Рабочая программа дисциплины (модуля) «Технология основных материалов современной энергетики и основы радиационной безопасности», 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	-	ОПК-1. Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности
	-	ОПК-2. Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование в профессиональной и научно-исследовательской деятельности
	-	ОПК-5. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
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
ОПК-1	ОПК-1.3	Решает задачи профессиональной деятельности, применяя инженерные знания и основы технического регулирования
ОПК-2	ОПК-2.2	Выбирает пути интенсификации технологических процессов производства и совершенствования современного технологического оборудования и приборов
ОПК-2	ОПК-2.3	Анализирует технологический процесс и выбирает технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ОПК-5	ОПК-5.1	Применяет средства современных информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации
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-1	ПК-1.3	Соблюдает требования к безопасности при осуществлении технологических процессов производства основных функциональных материалов ядерного топливного цикла, в том числе с использованием радиоактивных материалов, основываясь на знаниях в области радиационной безопасности, производственной санитарии и охраны труда
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
ПК-3	ПК-3.2	Соблюдает нормы охраны труда, правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной и ядерной безопасности при обращении, хранении, транспортировке ядерного топлива и иных ядерных материалов

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – сформировать у будущего инженера достаточно полное представление о методах аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики с выявлением его специфики для ряда технологических процессов, таких как радиохимическое производство, получение изотопно обогащенной продукции, особо чистых веществ, технология редких элементов.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- основные стадии ядерного топливного цикла;
- экологические последствия эксплуатации АЭС;
- законы РФ и нормативные документы по использованию атомной энергии, радиационной безопасности и обращению с радиоактивными отходами;
- химические процессы при воздействии ионизирующего излучения на вещество, основы дозиметрии и дозиметрического контроля;
- принципиальные основы и особенности процессов, используемых в технологии материалов современной энергетики;
- аппаратурное оформление и последовательность построения технологических схем для решения задач, связанных с переработкой ОЯТ и обращением с РАО, производством редких элементов, стабильных изотопов и особо чистых веществ;

уметь:

- использовать полученные знания для оценки возможности строительства новых АЭС, расчета ориентировочных капитальных затрат и эксплуатационных расходов;
- оценивать радиационную опасность радионуклидов и материалов;
- применять базовые знания в области химии и технологии материалов современной энергетики для решения конкретных задач и совершенствования эксплуатируемых технологических схем;
- выполнять расчетные оценки основных характеристик, применяемых в технологии материалов современной энергетики;
- определять требования к используемым рабочим веществам и оптимальные условия осуществления процессов, применяемых в технологии материалов современной энергетики;

владеть:

- основными технологическими способами переработки урансодержащего сырья, его выделению и обогащению по изотопу ^{235}U;
- навыками расчета дозы в рабочих помещениях и дозовых нагрузок на персонал.
- основами выбора отдельных стадий и рациональных технологических схем получения материалов современной энергетики, сочетания имеющихся и создание новых схем;
- навыками расчета, сравнительной оценки и поиска оптимальных параметров процессов, применяемых в технологии материалов современной энергетики;
- основами анализа современных тенденций в технологии материалов современной энергетики.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	***Формы обучения***
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	16/576

Контактная работа:	360
Занятия лекционного типа	144
Занятия семинарского типа	216
Консультации	0
Промежуточная аттестация: экзамен, зачет	72
Самостоятельная работа (СР)	144

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 в технологию материалов современной энергетики	28	0	14	0	28	0	28
2.	Основы радиационной безопасности и применение радионуклидов и излучений	30	0	16	0	30	0	30
3.	Химическая технология редких элементов	28	0	14	0	28	0	28
4.	Технология особо чистых веществ	28	0	14	0	28	0	28
5.	Технология изотопов	30	0	14	0	30	0	30

Примечания:

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

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

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Введение в технологию материалов современной энергетики	1.1. Основные понятия атомной энергетики. Роль энергии в развитии цивилизации. Национальный доход и энерговооруженность. Динамика потребления энергии в мире. Топливно-энергетический баланс. Запасы энергоносителей. Тенденции и закономерности развития энергетики. Особенности производства энергии на ТЭС, ГЭС и АЭС. Сравнение этих станций по себестоимости электроэнергии, капиталовложениям, отчуждению земли, загрязнению окружающей среды. Возобновляемые источники энергии. Перспективы использования энергии солнца, ветра, геотермальной и энергии приливов. Необходимость использования нетрадиционных источников энергии. Типы ядерных реакторов деления и факторы, лежащие в основе их классификации. Характеристика основных типов ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Принципиальные схемы АЭС с основными типами ЯЭУ. Транспортные ЯЭУ, их основные особенности. Высокотемпературные атомные реакторы. Перспективы использования термоядерной энергии. Ядерный топливный цикл (ЯТЦ) в ядерной энергетике. Особенности технологий различных стадий ЯТЦ. Замкнутый и незамкнутый ЯТЦ с реакторами на тепловых нейтронах. ЯТЦ с реакторами на быстрых нейтронах. ЯТЦ на основе уран-

		ториевого топлива. Отрасли промышленности, обслуживающие ЯТЦ. Ведущая роль химической технологии в ЯТЦ. Вопросы экологии в ЯТЦ. Делящиеся материалы, их ядерно-физические, физические и химические свойства. Распространенность в природе, извлечение урана и тория из руд. Сырьевые запасы делящихся материалов. Комплексная переработка урановых руд. Гексафториды урана и плутония. Конструкционные и реакторные материалы. Назначение их, требования к ним и их свойства. Ядерное топливо, замедлитель, теплоноситель, органы регулирования и аварийной защиты. Биологическая защита. Изготовление ТВЭЛов. Особенности конструкции ТВЭЛов для разных типов атомных реакторов. Основные эффекты взаимодействия излучений с реакторными материалами. Радиационные явления, классификация дефектов в кристаллах. Изменения ядерных характеристик материалов, влияние облучения на их механические и теплофизические свойства. Старение и возможный ресурс реактора. Коррозия и дезактивация. Применение природного и обогащенного урана в реакторостроении. Основные понятия теории разделения изотопов. Физические основы и особенности технологии газодиффузионного и центробежного методов. Характеристики разделения изотопов методами: сопла, плазменного, лазерного и физико-химических. Стоимость единицы работы разделения. Основные виды ядерного топлива. Оксидное, металлическое, карбидное и карбонитридное топливо. Уран-плутониевое топливо. Таблетированное и виброуплотненное топливо. Свободно выгорающие присадки. Основные характеристики применяемого топлива. Активная зона и зона воспроизводства реакторов на быстрых нейтронах. Коэффициент размножения и время удвоения. 1.2. Обращение с радиоактивными отходами и вопросы радиационной безопасности. Переработка отработавшего топлива и повторное использование делящихся материалов. Основные процессы радиохимической технологии облученного топлива. Очистка топлива от газообразных продуктов деления и обращения с ними. Неводные методы переработки облученного топлива. Извлечение полезных радионуклидов из отработавшего ядерного топлива. Обращение с радиоактивными отходами. Классификация радиоактивных отходов. Переработка низко- и среднеактивных отходов. Битумирование и цементирование. Обращение с высокоактивными отходами. Остекловывание, включение в минералоподобные матрицы (синрок). Принципы захоронения радиоактивных отходов. Воздействие предприятий ЯТЦ на человека и окружающую среду. Радиоактивное загрязнение воздушной и водной среды. Нормы выбросов и допустимые концентрации радионуклидов. Накопление радионуклидов при работе ЯЭУ. Дозовые нагрузки на персонал и население. Беспороговая концепция риска. Тепловое загрязнение водоемов. Экологические проблемы ядерной энергетики. Безопасность предприятий ЯТЦ. Концепции безопасного реактора. Вероятность аварии. Крупнейшие аварии в атомной энергетике. Понятие риска. Эволюция проблемы безопасности атомной энергетики. Альтернативные технические системы, повышающие уровень ее безопасности. Международные аспекты развития атомной энергетики. Международные организации: Международное Агентство по Атомной Энергии (МАГАТЭ), Научный Комитет по Действию Атомной Радиации (НКДАР), Международная комиссия по

		Радиационной Защите (МКРЗ), Программа ООН по Окружающей Среде (ЮНЭП). Международные конвенции и научные программы. Вопросы ядерно-химической технологии в международных программах. Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО).
2.	Основы радиационной безопасности и применение радионуклидов и излучений	2.1. Применение радионуклидов и общие задачи радиационной безопасности Открытие радиоактивности. Реакции деления радионуклидов и ядерный реактор. Ядерная энергетика. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Радиационная химия, как часть химии высоких энергий, ее задачи. Общие задачи радиационной безопасности. Естественные и искусственные радионуклиды (РН) в окружающей среде. Открытые и закрытые источники излучения. Радиационный фон и вклад в него различных составляющих. Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) и Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР ООН). Атомная энергетика и проблема радиоактивных отходов. Проблемы охраны окружающей среды. Понятие «радиационная безопасность». Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г. 2.2. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Передача энергии излучениями веществу. Потери энергии быстрых заряженных частиц. Формула Бете. Тормозное излучение и линейная потеря энергии (ЛПЭ). Пробег заряженных частиц в веществе. Кривая Брэгга. Взаимодействие электронов и бета-частиц с веществ. Радиационные потери энергии. Эффективный пробег бета-частиц в веществе. Детекторы для регистрации и спектрометрии альфа-излучения. Детекторы для регистрации бета-излучения. Взаимодействие фотонов с веществом. Закон ослабления потока фотонов. Передача энергии среде фотонами (фото- и Комптон-эффекты). Образование рассеянных фотонов за счет Комптон-эффекта. Массовые коэффициенты поглощения фотонов для различных веществ. Выбор детектора при измерении смеси гамма-квантов. Дозиметрия ионизирующего излучения. Открытие А. Беккерелем и П. Кюри действия ионизирующего излучения на человека. Внешнее и внутреннее облучение человека. Нормирование внешнего облучения человека. Экспозиционная доза, ее единицы и применение. Методы измерения экспозиционной дозы и ее расчет от внешнего источника. Применение гамма-постоянной в системе СИ для расчета дозы в воздухе от внешнего источника. Внутреннее облучение человека. Поглощенная и эквивалентная дозы. Взвешивающие коэффициенты для различных видов излучения. Их зависимость от ЛПЭ. Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы. Понятие о допустимых уровнях облучения, детерминированные и стохастические эффекты. Дозовые коэффициенты радионуклидов. Методы определения дозы в лаборатории. 2.3. Основные нормативные документы НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010 Нормирование дозовой нагрузки на человека. Принципы радиационной безопасности. Нормы радиационной безопасности. Беспороговая концепция риска и коэффициенты риска. Основные категории облучаемых лиц: персонал и население. Установленные пределы доз. Облучение природными источниками. Критическая группа населения. Радиационный

