неорганических веществ.
59.	Зонная плавка для глубокой очистки неорганических веществ.
60.	Электродиализ.
61.	Электролиз с применением твердых электродов.
62.	Амальгамный электрохимический процесс.

3.5. Кейс-задачи (задания)

3.5.1. ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

№ задания	Условие задачи
63.	<p>Ситуация. Сточные воды некоторого промышленного предприятия содержат соли тяжелых металлов, неорганические кислоты, поверхностно-активные вещества и другие загрязнители окружающей среды. Они в виде взвеси поступают на очистные сооружения. В процессе их очистки происходят процессы нейтрализации, осаждения, фильтрации и извлечения веществ, которые могут быть реализованы или использованы повторно.</p> <p>Задание: Для следующих показателей:</p> <p>1) В 100 г исходного раствора перед началом изогидрической кристаллизации содержится 55 г основного вещества и 15 г примеси.</p> <p>2) В маточном растворе при конечных условиях кристаллизации содержится 20 г основного вещества и 10 г примеси.</p> <p>Рассчитайте концентрации (в массовых долях) основного вещества и примеси в исходном и маточном растворе. Определите концентрации (в массовых долях) основного вещества и примеси в кристаллах</p> <p>Решение</p> <p>1) концентрация основного вещества в исходном растворе перед началом кристаллизации $c_{исх} = (55/100) \cdot 100\% = 55\%$</p> <p>2) концентрацию примеси в исходном растворе перед началом кристаллизации $a_{исх} = (15/100) \cdot 100\% = 15\%$</p> <p>3) концентрация основного вещества в маточном растворе при конечных условиях кристаллизации c_M; $m_{воды} = 100 - 55 - 15 = 30$ (г) $m_{р-ра} = m_{воды} + m_{в-ва} + m_{прим} = 30 + 20 + 10 = 60$ (г) $c_M = (20/60) \cdot 100\% = 33\%$</p> <p>4) концентрация примеси в маточном растворе при конечных условиях кристаллизации a_M; $a_M = (10/60) \cdot 100\% = 17\%$</p> <p>5) концентрацию основного вещества в кристаллах $c_{кр}$ $m_{в-ва} = 55 - 20 = 35$ (г)</p>

