

Северский технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра «Химии и технологии материалов современной энергетики»

ОДОБРЕНО
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 5 от 28.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И
МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
9	7	252	32	48	16	14	156	Экз., КП
Итого	7	252	32	48	16	14	156	

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Химия и технология редких и рассеянных элементов и материалы на их основе» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программы «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

1) знать:

- 3.1 названия минералов, содержащих редкоземельные элементы и их состав
- 3.2 химические свойства редкоземельных элементов и их соединений
- 3.3 физико-химические основы процессов, применяемых при выделении и очистке соединений редких и редкоземельных элементов
- 3.4 технологии получения соединений редкоземельных элементов и их металлов и сплавов
- 3.5 применение соединений редкоземельных элементов и их металлов в атомной промышленности и в других областях

2) уметь:

- У.1 составлять технологические схемы переработки урансодержащего и редкоземельного сырья
- У.2 самостоятельно делать выбор оборудования для осуществления технологических операций
- У.3 понимать и объяснять особенности физико-химических процессов измельчения, спекания, выщелачивания, осаждения, экстракции, электролиза, металлотермического восстановления и дистилляции

3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:

- В.1 технологические приемы проведения операций обогащения, выделения редких и рассеянных элементов из их концентратов, получения чистых соединений, а также металлов и способы их рафинирования

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Химия и технология редких и рассеянных элементов и материалы на их основе» являются:

- получение систематических знаний в области химии урана, тория, редких и рассеянных элементов
- научиться выявлять особенности химического поведения, причины сходства и различия в их свойствах, дать физико-химическое обоснование технологических процессов, рассмотреть наиболее типичные и эффективные схемы переработки урановых руд, редкоземельного сырья и перспективные способы производства.

Основными задачами дисциплины являются:

формирование у студентов способности взглянуть на предмет изучения глазами его носителя, что в свою очередь предполагает не только знание основ химической технологии, аппаратного оформления того или иного процесса, но и понимание необходимости

внесения специфических особенностей, характерных и присущих только технологии урана, тория и редкоземельных элементов

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Химия и технология редких и рассеянных элементов и материалы на их основе» (Б1.В.ОД.1.6) - Профессиональный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
Анализ научно-технической литературы и проведение патентного поиска; Составление научно-технических отчетов и аналитических обзоров литературы; Проведение экспериментальных исследований в области технологии материалов современной энергетики	руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе; природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации	ПК-1 Способен самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	З-ПК-1 Знать: методики планирования эксперимента, стандартные методики проведения комплексных исследований в промышленных и лабораторных условия, методики обработки и обобщения полученных результатов, методики установления адекватности и анализ исследуемой математической зависимости У-ПК-1 Уметь: проводить все основные промышленные и лабораторные исследования в области химической технологии материалов современной энергетики с использованием современной аппаратуры, проводить предварительную оценку методов исследований, выбирать оптимальную методику, грамотно осуществлять исследование и самостоятельно обрабатывать В-ПК-1 Владеть: современными тенденциями постановки и планирования эксперимента, последними научными достижениями в области проведения промышленных и лабораторных исследований с использованием новейшей аппаратуры, современными методами обработки полученных результатов и математического аппарата

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
	территорий, связанные с использованием ядерных объектов		
тип задач профессиональной деятельности: технологический			
<p>Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно чистых веществ, их соединений</p>	<p>руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе; природное и техногенное сырье, содержащие изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов</p>	<p>ПК-2.2 Способен осуществлять разработку и проектирование технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и техногенного сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО), разделения изотопов легких элементов и их применения</p>	<p>З-ПК-2.2 Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов У-ПК-2.2 Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов В-ПК-2.2 Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов</p>

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Химия и технология редких и рассеянных элементов и материалы на их основе» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<http://www.ssti.ru/education.html>/Информация по образовательным программам).

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программе «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – 7, 252 час., обучение по дисциплине проходит в семестре 9.