		контроль. Доза эффективная коллективная. Повышенное облучение при радиационной аварии. Облучение персонала. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ. Деление радиационных объектов на категории. Задачи администрации. Требования к персоналу. Деление персонала на группы А и Б. Работа с закрытыми источниками излучения. Понятия «минимально значимой активности» и «минимально значимой активности удельной». Классы лабораторий и группы радиационной опасности. Определение класса работ. Меры радиационной безопасности в лаборатории. Защитная спецодежда. Вентиляция. Дозовые коэффициенты для различных типов соединений элементов при ингаляции. Объемная среднегодовая активность воздуха и предел годового поступления ПГПперс. Спецканализация и удаление отходов. Расчет эффективной мощности дозы в лаборатории. Облучение населения. Меры по ограничению облучения населения. Пределы доз для населения. Составы критических групп населения. Дозовые коэффициенты для населения, их зависимость для критических групп от возраста. Пределы годового поступления ПГПнас для воздуха и воды. Понятие об уровне вмешательства УВ. Методы радиационного контроля. Защита пациента в ядерной медицине. 2.4. Физико-химическая стадия взаимодействия излучения с веществом Основные понятия химии высоких энергий. Терминология. Электронная активация, возбужденные молекулы, ионы, радикалы, поглощенная доза, радиационно- химические выходы, радиационная чувствительность и стойкость. Радиолиз. Временные стадии отклика среды на воздействие ионизирующих излучений на вещество. Классификация ионизирующих излучений. Энергетический спектр выбиваемых электронов. Упругое рассеяние. Потери энергии неионизирующими электронами. Структура треков быстрых заряженных частиц (шпоры, блобы, колонки ионизаций, их размеры). Возбужденные частицы. Первичные и промежуточные продукты радиолиза. Разновидности возбужденных состояний (синглетные и триплетные). Пути их образования: непосредственное возбуждение, ион-электронная рекомбинация. Сохранение спиновой мультиплетности при электронной активации. Мгновенная и запаздывающая ионизация, Плазмоны. Сверхвозбужденные состояния. Выход ионизации. Релаксация возбужденных состояний: внутренняя и интеркомбинационная конверсии, флуоресценция и фосфоресценция, безизлучательная дезактивация. Химические свойства возбужденных молекул. Поведение электронов в неполярных и полярных молекулярных жидких и твердых средах. Квазисвободные электроны, подвижность, миграция. Работа входа электрона в конденсированную среду. Поляронная и структурная модели сольватированного электрона. Химические реакции электронов в молекулярных жидкостях. Супероксид. Особенности реакций квазисвободных электронов в неполярных жидкостях. Ион-молекулярные реакции. Косвенная ионизация. Свободные радикалы. Реакции присоединения, рекомбинации и диспропорционирования. Реакции, контролируемые диффузией. Диффузионно-рекомбинационная модель радиолиза. Приближение ион- электронных пар. Формула Онзагера. Начальные и первичные выходы ионов. Их зависимости от диэлектрической проницаемости среды и температуры.

		2.5. Радиационно-химические проблемы ядерной энергетики Радиолиз воды. Гомогенная стадия радиолиза воды и водных растворов. Уравнения накопления продуктов и материальный баланс радиолиза. Наблюдаемые выходы радиолитических продуктов. Мощность дозы и равновесные концентрации продуктов радиолиза. Влияние перемешивания и свободного объема. Закономерности Эршлера. Высокотемпературный радиолиз воды и водяного пара. Радиолиз кипящей воды. Радиолиз водных растворов. Реакции продуктов радиолиза воды и их реакционная способность. Радиолиз водных растворов неорганических веществ. Радиолиз водного теплоносителя. Радиолиз водных растворов борной кислоты и аммиака/водорода. Подавление коррозии конструкционных материалов, уноса радиоактивного йода и образования нитрата в теплоносителе. Радиолиз водных растворов органических веществ. Радиолиз органических веществ. Действие ионизирующих излучений на органические вещества: углеводороды, экстрагенты и полимеры. Дозиметрия ионизирующих излучений. Дозиметрия внутренних источников α-, β- излучения. Дозиметрия γ-излучения. Дозиметр Фрикке и его разновидности. Дозиметрия смешенного излучения. Расчет поглощенных доз для исследуемых систем по данным дозиметрии. 2.5. Радиоактивные отходы Понятие о «радиоактивном отходе» РАО. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами СПОРО. Классификация РАО по удельной активности, внешнему гамма-излучению, агрегатному состоянию, периоду полураспада. Складирование РАО и система переработки РАО. Кондиционирование РАО. Временное и окончательное захоронение РАО. Радиационная безопасность при обращении с РАО.
3.	Химическая технология редких элементов	3.1. <u>Редкие элементы в современной энергетике</u>. Исторические истоки, виды металлургии (пиро-, гидро-, сольвометаллургия). Самородные металлы. Тенденции изменения количества и качества руд. Этапы развития химии, возникновение названия, роль алхимического этапа. Лежащие в основе химии практические знания. Металлургия. Определение. Самородные металлы, пиро- , гидро- и сольвометаллургия. Тенденции изменения количества и качества руд. Геохимическое и технологическое понятие «редкий элемент». Развитие металлургии и ее научного сопровождения в России и СССР. Вклад российских и советских ученых в развитие металлургии. Формулирование концепции металлургического процесса, иерархия целей, технологическая схема и схема по цели аппаратов. Ядерная энергетика, ее сырьевое обеспечение. Мировое энергопотребление, основные тенденции производства и потребления энергии. Мировой энергетический кризис – Война Судного Дня 1973 г. Структура мировых запасов энергоносителей. Энергосодержание различных видов топлива. Ядерный и тепловой топливные циклы. Экологические проблемы энергетики. Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл. Альтернативные источники энергии. Тенденции развития ядерной и термоядерной энергетики. Земная кора - понятие. Основные породообразующие минералы земной коры - по происхождению, по химическому составу. Геотермальный эквивалент, изменение давления. Метаморфизм. Общие закономерности распространенности элементов в земной каре. Понятие-месторождение, руда, пустая

		порода. Коэффициент обогащения месторождения. Примеры образования месторождений редких элементов, миграция. Россыпные месторождения. Минерал. Отличительные признаки (удельный вес, твердость, цвет). Шкала Мооса. Законы изоморфного замещения. Основные минералы Li , Be, РЗЭ, Zr и Hf, Nb и Ta, Mo, W, U, Th, Re. Возможности расширения запасов редких металлов. Железо-марганцевые концентраты, море, совершенствование технологии, геотехнология. Драгоценные разновидности редких металлов. Измельчение. Понятие. Дробление и размол. Питание, продукт. Ситовой анализ. Определение необходимого размера конечных частиц. Влияние факторов бедность руды и размеры вкраплений (зерен) ценного минерала на конечный размер частиц. Типы воздействия при измельчении. Свойства руды, влияющие на процесс измельчения (крупность, пластичность). Связь свойств минерала с выбором предпочтительного способа измельчения. Машины для измельчения, их характеристики щековые и конусные дробилки. Валковые дробилки, молотковые (разных типов). Дезинтеграторы. Тонкое измельчение: шаровые мельницы, бегуны, роликовые мельницы, струйные мельницы. Вибро (коллоидные) мельницы. Степень измельчения. Классификация измельченных частиц. Отстойный газоход, циклон, вращающиеся барабаны, спиральный классификатор. Схемы измельчения. Обогащение. В разделении частиц ценного минерала и пустой породы. Задачи, решаемы процессом обогащения. Обогащение на основе разницы плотностей (гравитационное). Отсадочная машина, обогащение на шлюзах, спиральные желоба, концентрационные столы. Обогащение в тяжелых суспензиях. Магнитное обогащение. Роль примесей железа. Магнитит. Электростатическое обогащение. Частицы, проводящие и не проводящие электричество. Флотация. Коллекторы, вспениватели, активаторы, подавители, регуляторы. Химическое обогащение (ильменит, обезжелезненный циркон). Обогащение по твердости. Декрипитация. Комплексные схемы обогащения. Обогащение россыпей. Применение лития. Щелочные аккумуляторы, глазури, эмали, антиобледенители, легкие (авиационные) сплавы. Свойства изотопов лития и получение трития. Литий как металлический теплоноситель ядерного реактора. Бериллий. Бериллиевые бронзы. Отражатель нейтронов. Р.З.М. - сплавы, легирование чугуна, окраска стекол, полирующие смеси, поглотители нейтронов (поглощающие и регулирующие стержни), имитация плутония, катализаторы, сверхпроводники. Ti,Zr,Hf - антикоррозионные покрытия, конструкционные материалы, сплавы, твэльные трубки ядерных реакторов на медленных нейтронах, поглотители нейтронов, дубление кожи, полировка стекол. Nb, Ta – плавы различного назначения, компонент конструкционных материалов ядерных реакторов на медленных нейтронах. Mo, W – сплавы, антикоррозионные покрытия. U – ядерное топливо. Re – сплавы (суперсплавы), контакты, покрытия. 3.2. <u>Технология извлечения редких элементов</u>. Активация концентратов редких металлов – перевод в более реакционноспособную форму. Высокотемпературные методы вскрытия: термическое активирование (обжиг, окислительный обжиг, нагрев с последующей закалкой); спекание концентратов минералов с различными соединениями, химические реакции. Шихта. Особенности твердофазной

		реакции. Отличие спекания от сплавления. Сульфатизация концентрированной серной кислотой. Методы вскрытия концентрированным раствором щелочи. Пульпа. Топохимические реакции. Общие недостатки высокотемпературных методов вскрытия. Отличие процессов выщелачивания от растворения. Роль химической реакции и термодинамическая оценка вероятности ее протекания. Кинетика выщелачивания. Пути ее интенсификации. Организация процесса выщелачивания. Выщелачивание агитационное и перколяционное. Перколяционное выщелачивание в аппаратах и кучное. Перколяционное выщелачивание с кислотным замесом. Подземное выщелачивание: условия его возможности, плюсы и минусы. Принципиальная схема обычного процесса выщелачивания. Выщелачивающие реагенты. Пересчет концентраций растворенного вещества, выраженных различными способами. Сравнение кислотного и карбонатного выщелачивания урановых руд. Общий недостаток методов выщелачивания концентратов редких металлов – присутствие воды в системе и, как следствие, попадание кислорода в финальный продукт, снижающий пластичность металла. «Сухие» методы вскрытия. Хлорирование концентратов. Термодинамика процесса в отсутствие и в присутствие углерода. Температуры кипения (или возгонки) хлоридов редких металлов. Условия проведения процесса. Разделение летучих продуктов при конденсации. Очистка летучих продуктов от «вульгарных» примесей. Разделение хлоридов близких по свойствам элементов – пары Ta-Nb и пары Zr-Hf. Достоинства и недостатки метода хлорирования. Фторирование. Физико-химические свойства некоторых фторидов. Фториды урана. Жидкостная экстракция в технологии редких металлов как метод концентрирования и разделения близких по свойствам элементов. Классификация экстрагентов, применяемых в этом процессе. Нейтральные эктрагенты. Экстракция минеральных кислот и металлов нейтральными экстрагентами. Экстрагенты кислотного типа. Хелатирующие реагенты. Экстрагенты – основания. Алкиламины и четвертичные аммониевые основания. Соли этих соединений. Экстракция кислот и металлов основными экстрагентами. Экстракция смесями экстрагентов. Синергетный и антагонистический эффекты. Влияние строения экстрагентов на их экстракционную способность. Экстракционное равновесие. Правило фаз. Изотерма экстракции. Коэффициент распределения. Закон действующих масс применительно к процессам экстракции. Константы равновесия: термодинамическая, эффективная и концентрационная. Высаливание при экстракции. Кинетика экстракции. Двухпленочная модель массопередачи, ее плюсы и минусы. Коэффициент массоотдачи и коэффициент массопередачи. Возможность определения коэффициента массопередачи экспериментальным способом. Состояние границы раздела фаз. Процессы, происходящие на границе раздела фаз. Причины образования структурно-механического барьера. Требования, предъявляемые к экстрагенту при использовании процесса экстракции в промышленном масштабе. Селективность процесса экстракции. Коэффициент разделения. Факторы, влияющие на коэффициент разделения. Разбавители, их роль в экстракционном процессе. Требования, предъявляемые к разбавителю. Сорбционные процессы в технологии редких металлов. Неорганические и органические иониты. Синтетические иониты. Катиониты и аниониты. Матрица и ионогенные группы. Природа матрицы и типы ионогенных групп.