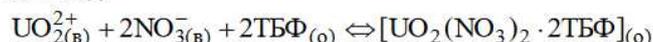
	$m_{\text{прим}} = 15 - 10 = 5 \text{ (г)}$ $m_{\text{кр}} = m_{\text{в-ва}} + m_{\text{прим}} = 35 + 5 = 40 \text{ (г)}$ $c_{\text{кр}} = (35/40) \cdot 100\% = 87,5 \%$ $a_{\text{кр}} = (5/40) \cdot 100\% = 12,5 \%$
64.	<p>Ситуация. Сточные воды некоторого промышленного предприятия содержат соли тяжелых металлов, неорганические кислоты, поверхностно-активные вещества и другие загрязнители окружающей среды. Они в виде взвеси поступают на очистные сооружения. В процессе их очистки происходят процессы нейтрализации, осаждения, фильтрации и извлечения веществ, которые могут быть реализованы или использованы повторно. Наиболее эффективным способом выделения металлов из растворов является абсорбция.</p> <p>Задание: В 50 мл разбавленной соляной кислоты растворили $8 \cdot 10^{-7}$ моль гидроксида циркония, меченного ^{95}Zr, с активностью 12,5 ГБк. Предполагается, что адсорбированные ионы, содержащие один атом циркония, могут покрыть монослоем 25 см^2 поверхности стекла, а занимаемая ионом площадь равна $2,5 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$. Как может измениться удельная активность раствора за счет молекулярной адсорбции?</p> <p>Решение</p> <p>1. Уменьшится с 250 до 244,8 МБк/мл. Решение. Для ^{95}Zr постоянная распада $\lambda = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$. Общее число ионов циркония $4,816 \cdot 10^{17}$ штук, из них радиоактивных - 10^{17}. Доля ионов $^{95}\text{Zr}^{4+}$: $1/4,816 = 0,20764$. Из общего числа адсорбированных ионов (10^{16}) радиоактивными являются $2,0764 \cdot 10^{15}$ ионов. В растворе останется ионов $^{95}\text{Zr}^{4+}$: $(10^{17} - 2,0764 \cdot 10^{15}) = 97,9236 \cdot 10^{15}$. Удельная активность раствора после адсорбции составит: $97,9236 \cdot 10^{15} \cdot \lambda / 50 = 244,8 \text{ МБк/мл}$.</p>
65.	<p>Ситуация. Сточные воды некоторого промышленного предприятия содержат соли тяжелых металлов, неорганические кислоты, поверхностно-активные вещества и другие загрязнители окружающей среды. Они в виде взвеси поступают на очистные сооружения. В процессе их очистки происходят процессы нейтрализации, осаждения, фильтрации и извлечения веществ, которые могут быть реализованы или использованы повторно. Наиболее эффективным способом выделения металлов из растворов является абсорбция.</p> <p>Задание: В стеклянный стакан поместили 100 мл раствора оксалата циркония-95 без носителя активностью 100 МБк. Площадь поверхности стенок стакана, с которыми контактирует раствор, равна 80 см^2, а площадь, которую занимает на поверхности стекла одна гидратированная частица ^{95}Zr, - $2,5 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$. Площадь внутренней поверхности стакана, на которой могут адсорбироваться ионы циркония-95, составляет примерно 80% геометрической поверхности внутренних стенок стакана, контактирующих с раствором. Какая доля радиоактивных атомов цирконий-95 окажется адсорбированной на поверхности стекла после установления адсорбционного равновесия?</p> <p>Решение</p> <p>2. Определим число ионов N, содержащих по одному атому цирконий-95. $10^8 = (0,693/65 \cdot 24 \cdot 3600)N$; отсюда $N = 8,1 \cdot 10^{14}$. Число ионов, которые могут адсорбироваться на внутренней стенке стакана: $N_{\text{адс}} = (80 \cdot 0,8) / (2,5 \cdot 10^{-15}) = 2,56 \cdot 10^{16}$. Таким образом, $N_{\text{адс}} \gg N$, и на стенках стакан может адсорбироваться весь циркорний-95 из раствора.</p>
66.	<p>Ситуация. Сточные воды некоторого промышленного предприятия содержат соли тяжелых металлов, неорганические кислоты, поверхностно-активные вещества и другие загрязнители окружающей среды. Они в виде взвеси поступают на очистные сооружения. В процессе их очистки происходят процессы нейтрализации, осаждения, фильтрации и извлечения веществ, которые могут быть реализованы или использованы повторно. Одним из способов выделения металлов из растворов является экстракция.</p> <p>Задание: Определить концентрационную константу экстракции уранилнитрата ($C = 10^{-3}$ моль/л) 100% трибутилфосфатом из 0,5 моль/л раствора HNO_3. Коэффициент распределения</p>

уранилнитрата равен 3,73; в состав экстрагируемого комплекса входят две молекул экстрагента. Плотность раствора ТБФ 0,97 г/мл, $V(o) = V(v)$

Решение

43. $1,12 \text{ л}^4/\text{моль}^4$. Для определения концентрационной константы экстракции соединения, при известных коэффициенте распределения и других параметрах системы, в первую очередь необходимо знать механизм экстракции, т.е. химическую реакцию, которая осуществляется на границе раздела фаз при переходе вещества из одной фазы в другую.

Уранилнитрат экстрагируется ТБФ по сольватному механизму, и уравнение экстракции имеет вид:



Индексы (в) и (о) относятся соответственно к водной и органической фазам. В экстракции участвуют и молекулы воды, т.к. ионы в водной фазе гидратированы, а при экстракции происходит их сольватация и перегидратация. Количественный учет этих процессов весьма сложен: их, как правило, формально учитывают в $K_{\text{экс}}$ и не приводят в уравнении экстракции.

$$\tilde{K}_{\text{экс}} = \frac{[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{ТБФ}]_{(о)}}{[\text{UO}_2^{2+}]_{(в)} \cdot [\text{NO}_3^-]_{(в)}^2 \cdot [\text{ТБФ}]_{(о)}^2},$$

где $\tilde{K}_{\text{экс}}$ - концентрационная константа экстракции (в уравнение вводятся значения концентраций, а не активностями частиц).

$$D = \frac{[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{ТБФ}]_{(о)}}{[\text{UO}_2^{2+}]_{(в)}}$$

В результате преобразований двух уравнений получаем:

$$\tilde{K}_{\text{экс}} = \frac{D}{[\text{NO}_3^-]_{(в)}^2 \cdot [\text{ТБФ}]_{(о)}^2}$$

Пусть объемы фаз одинаковы и равны $V(o) = V(v) = 1000 \text{ мл}$. Тогда

$$C_{\text{МТБФ}} = \frac{1000 \cdot 0,97}{266} = 3,65 \text{ моль/л}$$

Подставляя все величины в уравнение для концентрационной константы экстракции, получаем:

$$\tilde{K}_{\text{экс}} = \frac{3,73}{0,5^2 \cdot 3,65^2} = 1,12 \text{ л}^4/\text{моль}^4$$

67.