Дисциплина (модуль) содержит разделы:

- раздел 1 – «Редкие и рассеянные элементы»
- раздел 2 – «Редкоземельные элементы»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
9 семестр (18 недель)								
1	Редкие и рассеянные элементы	14	24	4	28	9/ЛР1, 10/ЛР2	10/КР1	20
2	Редкоземельные элементы	18	24	12	44	11/ЛР3, 11/ЛР4, 13/ЛР5, 14/ЛР6, 15/ЛР7, 16/ЛР8	16/КР2	40
	Курсовой проект				48			
	Экзамен				36			40
Итого за 9 семестр:		32	48	16	156			100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– Знать: методики планирования эксперимента, стандартные методики проведения комплексных исследований в промышленных и лабораторных условиях, методики обработки и обобщения полученных результатов, методики установления адекватности и анализ исследуемой математической зависимости (З-ПК-1)	1, 2	ЛР1, ЛР2, КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
– Уметь: проводить все основные промышленные и лабораторные исследования в области химической технологии материалов современной энергетики с использованием современной аппаратуры, проводить предварительную оценку методов исследований, выбирать оптимальную методику, грамотно осуществлять исследование и самостоятельно обрабатывать (У-ПК-1)	1, 2	ЛР1, ЛР2, КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
– Владеть: современными тенденциями постановки и планирования эксперимента, последними научными достижениями в области проведения промышленных и лабораторных исследований с использованием новейшей аппаратуры, современными методами обработки полученных результатов и математического аппарата (В-ПК-1)	1, 2	ЛР1, ЛР2, КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
– Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов (З-ПК-2.2)	1, 2	КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
– Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов (У-ПК-2.2)	1, 2	КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
– Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов (В-ПК-2.2)	1, 2	КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект

5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Редкие и рассеянные элементы	
1.1 Введение. Редкие и рассеянные элементы и их роль в науке и технике. Минералы и руды редких металлов и методы их обогащения.	2
1.2 Литий. Материалы на основе лития. Химия лития. Минералы, руды, обогащение. Сернокислотный и щелочной способы переработки концентратов лития. Получение соединений лития и металла.	2
1.3 Бериллий. Материалы на основе бериллия. Химия бериллия. Минералы, руды, обогащение. Сульфатный, фторидный и экстракционный способы переработки концентратов бериллия. Получение металлического бериллия.	2
1.4 Скандий. Важнейшие области применения скандия. Химия скандия. Минералы, руды, обогащение. Методы отделения и очистки скандия от примесей. Технология переработки скандийсодержащего сырья. Получение металлического скандия.	
1.5 Титан. Материалы на основе титана. Химия титана. Минералы, руды, обогащение. Хлорный способ переработки концентратов титана. Конденсация и очистка тетрахлорида титана. Получение TiO ₂ . Получение металлического титана.	2
1.6 Цирконий и гафний. Материалы на основе циркония и гафния. Химия циркония и гафния. Минералы, руды, обогащение. Переработка циркона методами спекания и хлорирования. Разделение Zr и Hf дробной кристаллизацией комплексных фторидов и экстракцией. Получение металлических Zr и Hf и способы рафинирования.	2
1.7 Ванадий. Материалы на основе ванадия. Химия ванадия. Минералы, руды, обогащение. Технология переработки концентратов и ванадийсодержащего сырья. Выплавка феррованадия. Хлорирование феррованадия.	
1.8 Ниобий и тантал. Материалы на основе ниобия и тантала. Химия ниобия и тантала. Минералы, руды, обогащение. Технология переработки концентратов и разделения ниобия и тантала. Получение соединений ниобия и тантала и их металлов.	2
1.9 Молибден. Материалы на основе молибдена. Химия молибдена. Минералы, руды, обогащение. и технология получения триоксида молибдена и его металла.	2
1.10 Вольфрам. Материалы на основе вольфрама. Химия вольфрама. Минералы, руды, обогащение. и технология получения.	
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>14</i>
Раздел 2 Редкоземельные элементы	
2.1 Редкоземельные элементы. Свойства, минералы, руды, обогащение	2
2.2 Технологические схемы. Типовые технологические схемы комплексной переработки монацитовых и лопаритовых концентратов	2
2.3 Методы получения РЗМ. Избирательное окисление, восстановление, разделение экстракцией и ионообменной хроматографией	4
2.4 Получение редкоземельных металлов. Получение безводных хлоридов и фторидов "сухими" способами и обезвоживанием кристаллогидратов	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
2.5 Электролитическое получение РЗМ. Металлотермические методы получения РЗМ. Восстановление галогенидов кальцием и литием. Восстановление фторидов	2
2.6 Восстановление оксидов РЗМ. Восстановление оксидов с одновременной дистилляцией металлов. Лантанотермический, карботермический способы восстановления. Очистка РЗМ дистилляцией	2
2.7 Получение продуктов из РЗМ. Получение полиритов, люминофоров, постоянных магнитов	4
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>18</i>
Всего по теоретическому разделу дисциплины:	32