		Противоионы и коионы. Макропористые и гелевые иониты. Классификация ионитов по Никольскому Б.П. (по степени диссоциации ионогенных групп). Примеры наиболее известных синтетических сорбентов. Набухание сорбентов. Причины этого явления и величина набухания. Депрессоры. Равновесие ионного обмена для однозарядных и разнозарядных обменивающихся ионов. Реакции обмена. Селективность ионита, коэффициент избирательности. Коэффициент равновесия. Изотермы ионного обмена. Изотермы Ленгмюра, Фрейдлиха. Закон Генри. Выражение ионообменного равновесия через эквивалентные доли. Кинетика ионного обмена. Отличие ионообмена в сорбенте от экстракционного ионообмена. Модель пленки, предложенная Нернстом. Пленочная диффузия. Внутренняя диффузия. Определение лимитирующей стадии. Обменная емкость как основное свойство ионита. 3 вида обменной емкости (полная, статическая и динамическая). Отличие статических условий сорбции от динамических. Проскоковая концентрация. Выходная кривая сорбции и определение динамической обменной емкости. Динамика сорбции ионов в колонках. Формирование работающего слоя. Время защитного действия колонки. Уравнение Шилова. Ионообменная хроматография. Фронтальный анализ. Элюентная хроматография. Вытеснительная хроматография. Ионообменная сорбция в технологии урана для извлечения из слабо концентрированных растворов. Создание непрерывного сорбционно- десорбционного цикла. Колонны для непрерывной сорбции из пульп. Сравнение процессов сорбции урана на катионитах и анионитах. Разделение РЗЭ методом ионообменной хроматографии с применением комплексообразователей. Наиболее часто используемые комплексообразователи и прочность образуемых ими с РЗЭ комплексов. Ионы- замедлители (Fe^{3+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}). Механизм их действия. Принципиальная схема комплексной переработки группового концентрата РЗЭ. Знакомство с находящимися в эксплуатации технологическими схемами. Переработка сподумена сернокислотным способом и спеканием с сульфатом калия. Переработка монацита сернокислотным способом с разделением тория и РЗЭ; и переработки сплавлением с едким натром. Вскрытие танталита колумбита двумя вариантами; сплавлением с КЩН и NaOH. Вскрытие циркона спеканием с известью и спеканием с K2SiF6. Вскрытие берилла спеканием с Na2SiF6. Экстракционного извлечения урана из фосфорной кислоты. Экстракционного разделения урана и ванадия при переработке карнотитовых руд. Экстракционного разделения роданидов циркония и гафния метил изобутилкетоном. Экстракционного разделения нитратов циркония и гафния трибутилфосфатом. 3.3. <u>Производство и рафинирование металлов и сплавов, производство изделий из них</u>. Определение терминов: осаждение, кристаллизация. Явление пересыщения. Абсолютное пересыщение, относительное пересыщение, степень пересыщения. Абсолютное переохлаждение, относительное переохлаждение, степень (коэффициент) переохлаждения. Пересыщение при осаждении. Природа осадителей. Факторы, влияющие на растворимость. «Старение» осадков. Оловые и оксомостики. Соосаждение примесей. Изоморфное замещение, адсорбция поверхностью, окклюзия. Устойчивость пересыщенных растворов, свойства соединений, влияющие на устойчивость их пересыщенных растворов. Зависимость растворимости от размера частиц. Термодинамика образования

		зародышей, критический размер зародышей. Характеристики процесса соосаждения (уравнение Дерньера-Хоскинса, Хлопина). Эффективный коэффициент захвата примеси. Понятие «ядерная чистота». Эффективное сечение захвата медленных нейтронов. Элементы, подходящие для использования в качестве конструкционных материалов в ядерном реакторе. Нейтронные яды. Необходимая степень очистки (допустимые содержания). Общий коэффициент нейтронной безопасности. Способы аффинажной очистки урана. Пероксидная, карбидная очистки, экстракционный аффинаж. Достоинства и недостатки. Иодидное рафинирование циркония. Чистота элемента в истории урана и циркония. Металлотермия, история открытия. Роль Н.Н. Бекетова. Металлы-восстановители (Ca, Na, Mg). Аппаратурное оформление процесса. Роль вакуума. Термодинамические процессы. ΔG^0 образования оксидов, фторидов и фторидов металлов. Зависимость ΔG^0 от температуры. Относительность понятий «металл-восстановитель» и «восстанавливаемый металл». Восстановление углеродом. Родство металлотермических и карботермических процессов. Причина неиспользования карботермии в технологии редких металлов. Процессы рафинирования избирательным окислением, хлорированием, фторированием. Разделение добавлением металлов. Температура начала реакции, температура реакции. Возможность расчета. Тепловой баланс плавки, влияние масштаба. Внепечные и печные процессы. Греющие (охлаждающие) добавки. Роль шлака. Разделение губки и продуктов реакции. Роль чистоты металлов – восстановителей и восстанавливаемого соединения. Конкретные примеры металлотермических процессов в технологии редких металлов. Электролиз. История открытия и изучения электростатических явлений. Возникновение электрического заряда при натирании янтаря. Природные «искры» молнии. Работы У.Гильберта, Стефана Грея, Ш.Дюфе, Отто фон Герике, Питера ва Мушен Брука (1692-1761), Бенжамина Франклина (1706-1790), М.В.Ломоносова (1711- 1765), Джозера Пристли(1733-1804), Шерия Кулона(1736-1806), Генри Кавендина(1731- 1810). Закон Кулона (Кавендима). Открытие Луиджи Гальвани(1737-1798) и Алессандро Вольта (1745-1827). Вольтов столб. Первые опыты применения источника электрического тока. Работы В.В.Петрова, Гемфри Деви. Первые опыты электролиза, электролиз растворов и расплавов. Электрохимический ряд напряжений, процесс окисления-восстановления в гальваническом элементе. Уравнение Нернста, процесс окисления-восстановления для катионов и анионов. Нормальный электронный потенциал и равновесный потенциал. Отклонение потенциала электрода от нормального в реальных процессах. Напряжение разложения, практическое напряжение на ячейке. Токопотери и их причины. Свойства расплавов солей и металлов, участвующих в процессе электролиза. Практически используемые схемы электролиза. Порошковая металлургия. Порошки металлов, их свойства, способы приготовления. Прессование, закономерности и применяемые аппараты. Смазка при прессовании, нагревание, способы. Горячее, холодное прессование, отжиг. Использование получаемых паковок, их свойства. Проблемы переплавки жидких металлов, материал тигля, способы нагрева. Плавка в медноохлаждаемом тигле с расходуемым и нерасходуемым электродами. Йодидное рафинирование. История, проблемы, роль Ван Аркеля и Де Бура, лабораторные и промышленные аппараты, конструкционные особенности. Процессы, протекающие при

		йодидном рафинировании. Меры, принимаемые для обеспечения непрерывного процесса. Транспортные реакции - определение и практическое воплощение.
4.	Технология особо чистых веществ	4.1. Введение в технологию особо чистых веществ. Способы выражения степени чистоты веществ. Понятия «микропримесь» и «особо чистое вещество» (ОСЧ). Современный достигнутый уровень чистоты вещества. Влияние внешних загрязнений на процессы глубокой очистки вещества. Понятие коэффициента интенсивности очистки. Диффузионная модель загрязнения из внешнего источника. Модель поступления примеси из внешнего источника по механизму растворения. Классификация методов глубокой очистки веществ. Общая характеристика методов глубокой очистки веществ. 4.2. Химические методы получения особо чистых веществ Основные варианты химических методов и оценка их предельных возможностей. Сущность химических транспортных реакций. Перенос вещества потоком газа – носителя. Перенос вещества молекулярной диффузией. Перенос вещества посредством конвекции. Разделение и очистка веществ посредством транспортных реакций. Разделяемые вещества *A* и *A'* гетерогенны по отношению друг к другу. Разделяемые вещества *A* и *A'* образуют гомогенную твердую фазу. Практическое использование химических транспортных реакций для очистки веществ. Йодидный метод получения циркония. Преимущества и недостатки химических методов получения особо чистых веществ. 4.3. Физико-химические методы получения особо чистых веществ Коэффициент разделения разбавленных растворов. Экспериментальное определение коэффициента разделения. Метод уравновешивания и анализ равновесных фаз. Метод равновесной перегонки. Термодинамический расчет равновесия жидкость – пар в области предельно разбавленных растворов. Очистка веществ от взвешенных частиц дистилляционными методами. Ректификация. Основные понятия. Тарельчатые колонны. Фактор разделения в стационарном состоянии в «безотборном» режиме. Эффективность тарелки. Влияние скорости отбора продукта на фактор разделения. Насадочные колонны. Материальный баланс разделяемой смеси. Массопередача. Фактор разделения в стационарном состоянии в «безотборном» режиме. Влияние скорости отбора продукта на фактор разделения. Высота, эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ). Высота единицы переноса (ВЕП). Взаимосвязь между ВЭТТ и ВЕП. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры на глубину очистки веществ методом ректификации. Молекулярная дистилляция. Применение ректификации в технологии получения особо чистых веществ. Гидридный и хлоридный методы получения элементов особой чистоты. Получение элементов особой чистоты через элементоорганические соединения. Получение особо чистых растворителей. Получение газов высокой чистоты. Основы технологии извлечения радиоактивного изотопа криптона-85 методом криогенной ректификации. Адсорбционные методы. Теоретические основы разделения смесей методом адсорбции. Физико-химическая природа адсорбции. Термические уравнения адсорбции. Коэффициент разделения в адсорбционном процессе. Кинетика адсорбции. Динамика адсорбции. Расчет динамики адсорбции микропримесей при глубокой очистке. Адсорбенты. Активированные угли. Силикагели. Алюмогель и активный оксид алюминия. Цеолиты. Общие принципы приготовления

		адсорбентов для процессов получения особо чистых веществ. Регенерация адсорбентов. Использование адсорбционного метода при глубокой очистке веществ. Технологические схемы глубокой очистки газов в процессах производства легких изотопов. Принципиальные основы очистки воздуха от радиоактивного изотопа криптона-85 и ксенона-133 методом низкотемпературной адсорбции. Ионообменный метод. Теоретические основы разделения смесей методом ионного обмена. Термическая и радиационная стойкость ионитов. Ряды Гофмейстера. Ионообменная технология очистки воды. Принципиальные основы технологии очистки жидких радиоактивных отходов методом ионного обмена. Общий подход к синтезу ионообменных смол. Кристаллизационные методы. Физико-химические основы метода. Нормальная направленная кристаллизация (ННК). Сущность метода. Математические уравнения ННК. Многократная направленная кристаллизация. Зонная перекристаллизация (зонная плавка). Сущность метода. Распределение примеси по длине образца при однократном проходе расплавленной зоны. Расчет концентрационного профиля примеси по длине образца после n-проходов расплавленной зоны. Общий анализ технических средств и методов зонной плавки при производстве тугоплавких и химически активных металлов для современной энергетики. Основы технологии электронно-лучевой зонной плавки циркония.
5.	Технология изотопов	5.1. <u>Разделение изотопов методом ректификации</u>. Классификация физико-химических методов и способов разделения изотопов. Потребность в стабильных изотопах и масштабы их производства как основа для выбора метода, способа разделения и определения комплекса исследовательских задач. Ректификация воды как способ разделения изотопов. Свойства изотопологов воды. Коэффициент разделения изотопов водорода и кислорода при ректификации воды. Общность и различие в задачах концентрирования изотопов водорода и кислорода. Концентрирование ^{18}O и ^{17}O. Особенности вакуумной ректификации воды. Определение оптимального давления. Применение ректификации воды в производстве тяжелокислородной воды (H218O). Особенности концентрирования изотопов ^{16}O и ^{17}O. Низкотемпературная ректификация. Низкотемпературная ректификация CO с целью концентрирования изотопов углерода ^{12}C и ^{13}C. Однократный коэффициент разделения, реакция гомомолекулярного обмена в молекуле CO и ее влияние на процесс разделения, гидродинамика и массообмен. Особенности подготовки сырья и контроль его качества. Способы построения схем ректификации. Ректификация метана как способ разделения изотопов углерода. Производственные установки. Разделение изотопов азота и кислорода ректификацией NO: изотопологи, коэффициент разделения, особенности подготовки сырья и роль реакции диспропорционирования NO. Условия реализации процесса при концентрировании изотопов азота ^{14}N, ^{15}N и кислорода ^{18}O. Процесс одновременного получения трех изотопов (^{15}N, ^{17}O и ^{18}O). Разделение изотопов бора ректификацией трехфтористого бора. Коэффициент разделения, массообмен, условия процесса, влияние давления. Практическое применение. 5.2. <u>Разделение изотопов методом химического изотопного обмена</u>.