Ситуация. Сточные воды некоторого промышленного предприятия содержат соли тяжелых металлов, неорганические кислоты, поверхностно-активные вещества и другие загрязнители окружающей среды. Они в виде взвеси поступают на очистные сооружения. В процессе их очистки происходят процессы нейтрализации, осаждения, фильтрации и извлечения веществ, которые могут быть реализованы или использованы повторно. Одним из способов выделения металлов из растворов является экстракция.

Задание:

Имеются две экстракционные системы, содержащие вещества А и В. В первой системе $K_p(A) = 10$, $K_p(B) = 2$, во второй $K_p(A) = 2$, $K_p(B) = 0,4$. Т.о., коэффициент разделения веществ в обеих системах $K_p(A)/K_p(B) = 5$. Проводят 3 последовательные экстракции в каждой системе и экстракты собирают. На всех стадиях $V(o) = V(v)$. Определите фактор обогащения в каждой системе.

Решение

38. $S_1 = 1,036$; $S_2 = 2,65$

В обеих системах коэффициент разделения веществ А и В равен 5, но в первой системе коэффициенты распределения А и В больше единицы, т.е. эти вещества концентрируются в органической фазе, в то время как во второй системе вещество В имеет коэффициент распределения меньше единицы. Фактор извлечения вещества при однократной экстракции и равенстве объемов фаз ($V_{(o)}=V_{(в)}$): $R=D/(1+D)$. Доля вещества, оставшаяся в водной фазе: $(1-R)=(1+D)^{-1}$.

При многократных последовательных экстракциях: $(1-R)_n=(1+D)^{-n}$

Решая эти уравнения, находим для системы I $R_{(3)A} = 0,998$ и $R_{(3)B} = 0,964$. Фактор обогащения после 3-х последовательных экстракций $S_{(o)л} = (R_{(3)A}/R_{(3)B}) = 1,036$.

Для системы II $R_{(3)A} = 0,964$ и $R_{(3)B} = 0,364$; $S_{(o)л} = 2,65$

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 – 2017 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 – 2017 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка	Уровень освоения компетенции
ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности					
Знать физико-химические основы различных процессов очистки веществ; - методы контроля чистоты веществ- теплоносителей ядерных энергетических установок различного типа	Собеседование (зачет)	Уровень владения материалом	Обучающийся раскрыл содержание материала, показал общее понимание вопроса, правильные формулировки базовых понятий	Зачтено	Освоена (базовый, продвинут.)
			Обучающийся не раскрыл содержание материала, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Уметь осуществлять выбор условий получения чистых веществ; - выполнять основные химические операции; - использовать основные химические законы; - прогнозировать влияние различных факторов	Решение задачи	Содержание решения	Обучающийся выбрал верную методику решения, представил пояснения, провел верный расчет, допустил не более 1 ошибки	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, представил краткие пояснения, провел частично верный расчет, имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, допущено не более 3 ошибок в ответе	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, пояснения не представлены в необходимом объеме, расчет (или схема) выполнены с ошибками, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, допустил не более 5 ошибок в ответе	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся выбрал неверную методику решения задачи или неверный ответ на задание	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Тестовые задания	Результат тестирования	Более 85 % правильных ответов	отлично	освоена (повышенный)
			75-85 % правильных ответов	хорошо	
			60-75 % правильных ответов	зачтено	освоена (базовый)
			Менее 60 % правильных ответов	не удовлетворительно	не освоена (недостаточный)
Владеть - навыками использования современных методик и методов в	Кейс-задания	Содержание решения кейс-задачи	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины	Хорошо	Освоена

проведении экспериментов и испытаний, анализа их результатов			случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации		(повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Курсовой проект	Содержание курсового проекта	обучающийся изложил результаты теоретического анализа темы проекта, показал уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления.	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся изложил результаты теоретического анализа темы проекта, показал уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления, но допустил ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся изложил результаты теоретического анализа темы проекта неполно, показал невысокий уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не изложил результаты теоретического анализа темы проекта, не привел различных точек зрения.	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
			Обучающийся не раскрыл содержание материала, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины	не удовлетворительно	не освоена (недостаточный)