5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Редкие и рассеянные элементы	
1.1 Очистка молибдена от балластных примесей методом экстракции.	2
1.2 Концентрирование и очистка молибдена ионообменным способом.	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>4</i>
Раздел 2 Редкоземельные элементы	
2.1 Получение полиритов. Получение полиритов	1
2.2 Получение люминофоров. Получение люминофоров	1
2.3 Ионообменное разделение суммы РЗЭ на индивидуальные элементы. Ионообменное разделение суммы РЗЭ на индивидуальные элементы	4
2.4 Определение тория фотоколориметрическим методом. Определение тория фотоколориметрическим методом	2
2.5 Определение РЗМ фотоколориметрическим методом. Определение РЗМ фотоколориметрическим методом	2
2.6 Экстракционное отделение РЗМ от тория и сопутствующих примесей трибутилфосфатом. Экстракционное отделение РЗМ от тория и сопутствующих примесей трибутилфосфатом	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>12</i>
Всего по лабораторному практикуму дисциплины:	16

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Редкие и рассеянные элементы	
1.1 Характеристика исходного сырья и задачи его переработки. Характеристика исходного сырья и задачи его переработки	2
1.2 Принципы работы различных типов сепараторов, применяемых для обогащения руд редких и рассеянных элементов. Принципы работы различных типов сепараторов, применяемых для обогащения руд редких и рассеянных элементов	2
1.3 Методы разделения циркония и гафния. Методы разделения циркония и гафния	4
1.4 Методы разделения ниобия и тантала. Методы разделения ниобия и тантала	2
1.5 Физико-химические основы получения редких металлов. Физико-химические основы получения редких металлов	2
1.6 Физико-химические основы методов получения металлов высокой чистоты. Физико-химические основы методов получения металлов высокой чистоты	4
1.7 Физико-химические основы экстракционных методов разделения редких и рассеянных элементов. Физико-химические основы экстракционных методов разделения редких и рассеянных элементов	4
1.8 Хлорная технология переработки титансодержащего сырья. Хлорная технология переработки титансодержащего сырья	2
1.9 Общие вопросы безопасности переработки бериллий-содержащего сырья. Общие вопросы безопасности переработки бериллий-содержащего сырья	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	24
Раздел 2 Редкоземельные элементы	
2.1 Способы очистки РЗЭ от урана, тория и продуктов распада. Способы очистки РЗЭ от урана, тория и продуктов распада	4
2.2 Хлорная технология переработки лопаритового концентрата. Хлорная технология переработки лопаритового концентрата	2
2.3 Разделение суммы РЗЭ методом ионного обмена. Разделение суммы РЗЭ методом ионного обмена	4
2.4 Разделение суммы РЗЭ экстракционным способом. Разделение суммы РЗЭ экстракционным способом	4
2.5 Составление технологических схем переработки сырья до конечного продукта. Составление технологических схем переработки сырья до конечного продукта	4
2.6 Металлотермические способы получения РЗМ и сплавов. Металлотермические способы получения РЗМ и сплавов	2
2.7 Электрохимический способ производства РЗМ. Электрохимический способ производства РЗМ	2
2.8 Получение фторидов РЗЭ. Получение фторидов РЗЭ и конструкция аппаратов фторирования	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	24
Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:	48

5.5 Курсовое проектирование

В соответствии с рабочим учебным планом предусмотрено выполнить: Курсовой проект (9 семестр).

Курсовой проект включает в себя следующие этапы:

- 1) Выдача задания на курсовой проект.
- 2) Раздел 1.
- 3) Раздел 2.
- 4) Раздел 3.
- 5) Раздел 4.
- 6) Раздел 5.
- 7) Подготовка доклада и презентации.
- 8) Защита проекта.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Методы проблемного обучения.

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Опережающая самостоятельная работа, Исследовательский метод.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Case-study, Методы проблемного обучения.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Работа в команде.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 14 час.