		Особенности метода химического изотопного обмена. Эффективный коэффициент разделения и способы воздействия на него с целью увеличения. Межфазный изотопный обмен и пути его интенсификации. Обращение потоков при химическом изотопном обмене: особенности, типы процессов, требования к полноте, источники изотопного разбавления. Задачи аналитического контроля. Разделение изотопов методом химического изотопного обмена в системах «жидкость – газ»: Разделение изотопов углерода методом химического обмена для производства ^{13}C: основные рабочие системы, равновесие и кинетика изотопного обмена, массообмен, обращение потоков, оптимальные условия проведения процесса разделения. Особенности карбаматного способа разделения изотопов. Концентрирование ^{15}N. Основные рабочие системы. Аммиачный способ разделения изотопов азота. Фазовое и изотопное равновесие. Массообмен. Обращение потоков и его особенности. Каскадные схемы концентрирования ^{15}N и ограничения способа. Разделение изотопов азота в системе оксиды азота – азотная кислота. Особенности фазового равновесия. Однократный изотопный эффект: константа равновесия и эффективный коэффициент разделения. Скорость и механизм изотопного обмена между оксидами азота и растворами азотной кислоты, межфазный изотопный обмен. Обращение потоков фаз: методы Тэйлора и Махенка. Материал аппаратуры и основные конструктивные решения. Оптимальные условия разделения изотопов азота, технико-экономические показатели, вопросы экологии. Разделение изотопов кислорода методом химического обмена: основные рабочие системы, равновесие и кинетика изотопного обмена, массообмен, особенности обращения потоков, варианты схемных решений и оптимальные условия процесса разделения. Разделение изотопов бора методом химического обмена: физические и физико- химические свойства соединений трехфтористого бора, используемых при разделении изотопов бора, изотопное равновесие, кинетика изотопного обмена и массообмен, оптимальные условия процесса разделения изотопов бора, вопросы экологии. Разделение изотопов кремния методом химического обмена для концентрирования ^{28}Si. Разделение изотопов методом химического изотопного обмена в системах «жидкость – твердая фаза». Разделение изотопов методом ионного обмена: равновесие и кинетика процессов ионного изотопного обмена при разделении изотопов азота и бора. Особенности противоточного режима и обращения потоков. Практический опыт. 5.3. <u>Разделение изотопов водорода</u> Разделение изотопов водорода методом ректификации. Применение ректификации воды на стадии конечного концентрирования при получении тяжелой воды (D2O). Концентрирование дейтерия ректификацией аммиака. Коэффициент разделения изотопов водорода и условия процесса разделения. Разделение изотопов водорода ректификацией аммиака. Условия проведения процесса, однократный изотопный эффект, современная роль процесса. Низкотемпературная ректификация водорода. Коэффициент разделения изотопов водорода и особенности рабочей системы. Источники сырья и особенности очистки водорода от примесей. Выделение дейтерия ректификацией водорода на стадии начального концентрирования. Выделение дейтерия из азотно-водородной смеси.

		Разделение изотопов водорода методом химического обмена. Система «вода- водород». Равновесие и кинетика изотопного обмена. Катализаторы для парофазного и жидкофазного изотопного обмена. Массообмен. Варианты организации процесса разделения. Особенности обращения потоков. Использование электролиза воды для обращения потоков. Практические применение системы. Разделение изотопов водорода методом химического изотопного обмена в системе «жидкий аммиак – водород». Фазовое и изотопное равновесие в системе. Кинетика изотопного обмена. Катализаторы. Условия проведения процесса разделения. Схема завода в Мазингарбе. Роль фазового обмена. Производственные установки. Двухтемпературный способ разделения изотопов водорода. Предпосылки и возможности организации процесса разделения изотопов двухтемпературным способом. Варианты технологических схем. Степень извлечения изотопов в установках, работающих с отбором первого и второго рода. Общая модель стационарного состояния двух совместно работающих колонн. Зависимость степени разделения от соотношения потоков и соотношения высот горячей и холодной колонн. Оптимальное соотношение потоков. Время накопления в двухтемпературных установках. Особенности двухтемпературных каскадов. Двухтемпературный сероводородный способ получения тяжелой воды. Фазовое и изотопное равновесие, оптимальные условия проведения процесса концентрирования дейтерия, кинетика и механизм изотопного обмена водорода. Материаловедческие вопросы и рекуперация тепла. Технико-экономические показатели заводов по производству тяжелой воды двухтемпературным сероводородным способом.

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Введение в технологию материалов современной энергетики	ПЗ ЛР	Особенности конструкции основных типов ЯЭУ. Особенности технологий различных стадий ЯТЦ. Делящиеся материалы, их ядерно-физические, физические и химические свойства. Биологическая защита. Особенности конструкции ТВЭЛов для разных типов атомных реакторов. Физические основы и особенности методов разделения изотопов. Особенности конструктивного исполнения активной зона и зоны воспроизводства реакторов на быстрых нейтронах. Особенности методов обращения с РАО. Основные положения нормативной документации, регулирующие работу с источниками ионизирующего излучения и обращение с РАО.
2.	Основы радиационной безопасности и применение радионуклидов и излучений	ПЗ ЛР	Основные задачи дозиметрии Определение поглощенной дозы для гамма- и рентгеновского излучения. Эквивалентная и эффективная дозы. Коллективная доза, ее применение. Дозовые коэффициенты. Основные принципы радиационной безопасности. Их применение в различных случаях. Категории облучаемых лиц: персонал и население. Допустимые уровни облучения. Требования к персоналу. Группы радиационной опасности и классы лабораторий. Радиационный контроль в лаборатории. Дозиметрия в лаборатории.

			Категории радиационных объектов. Защита населения, проживающего на территории объектов первой и второй категории. Ограничение облучения населения от техногенных и природных источников. Требования к питьевой воде. Терминология и энергетический спектр выбиваемых электронов. Возбужденные частицы, расчет радиационного выхода. Сольватированный электрон, расчет продуктов радиолиза. Поведение электронов в водных растворах. Радиолиз. Радиолиз воды и водных растворов. Радиолиз органических веществ. Химические дозиметры – характеристики, области применения. Особенности дозиметра Фрикке. Классификация жидких и твердых отходов. Правила обращения с РАО в лаборатории. Кондиционирование РАО.
3.	Химическая технология редких элементов	ПЗ ЛР	Изменение мирового энергетического баланса. Понятия: минерал, руда, месторождение. Коэффициент концентрирования в месторождении. Задачи процесса измельчения. Аппараты измельчения. Задачи процесса обогащения руд. Понятие: минимальная концентрация ценного компонента. Виды обогащения. Свойства лития, определяющие его применение в ядерных и неядерных областях. Редкоземельные элементы – расширение областей их применения. Основы методов растворения и выщелачивания для переработки рудных концентратов. Принципиальные схемы разложения рудных концентратов спеканием с CaO. Принципиальные схемы хлорирования рудных концентратов. Принципиальные схемы переработки литиевых, бериллиевых и редкоземельных концентратов с использованием серной кислоты. Принципиальные схемы разложения циркона, колумбита и танталита сплавлением с едкими щелочами. Принципиальные схемы разложения циркона, колумбита и танталита методом фторирования. Требования к чистоте редких металлов в ядерной энергетике. Нейтронные яды. Особенности процессов осаждения и кристаллизации, методы достижения пересыщения. Аффинажные процессы в технооги редких элементов (технологические схемы). Металлотермия. Принципы выбора металла-восстановителя и способы очистки восстанавливаемого соединения. Электролиз расплавов как метод получения редких металлов (технологические схемы). Иодидное рафинирование, порошковая металлургия и плавка редких металлов – промышленная организация процессов
4.	Технология особо чистых веществ	ПЗ ЛР	Расчет коэффициента разделения химического метода очистки от примеси для случая равенства единице стехиометрических коэффициентов основной и параллельной химических реакций. Разработка схемы

			транспорта веществ в процессах очистки вещества химическими транспортными реакциями. Расчет коэффициента разделения в системе жидкость - пар в области микроконцентраций примеси по равновесным данным в области средних концентраций. Использование уравнения Ван- Лаара третьего порядка. Уравнение Калингерта –Дэвиса. Метод Карлсона – Колборна. Расчет коэффициента разделения в системе жидкость - пар по зависимости общее давление паровой фазы от состава жидкой фазы при постоянной температуре. Расчет коэффициента разделения в системе жидкость - пар по зависимости температуры кипения раствора при постоянном общем давлении от состава жидкой фазы. Расчет процесса ректификации в области микроконцентраций примеси с учетом постоянного загрязнения из внешней среды. Расчет полюса адсорбции, динамической активности слоя адсорбента по изоплане. Расчет внешнедиффузионного коэффициента массоотдачи и высоты неработающего слоя адсорбента в процессах глубокой очистки веществ, в том числе – под давлением. Оценка влияния на коэффициент разделения ионного обмена таких параметров как: концентрация микропримеси; размер и заряд гидратированных ионов. Расчет коэффициента разделения для системы расплав – твердое вещество по данным эксперимента по нормальной направленной кристаллизации. Расчет концентрационного профиля примеси в слитке после однократного прохода расплавленной зоны по слитку. Оценка необходимого числа проходов расплавленной зоны по образцу для получения нужной глубины очистки.
5.	Технология изотопов	ПЗ ЛР	Расчет коэффициента разделения (обогащения) изотопов водорода и кислорода при ректификации воды. Определение степени разделения и степени извлечения по данным работы соответствующих установок. Расчет оптимальных условий ректификации. Расчет коэффициента разделения (обогащения) изотопов легких элементов при ректификации, определение числа ступеней разделения, степени сокращения потоков, плотности орошения, гидравлического сопротивления, удельного отбора и расхода хладагента по данным работы производственных установок. Расчет эффективных значений коэффициента разделения (обогащения). Определение ВЭТС, ЧТСР и времени релаксации установок, а также потоков рабочих веществ, исходя из задачи изотопного разделения, разных схем разделительных установок и малости значений однократного изотопного эффекта. Расчет допустимых потерь целевого изотопа и его остаточной концентрации для процессов химического изотопного обмена. Расчет потоков реагентов на обращение потоков фаз для различных процессов химического изотопного обмена. Учет взаимного захвата фаз при определении эффективного коэффициента разделения изотопов водорода методом химобмена.

			Расчет потоков рабочих веществ при высоких значениях однократного эффекта разделения. Определение оптимальных значений соотношения потоков фаз.

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Введение в технологию материалов современной энергетики	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
2.	Основы радиационной безопасности и применение радионуклидов и излучений	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
3.	Химическая технология редких элементов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
4.	Технология особо чистых веществ	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
5.	Технология изотопов	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 в технологию материалов современной энергетики	Контрольная работа
2.	Основы радиационной безопасности и применение радионуклидов и излучений	Контрольная работа
3.	Химическая технология редких элементов	Контрольная работа
4.	Технология особо чистых веществ	Контрольная работа
5.	Технология изотопов	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

Контрольный работа

Раздел 1

Контрольная работа № 1

1. Развитие цивилизации и потребности человечества в энергии.
2. Рост народонаселения Земли и прогноз энергопотребления каждым жителем планеты.
3. Запасы органического топлива. Прогноз продолжительности использования органического топлива в энергетических установках.
4. Тепловая электроэнергетика и ее воздействие на окружающую среду.
5. Возможность использования альтернативных источников: солнечной, геотермальной, энергии приливов и отливов, ветровой энергии.
6. Делящиеся вещества. Быстрые, промежуточные и медленные нейтроны. Ядерные реакции на медленных нейтронах.
7. Свойства урана.
8. Ядерный топливный цикл с реакторами на тепловых нейтронах.
9. Ядерный топливный цикл с реактором на быстрых нейтронах.
10. Открытый и замкнутый ядерные топливные циклы.

11. Запасы урана.
12. Атомные электростанции с реакторами с водой под давлением.
13. Атомные электростанции с кипящими реакторами.
14. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах.
15. Типы термоядерных реакций.
16. Воздействие начального этапа ядерного топливного цикла на окружающую среду. Сравнение с добычей органического топлива.
17. Диффузионный метод разделения изотопов урана.
18. Центробежный метод разделения изотопов.
19. Лазерный метод разделения изотопов.
20. Активная зона реактора, требования к ТВЭЛам и Т.В.С.
21. Воздействие радиохимических предприятий на окружающую среду.
22. Получение чистых соединений природного урана.
23. Подземное выщелачивание.

Контрольная работа № 2

1. Конструкционные реакторные материалы, требования к ним.
2. Основные эффекты взаимодействия излучений с реакторными материалами.
3. Радиационные явления, классификация дефектов кристаллов.
4. Санитарные правила проектирования и эксплуатации АЭС.
5. Радиоактивные загрязнения воздушной и водной среды АЭС.
6. Облучение населения естественными радионуклидами. Проблема радона.
7. Концепция беспороговой линейной зависимости доза-эффект.
8. Тепловое загрязнение водоемов от АЭС.
9. Экологические проблемы ядерной энергетики.
10. Крупнейшие аварии в атомной энергетике, их причины и последствия.
11. Альтернативные технические системы, повышающие безопасность атомной энергетики на примере реактора АСТ-500.
12. Основные принципы, используемые для повышения безопасности реакторов.
13. МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии – основные задачи и принципы работы.
14. МКРЗ, НКДАР – цели и принципы работы.
15. Сравнение эффектов воздействия на окружающую среду ядерного и угольного топливных циклов.
16. Концепция развития ядерной энергетики в Российской Федерации.
17. Авария на Чернобыльской АЭС. Основные итоги и выводы.
18. Международные конвенции и Договор о нераспространении ядерного оружия.

Контрольная работа № 3

1. «Нормы радиационной безопасности». Их назначение, основные таблицы и применение.
2. Атомная энергетика и проблема радиоактивных отходов. Проблемы охраны окружающей среды.
3. Взаимодействие бета-частиц и электронов с веществом. Различия по сравнению с тяжелыми частицами.
4. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Терминология: корпускулярное излучение, фотонное, гамма-излучение, рентгеновское, поток частиц, плотность потока, флюенс и т.д.
5. Взаимодействие нейтронов с веществом. Термализация нейтронов. Протоны отдачи.
6. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Уравнение Бете.
7. Взаимодействие фотонов с веществом. Фото-эффект и Комптон-эффект.
8. Гамма-излучение. Эффективность регистрации фотонов от их энергии и материала детектора.
9. Действие ионизирующего излучения на человека. Задачи дозиметрии.

10. Естественные и искусственные радионуклиды (РН) в окружающей среде.
11. Категории облучаемых лиц. Основные пределы доз для нормальных условий.
12. Критическая группа населения.
13. Керма. Понятие об электронном равновесии. Единица кермы.
14. Керма-постоянная и гамма-постоянная. Расчет поглощенной дозы от точечного гамма-источника.
15. Линейная передача энергии и относительная биологическая эффективность. Эквивалентная доза, ее единицы. Расчет эквивалентной дозы для смешанного излучения.
16. Массовые коэффициенты ослабления и поглощения потока фотонов.
17. Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) и Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР ООН).
18. Образование вторичных электронов. Структура треков. Шпоры и блобы.
19. Основные понятия химии высоких энергий. Терминология. Электронная активация, возбужденные молекулы, ионы, радикалы, поглощенная доза, радиационно-химические выходы, радиационная чувствительность и стойкость.
20. Основные принципы радиационной безопасности.
21. Открытые и закрытые источники излучения.
22. Планируемое повышенное облучение. Условия: необходимость спасения людей.
23. Поглощенная доза, ее единицы.
24. Понятие «радиационная безопасность». Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г.
25. Понятие о радиолизе. Образование продуктов радиолиза. Их концентрации.
26. Пробег заряженных частиц в веществе. Зависимость пробега от энергии частиц и заряда частиц.
27. Радиационный фон и вклад в него различных составляющих.
28. Стохастические и соматические эффекты. Беспороговая концепция зависимости риска от величины дозы. Коэффициенты риска.
29. Тканеэквивалентные дозиметры. Их применение. Погрешность определения дозы.
30. Тормозная способность среды и ЛПЭ. Линейная ионизация.
31. Экспериментальные методы определения пробега. Диаграмма Брэгга. Средний и экстраполированный пробеги.
32. Экспозиционная доза. Рентген, его энергетические эквиваленты. Расчет поглощенной дозы по данным рентгенометра.
33. Экстраполированный пробег электронов. Его определение.
34. Эффективная доза. Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов.
35. Ядерная энергетика. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Радиационная химия, как часть химии высоких энергий, ее задачи.

Контрольная работа № 4

1. Возбужденные состояния (синглетные и триплетные). Пути их образования.
2. Гомогенная стадия радиолиза воды и водных растворов. Уравнения накопления.
3. Дозиметрия гамма-излучения в лаборатории.
4. Дозовые коэффициенты для ингаляции. Распределение соединений по типам.
5. Использование гамма-спектрометрии в лаборатории.
6. Квазисвободные электроны, подвижность, миграция. Работа входа электрона в конденсированную среду.
7. Классификация радиационных объектов по потенциальной опасности.
8. Контрольные уровни облучения. Дозиметрия в лаборатории.
9. Классы лабораторий.
10. Наблюдаемые выходы радиолитических продуктов. Мощность дозы и равновесные концентрации продуктов радиолиза.
11. Определение активности аэрозолей в лаборатории.

12. Определение объемной активности бета- и гамма-излучателей.
13. Определение радионуклидов стронция.
14. Организация работ с радионуклидами. Задачи администрации.
15. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ.
16. Особенности реакций квазисвободных электронов в неполярных жидкостях.
17. Оценка радиационной опасности по А·ε.
18. Поляронная и структурная модели сольватированного электрона.
19. Понятия «минимально значимой активности» и «минимально значимой активности удельной». Группы радиационной опасности.
20. Правила уменьшения радиационной опасности. Правила личной гигиены в лаборатории 3 класса.
21. Правила радиационной безопасности, направленные на борьбу с аэрозолями и предотвращающие возможность выноса радионуклидов за пределы лаборатории.
22. Прямой и косвенный радиолиз соединений в растворах.
23. Пути образования молекулярного водорода при радиолизе органических веществ.
24. Работа с закрытыми источниками излучения.
25. Радиационный контроль в лаборатории.
26. Радиолиз газов.
27. Радиолиз органических соединений.
28. Расчет ПГП и ДОА по дозовым коэффициентам.
29. Расчет ПГП и МОА по дозовым коэффициентам.
30. Релаксация возбужденных состояний: внутренняя и интеркомбинационная конверсии, флуоресценция и фосфоресценция, безизлучательная дезактивация.
31. Свободные радикалы. Реакции присоединения, рекомбинации и диспропорционирования.
32. Спецканализация и удаление отходов.
33. Требования к персоналу.
34. Химические реакции гидроксильного радикала.
35. Химические реакции сольватированного электрона.

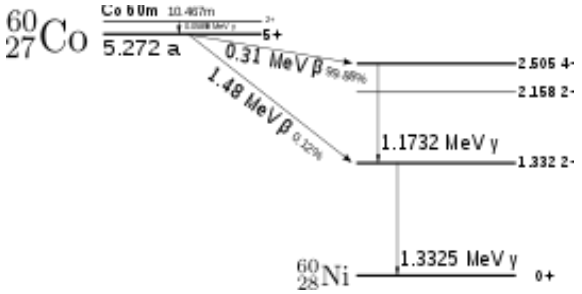
Контрольная работа № 5

1. Высокотемпературный радиолиз воды и водяного пара. Радиолиз кипящей воды.
2. Дозиметр Фрикке. Радиационно-химический выход. Линейность дозиметра.
3. Дозиметрия точечных источников бета-излучения.
4. Дозовые коэффициенты для населения, их зависимость для критических групп от возраста.
5. Защита населения при радиационной аварии.
6. Защита пациента в ядерной медицине.
7. Измерение потоков тепловых нейтронов.
8. Классификация РАО по удельной активности.
9. Кондиционирование РАО. Матрицы для кондиционирования.
10. Меры по ограничению облучения населения природными источниками.
11. Меры по ограничению облучения населения техногенными источниками.
12. Модифицированные дозиметры Фрикке.
13. Обеспечение радиационной безопасности населения.
14. Образцовый глюкозный дозиметр. Диапазон линейности дозиметра.
15. Ограничение медицинского облучения.
16. Пересчет показаний дозиметра Фрикке к исследуемой системе.
17. Подавление коррозии конструкционных материалов и уноса радиоактивного йода.
18. Подавление образования кислорода в водном теплоносителе.
19. Понятие о «радиоактивном отходе» РАО. Источники образования РАО.
20. Пределы годового поступления ПГПнас для воды и пищи.
21. Пределы годового поступления ПГПнас для воздуха.

22. Пределы доз для населения.
23. Предпосылки образования производства водорода на основе радиолиза водяного пара.
24. Радиационный контроль при работе с населением.
25. Радиолиз водного раствора гидразина.
26. Радиолиз водного теплоносителя в различных энергетических реакторах.
27. Радиолиз водных растворов борной кислоты и аммиака/водорода.
28. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами СПОРО. Основные разделы.
29. Складирование РАО в организации.
30. Составы критических групп населения.
31. Транспортирование РАО.
32. Учет при дозиметрии внутреннего излучения реакторов (альфа-излучение).

Задача

Пример 1. Рассчитать поглощенную дозу в ионобменной смоле содержащей $4 \cdot 10^{12}$ Бк/кг ^{60}Co накопленную в течении года. Считать, что поглощается 10% излучения.



Пример 2. При радиолизе водного раствора вещества с молекулярной массой 112 его массовая концентрация уменьшилась с 0,11% до 0,09% при поглощенной дозе 1 кГр. Определите радиационно-химический выход разложения данного вещества, если плотность раствора 1000 кг/м^3.

Пример 3. При делении ядра урана-235 примерно 12% выделяющейся энергии приходится на проникающее излучение (n и γ). Определите, какая была бы скорость разложения воды в реакторе ВВЭР-1000, если считать, что все n и γ излучение поглощается в реакторе, и не подавляют радиолиз воды (выход разложения воды в таких условиях составит 4,5 молекул/100 эВ).

Раздел 3

Контрольная работа № 1

1. Причины возникновения гидрометаллургии.
2. Первый гидрометаллургический процесс промышленного масштаба.
3. Связь между металлургией редких металлов и гидрометаллургией.
4. Какие новые геотехнологические приемы Вам известны.
5. Тенденции запасов и качества руд редких металлов.
6. Экстрактивная металлургия.
7. История возникновения металлургии на территории России.
8. Роль М.В. Ломоносова в развитии металлургии.
9. Роль Д.И. Менделеева в развитии учения о редких элементах.
10. Роль Вернадского в развитии технологии редких металлов в России.
11. Причина внимания исследователей к Ra.
12. Первые институты, связанные с проблемой редких металлов, образованные после 1917.
13. Начало подготовки специалистов в области редких металлов в России.
14. Цели процессов экстрактивной металлургии.
15. Иерархия целей экстрактивной металлургии.
16. Соотношение между иерархией целей и технологической схемой.

17. Оценка стоимости процесса.
18. Какой вид топлива вносит наибольший вклад в удовлетворение энергетических потребностей мира?
19. Какой вид топлива вносил наибольший вклад в удовлетворение энергетических потребностей мира в 1900 г.?
20. Основное противоречие между структурой энергетических ресурсов и структурой энергопотребления?
21. Основной альтернативный источник энергии?
22. Какие альтернативные источники энергии (помимо солнечной) вы знаете?
23. Порядок количества ежегодного потребления топлива угольной и ядерной электростанциями мощностью 1 млн. кВт.
24. По какой статье расходов на добычу топлива уран обеспечивает наибольшую относительную выгоду по сравнению с ядерной.
25. Что такое земная кора?
26. Что такое кларк элемента? Какие виды кларков элементов Вы знаете?
27. Требования к металлу, применяемому в качестве оболочки твэла?
28. Почему именно Zr применяется в качестве конструкционного материала в реакторах на медленных нейтронах, какие еще металлы слабо поглощают медленные нейтроны и почему они не применяются.
29. Неядерные области применения циркония.
30. Неядерные области применения урана.
31. Li - основные области применения.
32. Be - основные области применения.
33. РЗМ, Sc - основные области применения.
34. V, Nb, Ta - основные области применения.
35. Mo, W -основные области применения.
36. Re - основные области применения.
37. Что такое минерал?
38. Виды окраски минералов.
39. Какие горные породы (по составу) Вы знаете? Примеры?
40. Твердость минералов - шкала Мооса?
41. Горные породы по происхождению.
42. Деление осадочных пород по способу образования.
43. Пример перехода пород: осадочная — метаморфическая.
44. Геотермический градиент.
45. Поверхность Мохоровичича что это такое?
46. Основные породообразующие минералы.
47. Чем определяется кислотность магматической породы?
48. Законы изоморфного замещения.
49. Гетеровалентный изоморфизм.
50. Примеры наиболее распространенных в Земной коре элементов.
51. Наименее распространенный (стабильный) в земной коре элемент.
52. Общие закономерности распространенности элементов?
53. Процесс образования редкометалльных пегматитов?
54. Что такое месторождение?
55. Коренные (первичные) и вторичные месторождения.
56. Коэффициент концентрирования элемента в месторождении.
57. Определение и понятие «пустая порода»?
58. Что такое рассеянный элемент? Примеры?
59. Особенности геохимии редких элементов.
60. Положение россыпей по отношению к коренному месторождению – название.
61. Что такое резерв (запас) и ресурс.

62. Способы расширения резервов и ресурсов.
63. Чем отличается комплексная руда от комплексного минерала?
64. Пример комплексной руды.
65. Пример комплексного минерала.
66. Какими свойствами должны обладать минералы коренного месторождения чтобы образовалось россыпное?
67. Что такое металлургия?
68. Геохимическое и технологическое понятие «редкий элемент».

Контрольная работа № 2

1. Вскрытие минералов редких металлов серной кислотой и сульфатными солями.
2. Чем различаются процессы спекания и сплавления? Роль, плавней.
3. Сравнение процессов списания и сплавления на примере вскрытия NaOH и Na2CO3.
4. Вскрытие минералов редких металлов с фторсиликатными солями.
5. Декрипитация сподумена.
6. Сравнение процессов выщелачивания и растворения.
7. Кинетика процессов выщелачивания.
8. Агитационное и перколяционное выщелачивание. Пути интенсификации.
9. Кучное и подземное выщелачивание.
10. Сравнение сернокислотного и карбонатного выщелачивания урановых руд.
11. Применение окислителей при выщелачивании урановых руд.
12. Экстракция: определение, изотерма экстракции, коэффициент распределения и разделения.
13. Константа экстракционного равновесия. Высаливание.
14. Кинетика экстракционных процессов. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи.
15. Классификация экстрагентов. Химизм экстракции редких металлов экстрагентами разных классов.
16. Селективность процесса экстракции. Влияние различных факторов на селективность.
17. Требования, предъявляемые к экстрагентам и разбавителям в технологии.
18. Гидролиз трибутилфосфата.
19. Фосфорорганические кислые и нейтральные экстрагенты. Различие в механизме экстракции редких металлов.
20. Реакции экстракции урана трибутилфосфатом, триоктиламином и ЧАО.
21. pH полуэкстракции.
22. Экстракционные методы разделения циркония и гафния.
23. Экстракционные методы разделения тантала и ниобия.
24. Селективность при экстракционном разделении РЗМ.
25. Классификация сорбентов. Синтетические сорбенты. Матрица и ионообменные группы.
26. Графический расчет селективности ионного обмена.
27. Полная, статическая и динамическая емкости сорбентов. Зависимость обменной емкости от величины pH.
28. Динамика ионного обмена. Время защитного действия сорбционной колонны. Коэффициент защитного действия.
29. Формирование работающего слоя сорбционной колонны. Проскоковая концентрация.
30. Кинетика сорбции.
31. Хроматография. Фронтальный анализ, разделительная, элюентная хроматография.
32. Ионный обмен как химическая реакция. Константа ионного обмена. Избирательность ионного обмена.
33. Графический расчет селективности ионного обмена.

34. Сорбенты различной природы. Набухаемость сорбентов. Влияние природы иона на его сорбируемость.
35. Сорбционное извлечение урана из сернокислых и карбонатных растворов.
36. Принцип ионообменного разделения РЗМ. Комплексообразователи. Ионы-замедлители.
37. Хлорирование минералов редких металлов. Роль углерода при хлорировании. Разделение хлоридов металлов конденсацией.
38. Различные варианты организации процесса хлорирования.
39. Хлорирование лопарита. Достоинства и недостатки метода хлорирования.
40. Разделение хлоридов металлов, близких по свойствам.

Контрольная работа № 3

1. Способы выделения металла из раствора.
2. Цели реакции осаждения металла из раствора.
3. Что такое соосаждение, чем оно характеризуется?
4. Какие виды соосаждения Вы знаете?
5. Что входит в выражение эффективного коэффициента захвата примеси?
6. $к = ab^{-1} c^{-1} p$
7. Какие величины входят в уравнение Хлопина?
8. $\frac{x}{x_0 - x} = k_{равн}^{\frac{L}{p}} \left[\frac{y}{y_0 - y}\right]$
9. При каких условиях коэффициент сокристаллизации микрокомпонента достаточно высок?
10. Какие классы труднорастворимых соединений обычно используются в технологии материалов ядерной энергетики?
11. Теоретический вывод выражения произведения растворимости.
12. Связь произведения растворимости и растворимости труднорастворимой соли.
13. Факторы, влияющие на растворимость.
14. pH осаждения гидроокиси.
15. С чем связано явление «старения» осадков гидроокисей многовалентных металлов.
16. Стадии процесса выделения осадка труднорастворимой соли.
17. Виды процесса кристаллизации по способу создания пересыщения.
18. Характеристики процесса пересыщения.
19. Границы метастабильной области процесса кристаллизации.
20. Факторы, влияющие на величину предельной концентрации пересыщения.
21. Эмпирические закономерности, определяющие устойчивость пересыщенных растворов.
22. Зависимость растворимости соединения от размера кристаллов.
23. Стадии роста кристаллов.
24. Понятие о "ядерной чистоте".
25. Понятие о "нейтронных ядах".
26. Понятие о "коэффициенте опасности".
27. Пероксидный аффинаж урана.
28. Карбонатный аффинаж урана.
29. Какие важнейшие оксиды урана Вам известны?
30. Преимущества UO2 в качестве ядерного топлива.
31. Основные свойства диоксида уранаUO2.
32. Основные свойства оксида урана U3O8.
33. Основные свойства триоксида урана UO3.
34. Каким путем и какие окислы можно получить из продуктов аффинажа урана?
35. Основные свойства уранил-фторида.
36. Основные свойства тетрафторида урана.
37. Основные свойства гексафторида урана.

38. Теоретические основы металлотермии.
39. Почему углерод теоретически может восстанавливать любые металлы из их оксидов и почему он применявшей достаточно редко?
40. Общий вид зависимости ΔG образования простых соединений от температуры.
41. Условность понятия металл-восстановитель и восстанавливаемый металл в металлотермии.
42. Что необходимо знать для расчета теплового эффекта металлотермической реакции?
43. Что такое термичность металлотермической реакции?
44. Роль вакуума в металлотермии.
45. Классификация металлотермических реакций.
46. Роль греющих, охлаждающих и других добавок в металлотермии.
47. Возможность расчета ΔG металлотермической реакции.
48. Процесс восстановления TiCl4 магнием.
49. Оформление процесса отделения титановой губки от продуктов реакции и реагентов.
50. Преимущества и недостатки процесса восстановления TiCl4 натрием по сравнению с магниетермией.
51. Восстановление ZrCl4 магнием.
52. Чем определяется нижняя и верхняя границы температуры металлотермического процесса?
53. Способы очистки галогенидов от примесей,
54. Преимущества процесса получения металлов электролизом.
55. Почему редкие металлы преимущественно получают электролизом расплавов?
56. Источники токопотерь при электролизе.
57. Теоретические основы процесса электролиза.
58. Способы повышения чистоты выделяемого электролизом металла.
59. Причины отклонения потенциала электрода от равновесного значения.
60. Зависимость поляризации от плотности тока и температуры.
61. Из каких компонентов состоит практическая величина потенциала разложения соли при электролизе?
62. Что такое выход по току, напряжению и коэффициент полезного использования энергии?
63. Почему при электролизе расплавов часто используют смесь солей?
64. Электролитическое получение лития.
65. Конструкции электролизеров для электролиза расплавов солей.
66. Процессы порошковой металлургии.
67. Способы получения порошков металлов для процессов порошковой металлургии.
68. Принципиальные основы способа иодидной очистки металлов.
69. Что такое транспортная реакция?
70. Промышленное оформление процесса иодидного рафинирования.
71. Регенерация иода в процессе иодидного рафинирования.
72. Особенности процесса плавки редких металлов.
73. Плавка с нерасходуемым электродом.
74. Плавка с расходуемым электродом.
75. Применение электронно-лучевой плавки.
76. Индукционная плавка редких металлов.

Раздел 4.

Контрольная работа № 1

Рассчитать коэффициент разделения в системе хлороформ (1) – этанол (2) в области микроконцентраций этанола по косвенным данным, которые получены в изотермических условиях при температуре 55 ^{0}C.

Зависимость давления пара чистого хлороформа от температуры описывается уравнением:

lg ***P10*** = 6,90328 – 1163,0/(t + 227), где значение температуры в ^{0}C, а давления - в мм.рт.ст.
Зависимость давления пара чистого этанола от температуры описывается уравнением:
lg ***P20*** = 8,24169 – 1652,6/(t + 230), где значение температуры в ^{0}C, а давления - в мм.рт.ст.

Состав жидкой фазы, м.д.	Общее давление насыщенного пара, мм.рт.ст.
x1	***P***
0	279,86
0,0712	339,89
0,1029	367,01
0,1869	441,04
0,2806	508,78
0,3445	545,72
0,3904	566,74
0,4794	599,03
0,6211	632,14
0,7269	646,79
0,8390	653,11
0,9430	644,24
1,000	617,84

Контрольная работа № 2

В ректификационной насадочной колонне из кварца (диаметр 2 см, высота насадочного слоя 1,0 м) с кварцевой насадкой в виде спиралей, производится очистка хлорида германия (Ткип=359,7 К) от микропримеси хлорида мышьяка (Ткип=403,4К) при скорости орошения 3,42 моль/ч.

В ходе предварительных экспериментов при введении в раствор радиоактивной метки ^{74}As, которого гарантировано не содержится в кварце, установлено, что в данной ректификационной колоне по мышьяку достигается фактор разделения $4{,}87*10^{-5}$.

В реальных условиях (при работе без метки) в безотборном режиме концентрацию хлорида мышьяка удалось снизить с $1{,}64*10^{-5}$ до $6{,}3*10^{-8}$ мас. % при $\alpha = 1{,}53$.

Рассчитать концентрацию хлорида мышьяка в продукте при степени отбора 15%.

Контрольная работа № 3

При адсорбционной экспериментальной очистке аргона от кислорода под давлением 0,15 МПа использован цеолит NaA. Цеолит NaA был загружен в адсорбер при комнатной температуре. Адсорбция цеолита по воде при комнатной температуре – 22 масс.%. Насыпная масса гидратированного цеолита – 800 кг/м^3.

При высоте адсорбционного слоя 1,46 м, диаметре адсорбера 0,1 м и исходной концентрации кислорода 5 об. % получены следующие результаты измерения концентрации примеси во времени на выходе из адсорбера:

τ, мин	*C, об.%*
1080	0,08
1114	0,15
1155	0,25
1214	0,57
1251	0,95
1275	1,50
1286	2,00
1296	3,00
1306	4,00
1320	4,58
1337	4,77
1351	4,97

1358	5,00

Определить значение кинетического коэффициента внешней диффузии (коэффициента массоотдачи в газовой фазе) и высоту неработающего слоя при скорости газа в адсорбере 0,8 м/мин.

Необходимое снижение содержания кислорода в аргоне за слоем адсорбента – 100 раз

Равновесная адсорбция кислорода описывается уравнением

$ap=Wa/\upsilon^{*}\cdot\exp[-B\cdot T^{2}/\beta^{2}a\cdot(lg(ps/p))^{2}]$, где

Wa = 0,205 см^3/г,

υ^{*} = 30,3 см^3/моль,

B = 0,0000049 град$^{-2}$,

βa = 0,91,

$p^{(T=96K)} \overline{\overline{s}}$ 140 кПа.

Контрольная работа № 4

Построить профили концентрации примеси вдоль цилиндрического слитка и сравнить выход очищенного продукта зонной плавки за один проход расплавленной зоны с методом направленной кристаллизации для системы кремний (основное вещество) – сурьма (примесь).

В качестве критерия сравнения выбрать длину образца, в котором концентрация сурьмы в сечении не превышает $8{,}0*10^{16}$ ат./см^3.

Исходные данные:

- начальная концентрация сурьмы в образце – 0,02 масс. %; равновесный коэффициент Разделения сурьмы в кремнии – 0,0023;
- отношение толщины диффузионного слоя к коэффициенту диффузии примеси в жидкости – 200 с/см;
- концентрация собственных атомов кремния в кристаллической решетке- $5*10^{22}$ ат./см^3;
- скорость перемещения расплавленной зоны – 1,5 мм/мин;
- длина образца – 0,5 м.
- ширина расплавленной зоны – 5 см.

Раздел 5.

Контрольная работа № 1

При формировании индивидуальных заданий предлагается с использованием литературных данных провести расчет той или иной конкретной производственной технологической схемы, предназначавшейся для разделения стабильных изотопов легких элементов.

Определить: максимальное и минимальное значения коэффициента разделения изотопов углерода, а также поток питания каскада и удельное гидравлическое сопротивление для установки разделения изотопов углерода ректификацией СО в Лос- Аламосской лаборатории (установка 1969 г.).

Для решения задачи использовать литературные данные [Андреев Б.М., Магомедбеков Э.П., Райтман А.А., Розенкевич М.Б., Сахаровский Ю.А., Хорошилов А.В. Разделение изотопов биогенных элементов в двухфазных системах. М.: ИздАТ, 2003, 376 с.].

Контрольная работа № 2

При формировании индивидуальных заданий предлагается провести расчет требуемых параметров процессов разделения изотопов легких элементов для различных химобменных систем в установках различного масштаба.

В процессе химического изотопного обмена между NH3 и NH4NO3 в лабораторной колонне диаметром 16 мм и высотой слоя насадки 1,3 м (схема открытая) в б.о. режиме получено значение стационарной концентрации ^{15}N, равное 0,80 ат. %. Поток по колонне составил равен 2,3 мл раствора нитрата аммония в минуту на 1 см^2 с суммарной концентрацией обменивающегося азота 15 М. После эксперимента определили: удерживающую способность насадки в колонне по азоту - 0,02 г-ат N/ТСР, а в системе

обращения потока - в 1,8 раза больше по сравнению с колонной.
Приняв: □эф = 1,024; исходная концентрация изотопа ^{15}N - природная (0,366 % ат.), найти степень разделения *K*m; ВЭТС и время релаксации.

Контрольная работа № 3

При формировании индивидуальных заданий предлагается провести расчет требуемых параметров процессов разделения изотопов водорода для различных химобменных систем в установках различного масштаба.

Для двухтемпературного двухступенчатого каскада получения тяжелой воды сероводородным способом (исходная концентрация дейтерия 0,015 % ат.), работающего при *T*1 = 303 К и *T*2 = 403 К и производящего HDO с концентрацией дейтерия 3,75 % ат.
при равном значении степени разделения на ступенях, определить оптимальное соотношения потоков и число теоретических ступеней разделения в каждой ступени каскада при соотношении ЧТСР в колоннах каждой ступени равном 1.
В расчетах принять: значение относительного отбора равно 0,85 и 0,80 для первой и второй ступени каскада соответственно; удельный отбор 0,2; □= 0,871 exp (298/*T*).

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, - 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)

Раздел 1, 2

1. Открытые и закрытые источники излучения.
2. Ядерная энергетика. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Радиационная химия, как часть химии высоких энергий, ее задачи.
3. Радиационный фон и вклад в него различных составляющих.

4. Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) и Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР ООН).
5. Естественные и искусственные радионуклиды (РН) в окружающей среде.
6. Атомная энергетика и проблема радиоактивных отходов. Проблемы охраны окружающей среды.
7. Понятие «радиационная безопасность». Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г.
8. Действие ионизирующего излучения на человека. Задачи дозиметрии.
9. Поглощенная доза, ее единицы.
10. Гамма-излучение. Эффективность регистрации фотонов от их энергии и материала детектора.
11. Керма. Понятие об электронном равновесии. Единица кермы.
12. Экспозиционная доза. Рентген, его энергетические эквиваленты. Расчет поглощенной дозы по данным рентгенометра.
13. Керма-постоянная и гамма-постоянная. Расчет поглощенной дозы от точечного гамма-источника.
14. Линейная передача энергии и относительная биологическая эффективность. Эквивалентная доза, ее единицы. Расчет эквивалентной дозы для смешанного излучения.
15. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Уравнение Бете.
16. Тормозная способность среды и ЛПЭ. Линейная ионизация.
17. Пробег заряженных частиц в веществе. Зависимость пробега от энергии частиц и заряда частиц.
18. Экспериментальные методы определения пробега. Диаграмма Брэгга. Средний и экстраполированный пробеги.
19. Взаимодействие бета-частиц и электронов с веществом. Различия по сравнению с тяжелыми частицами.
20. Экстраполированный пробег электронов. Его определение.
21. Взаимодействие нейтронов с веществом. Термализация нейтронов. Протоны отдачи.
22. Взаимодействие фотонов с веществом. Фото-эффект и Комптон-эффект.
23. Массовые коэффициенты ослабления и поглощения потока фотонов.
24. «Нормы радиационной безопасности». Их назначение, основные таблицы и применение.
25. Требования к персоналу.
26. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ.
27. Понятия «минимально значимой активности» и «минимально значимой активности удельной». Группы радиационной опасности.
28. Классы лабораторий.
29. Классификация радиационных объектов по потенциальной опасности.
30. Дозовые коэффициенты для ингаляции. Распределение соединений по типам.
31. Расчет ПГП и ДОА по дозовым коэффициентам.
32. Оценка радиационной опасности по $A \cdot \varepsilon$.
33. Организация работ с радионуклидами. Задачи администрации.
34. Пределы доз для населения.
35. Составы критических групп населения.
36. Меры по ограничению облучения населения техногенными источниками.
37. Меры по ограничению облучения населения природными источниками.
38. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Терминология: корпускулярное излучение, фотонное, гамма-излучение, рентгеновское, поток частиц, плотность потока, флюенс и т.д.

39. Основные понятия химии высоких энергий. Терминология. Электронная активация, возбужденные молекулы, ионы, радикалы, поглощенная доза, радиационно-химические выходы, радиационная чувствительность и стойкость.
41. Понятие о радиолизе. Образование продуктов радиолиза. Их концентрации.
42. Образование вторичных электронов. Структура треков. Шпоры и блобы.
43. Возбужденные состояния (синглетные и триплетные). Пути их образования.
44. Релаксация возбужденных состояний: внутренняя и интеркомбинационная конверсии, флуоресценция и фосфоресценция, безизлучательная дезактивация.
45. Квазисвободные электроны, подвижность, миграция. Работа входа электрона в конденсированную среду.
46. Поляронная и структурная модели сольватированного электрона.
47. Химические реакции сольватированного электрона.
48. Особенности реакций квазисвободных электронов в неполярных жидкостях.
49. Свободные радикалы. Реакции присоединения, рекомбинации и диспропорционирования.
50. Прямой и косвенный радиолиз соединений в растворах.
51. Гомогенная стадия радиолиза воды и водных растворов. Уравнения накопления продуктов и материальный баланс радиолиза.
52. Химические реакции гидроксильного радикала.
53. Наблюдаемые выходы радиолитических продуктов. Мощность дозы и равновесные концентрации продуктов радиолиза.
54. Радиолиз органических соединений.
55. Пути образования молекулярного водорода при радиолизе органических веществ.
56. Радиолиз газов.
57. Высокотемпературный радиолиз воды и водяного пара. Радиолиз кипящей воды.
58. Радиолиз водного теплоносителя в различных энергетических реакторах.
59. Радиолиз водных растворов борной кислоты и аммиака/водорода.
60. Радиолиз водного раствора гидразина.
61. Понятие о «радиоактивном отходе» РАО. Источники образования РАО.
62. Подавление коррозии конструкционных материалов и уноса радиоактивного йода.
63. Пределы годового поступления ПГПнас для воздуха.
64. Подавление образования кислорода в водном теплоносителе.
65. Пределы годового поступления ПГПнас для воды и пищи.
66. Предпосылки образования производства водорода на основе радиолиза водяного пара.
67. Обеспечение радиационной безопасности населения.
68. Дозиметр Фрикке. Радиационно-химический выход. Линейность дозиметра.
69. Радиационный контроль при работе с населением.
70. Модифицированные дозиметры Фрикке.
71. Защита пациента в ядерной медицине.
72. Образцовый глюкозный дозиметр. Диапазон линейности дозиметра.
73. Защита населения при радиационной аварии.
74. Пересчет показаний дозиметра Фрикке к исследуемой системе.
75. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами - СПОРО. Основные разделы.
76. Измерение потоков тепловых нейтронов.
77. Классификация РАО по удельной активности.
78. Учет при дозиметрии внутреннего излучения реакторов (альфа-излучение).
79. Пробег заряженных частиц в веществе. Зависимость пробега от энергии частиц и заряда частиц.

Раздел 3

1. Хлорирование лопарита.

2. Вскрытие сподумена серной кислотой.
3. Вскрытие сподумена спеканием с сульфатом калия.
4. Разложение берилла серной кислотой.
5. Сернокислотное разложение монацита с дробным осаждением фосфатов РЗЭ и тория.
6. Сплавление монацита с едким натром.
7. Сплавление циркона с едким натром.
8. Сплавление колумбита-танталита с NaOH.
9. Сплавление колумбита-танталита с КОН.
10. Вскрытие сподумена спеканием с известью.
11. Вскрытие циркона спеканием с известью.
12. Спекание берилла с фторсиликатами.
13. Спекание циркона с K2SiF6.
14. Технологическая схема переработки урановых руд в СССР.
15. Технологическая схема уранового завода Кей Лейк (Канада).
16. Технологическая схема уранового завода "Витро Юрейниум" США.
17. Технологическая схема получения U3O8, сочетающая сорбцию и экстракцию.
18. Технологическая схема комплексной переработки урансодержащего фосфатного сырья (СССР).
19. Схема аффинажа урана с применением экстракции.
20. Каким путем можно получить металлический цирконий из циркона? Дайте принципиальную схему.
21. Каким путем можно получить металлический литий из сподумена? Дайте принципиальную схему.
22. Как получить ядерночистый цирконий в виде металла из циркона, не используя водные растворы ("сухая схема")?
23. Как получить пластичный, хорошо обрабатываемый цирконий из загрязненной циркониевой губки после металлотермии?
24. Получение металлического гафния, сырье, способы производства.
25. Принципиальная схема получения мишметалла из лопарита.
26. Получение металлического ниобия из колумбита. Дайте принципиальную схему.
27. Получение металлического бериллия из берилла. Принципиальная схема.
28. Получение металлического ниобия из лопарита. Принципиальная схема.
29. Получение металлического титана из ильменита. Принципиальная схема.
30. Принципиальная схема получения оксидов индивидуальных лантаноидов из лопарита.
31. Какие варианты экстракционного разделения циркония и гафния Вы можете предложить при вскрытии циркона с NaOH и с K2SiF6?
32. Механизм реакции хлорирования рудных концентратов. Роль углерода.
33. Способы конденсации хлоридов в процессе хлорирования. Очистка хлоридов от примесей.
34. Сущность и роль процесса декрипитации сподумена.
35. Соединения, в виде которых литий обычно получают в конце процесса разложения рудных концентратов. Малорастворимые соли лития.
36. Процессы спекания и сплавления. Основные отличия.
37. Преимущества и основные свойства серной кислоты в процессе сульфатизации.
38. Роль термической обработки берилла в процессах разложения концентратов.
39. Механизм старения осадков гидроксидов многовалентных металлов.
80. Зависимость начала pH осаждения гидроксидов от состава растворов.
81. Что такое ЭДТА и Трилон-Б, их использование в технологии.
82. Технологически наиболее простой способ разделения РЗЭ на группы.

83. Что такое «вторичная периодичность» в группе лантаноидов и причина ее возникновения.
84. Первичный технологический процесс разделения тория и РЗЭ.
85. Выделение концентрата лантана дробным осаждением гидроксидов.
86. Выделение концентрата церия постепенным увеличением кислотности среды.
87. Почему в расплав едкого натра рудный концентрат обычно добавляют порциями?
88. Какие продукты возхможно получит в результате вскрытия циркона сплавлением с NaOH?
89. В каком виде получают Nb и Ta после водной обработки сплава тантало-ниобиевых концентратов с едким натром?
90. В каком виде получают Nb и Ta после водной обработки сплава тантало-ниобиевого концентрата с KOH? Какой из процессов (сплавление с NaOH или KOH) обеспечивает более четкое отделение от примесей?
91. Особенности кинетики твердофазных реакций.
92. Особенности вскрытия сподумена известковым молоком. Поведение примесей.
93. Объясните экстремальный характер зависимости выхода K2ZrF6 от температуры при проведении спекания K2SiF6 и ZrSiO4.
94. Особенности схемы многократной перекристаллизации K2ZrF6 для обеспечения повышенного выхода фторцирконата, очищенного от гафния.
95. Особенности химии основных солей Be, обеспечивающие тонкую очистку металла от примесей.
96. Краткие основы синтеза ионитов.
97. Классификация ионитов.
98. Статика и кинетика ионного обмена. Фронтальный анализ, вытеснительная хроматография и элюирование.
99. Сильнокислые и слабокислые иониты. Особенности условий использования КУ-10-2.
100. Что означает цифра «8» в названии марки ионита «КУ-2-8»?
101. Многофункциональные иониты – зависимость емкости от pH раствора.
102. Динамика сорбции. Острота фронта.
103. Чем отличаются процессы элюирования и регенерации?
104. Особенности процесса элюирования по степени разделения элементов и производительности.
105. Схемы и аппараты непрерывного осуществления сорбции.
106. Какую роль выполняют ионы-замедлители и комплексообразователи при сорбционном разделении РЗЭ?
107. Схема первичной переработки группового концентрата РЗЭ.
108. Способы выделения РЗЭ с переменной валентностью.
109. Классификация экстрагентов.
110. Коэффициент распределения, изотерма экстракции и коэффициент разделения.
111. Чем отличается возможность экстракции полярными нейтральными реагентами?
112. Требования к экстрагенту.
113. Требования к разбавителям в процессе экстракции.
1. 74. Какие экстрагенты вы могли бы предложить для извлечения циркония из сульфатных, нитратных, хлоридных сред, из фтороцирконатных растворов?
114. Ступенчатые и дифференциально-контактные экстракторы.
115. Преимущества центробежных экстракторов.
116. Теоретические основы металлотермии. Металлотермия и карботермия.
117. Как по литературным данным определить оптимальный металл-восстановитель дял оксидов?

118. Тепловой баланс металлотермической плавки. Печные и внепечные процессы. Термичность.
119. Для чего нужен вакуум при металлотермическом восстановлении лития?
120. Что такое лантанотермия? Для каких металлов она применяется?
121. Почему обычно металлотермическое восстановление не применяют по отношению к оксидам редких металлов? Какие соединения используют обычно?
122. Металлотермическое восстановление TiCl4 магнием.

Вопросы к разделу 4.

1. Многократная направленная кристаллизация: принцип и формула для определения концентрации примеси в расплаве, образующемся в кристаллизате через n циклов.
2. Физико-химические основы метода зонной плавки.
3. Молекулярная дистилляция: общие принципы, основные расчетные соотношения.
4. Фактор разделения в стационарном состоянии при безотборном режиме процесса ректификации (вывод уравнения).
5. Расчет равновесного значения коэффициента разделения на основании экспериментальных данных опыта по направленной кристаллизации.
6. Графическая интерпретация коэффициента разделения в процессе равновесной кристаллизации для случая, когда примесь повышает температуру затвердевания раствора
7. Физический смысл термина «динамическая активность слоя адсорбента». Экспериментальное определение минимальной концентрации примеси за слоем адсорбента фиксированной высоты.
8. Влияние скорости отбора продукта на фактор разделения в процессе ректификации.
9. Зависимость коэффициента разделения (коэффициента распределения) от скорости кристаллизации.
10. Принципиальная схема получения особо чистой воды методом ионного обмена.
11. Физический смысл термина «проскоковая величина адсорбции». Экспериментальное определение динамической активности слоя адсорбента.
12. Зависимость разделительной способности ректификационной колонны от скорости потока жидкости.
13. График зависимости относительной концентрации микропримеси в твердой фазе от доли закристаллизованного материала при нормальной направленной кристаллизации в системах с различным значением коэффициента разделения.
14. Физический смысл терминов высота эквивалентная теоретической тарелке и высота единицы переноса. Связь между этими величинами в условиях предельного разбавления раствора.
15. Графическая интерпретация коэффициента разделения в процессе равновесной кристаллизации для случая, когда примесь понижает температуру затвердевания раствора
16. Основные положения химической теории адсорбции Лэнгмюра. Влияние основного компонента на эффективность очистки от примеси адсорбционным методом в области микроконцентраций.
17. Влияние вида изотермы адсорбции на форму изопланы. Уравнение Викке.
18. Зонная плавка: характерные участки на кривой распределения примеси по образцу после одного прохода зоны.
19. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры на глубину очистки веществ методом ректификации. Предельное минимальное значение концентрации примеси на выходе из ректификационной колонны.
20. Кривая равновесия ионного обмена. Графическая интерпретация коэффициента разделения в процессе ионного обмена.
21. Принципиальная схема адсорбционного модуля.

22. Общая схема получения силикагеля высокой чистоты.График зависимости эффективного коэффициента разделения от скорости испарения в процессе простой перегонки молекулярной смеси и смеси жидкость – взвешенные частицы.
23. «Допущения Пфанна». Уравнение Гулливера.
24. Схема распределения примеси между твердой и жидкой фазами при кристаллизации из расплава в условиях равновесной и неравновесной кристаллизации.
25. Физический смысл термина «потеря времени защитного действия»
26. Направленная кристаллизация из расплава: физико-химические основы метода и основные схемы организации процесса.
27. Ионный обмен: основные определения. Схематическое изображение обмена ионами между ионитом и раствором.
28. Изобразить схему очистки SiO_2 от микропримеси Si в среде $SiCl_4$ при условии, что в запаянной ампуле может протекать единственная обратимая эндотермическая реакция $Si(т) + SiCl_4(г) = 2SiCl_2 (г)$. Температура в горячей и холодной зонах соответственно составляют 1370 и 1170 К.
29. Общие принципы расчета коэффициента разделения в области разбавленных растворов по данным фазового равновесия в области средних концентраций. Уравнение Ван-Лаара.
30. Устройство и принцип работы низкотемпературной ректификационной колонны периодического действия для очистки летучих гидридов.
31. При анализе образца высокочистого кремния в нем идентифицирован ряд примесей. Результаты анализа представлены в таблице. Обозначить марку образца в соответствии с системой классификации стандарта СССР 1965 г. Квалифицировать данный образец кремния на основании индекса чистоты N.
32. Понятие химической и физической адсорбции. Диаграмма Ленарда – Джонса.
33. Термодистилляционная колонна: назначение, устройство, принцип работы.
34. Зонная плавка: распределение примеси по длине слитка после одного прохода расплавленной зоны при значении коэффициента разделения меньше 1.

Вопросы к разделу 5.

1. Разделение изотопов углерода ректификацией CO.
2. Разделение изотопов углерода ректификацией метана.
3. Низкотемпературная ректификация NO как способ получения ^{18}O и ^{15}N.
4. Особенности низкотемпературной ректификации при разделении изотопов легких элементов (углерод, азот, кислород).
5. Получение ^{18}O ректификацией молекулярного кислорода.
6. Ректификация воды как способ разделения изотопов кислорода.
7. Сравнение способов разделения изотопов методом ректификации.
8. Обращение потоков при разделении изотопов методом химобмена: назначение; способы осуществления; требования к полноте.
9. Аммиачный способ разделения изотопов азота.
10. Азотнокислотный способ разделения изотопов.
11. Карбаматный способ разделения изотопов углерода.
12. Разделение изотопов кислорода методом химического обмена.
13. Разделение изотопов бора анизольным способом.
14. Амальгамный способ разделения изотопов лития.
15. Разделение изотопов с термическим способом обращения потоков.
16. Теория Бродского и особенности изотопного обмена водорода.
17. Разделение изотопов водорода с использованием системы H_2O - H_2.
18. Однотемпературный процесс разделения изотопов водорода методом химобмена между водородом и жидким аммиаком
19. Схема завода в Мазингарбе: назначение и ее особенности.

20. Система вода-сероводород. Фазовое и изотопное равновесие. Оптимальные условия проведения процесса разделения изотопов водорода.
21. Сущность 2-х температурного способа разделения изотопов. X-Y диаграммы процесса.
22. Особенности двухтемпературных схем: □0, ЧТСР, влияние отклонения от □0,.
23. Степень извлечения в двухтемпературных установках при работе с отбором 1-го и 2- го рода.
24. Рекуперация тепла в двухтемпературных установках.
25. Время накопления для двухтемпературных установок.

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. Бекман, И. Н. Радиохимия в 2 т. Т. 2. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность : учебник и практикум для вузов / И. Н. Бекман. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 386 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04182-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511343.
2. Коннова, Л. А. Основы радиационной безопасности / Л. А. Коннова, М. Н. Акимов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 164 с. — ISBN 978-5-507-45787-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/284024. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Бекман, И. Н. Ядерные технологии : учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 500 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08681-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/513454.
4. Ташлыков, О. Л. Ядерные технологии : учебное пособие для вузов / О. Л. Ташлыков ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 198 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02898-0 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1822-3 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/492594.

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.