7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ПК-1	З-ПК-1	ЛР1, ЛР2, КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
ПК-1	У-ПК-1	ЛР1, ЛР2, КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
ПК-1	В-ПК-1	ЛР1, ЛР2, КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
ПК-2.2	З-ПК-2.2	КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
ПК-2.2	У-ПК-2.2	КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект
ПК-2.2	В-ПК-2.2	КР1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, КР2, Экзамен (9 сем.), Курсовой проект

Шкалы оценки образовательных достижений. Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно.

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Экзамена.

Аттестация в 9 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
ЛР1	Лабораторная работа	5	3
ЛР2	Лабораторная работа	5	3
КР1	Контрольная работа	10	6
ЛР3	Лабораторная работа	5	3
ЛР4	Лабораторная работа	5	3
ЛР5	Лабораторная работа	5	3
ЛР6	Лабораторная работа	5	3
ЛР7	Лабораторная работа	5	3
ЛР8	Лабораторная работа	5	3
КР2	Контрольная работа	10	6
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Экзамен		40	24
Итого:		100	60

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х балльной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)			удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)
Зачет	Зачтено						Не зачтено

Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы для Экзамена (9 семестр):

- 1 Роль редких и радиоактивных элементов в развитии важнейших направлений научно-технического прогресса.
- 2 Области применения РРР элементов в народном хозяйстве.
- 3 Задачи редкометалльной промышленности.
- 4 Стоимость и объем производства редкометалльной продукции.
- 5 Редкометалльное сырье.
- 6 Распространенность элементов в земной коре.
- 7 Руды и минералы редких элементов.
- 8 Рудные месторождения.
- 9 Природные запасы и перспективы их увеличения.
- 10 Вторичное сырье.
- 11 Задачи комплексной переработки сырья.
- 12 Стоимость и объем производства рудного сырья.
- 13 Краткая история промышленности редких и радиоактивных элементов России.
- 14 Источники редкоземельных руд и концентратов в Сибирском регионе.
- 15 Положение редких и радиоактивных элементов в периодической системе Д.И. Менделеева и их электронное строение.
- 16 Редкоземельные элементы, лантаноиды и актиноиды.
- 17 Радиоактивные семейства.
- 18 Основные и индивидуальные физические, физико-химические и химические свойства редких элементов.
- 19 Строение, физико- химические свойства важнейших бинарных соединений редких элементов – оксидов, фторидов, хлоридов, гидридов, сульфидов, карбидов и др., солей – сульфатов, нитратов, фосфатов и др., а также комплексных соединений.
- 20 Растворы соединений редких элементов.
- 21 Комплексообразование в растворах.
- 22 Окислительно-восстановительные реакции в растворах.
- 23 Физико-химические методы анализа редких и радиоактивных элементов.
- 24 Применение редких элементов в атомной промышленности.
- 25 Специфика технологии редких и радиоактивных элементов.
- 26 Принципы построения технологических схем.
- 27 Основные переделы.
- 28 Гидрометаллургия, пирометаллургия и сольвометаллургия.
- 29 Требования к чистоте редких элементов.
- 30 Обеспечение ядерной безопасности.
- 31 Важнейшие технологические схемы производства РРР элементов.
- 32 Аппаратурное оформление.
- 33 Отходы и методы их обезвреживания.
- 34 Пути интенсификации производства.
- 35 Принципы организации дробления и измельчения.
- 36 Дробилки, мельницы и диспергаторы.
- 37 Гравитационное, флотационное, магнитное, электростатическое и радиометрическое обогащение.
- 38 Разновидности выщелачивания.
- 39 Кинетика выщелачивания.
- 40 Аппаратура для выщелачивания.
- 41 Каскады выщелачивания.
- 42 Механическая переработка выщелоченных пульп - сгущение, отстаивание, декантация, гидроциклонирование.
- 43 Основы и разновидности метода ионного обмена.
- 44 Классификация ионитов.

- 45 Термодинамика ионного обмена.
- 46 Кинетика ионообменной сорбции.
- 47 Динамика сорбции.
- 48 Организация непрерывного процесса.
- 49 Примеры применения сорбционных процессов.
- 50 Физико-химические характеристики процесса.
- 51 Классификация и строение экстрагентов.
- 52 Равновесие в экстракционных системах, влияние разбавителей на равновесие.
- 53 Высаливание. Синергетический эффект.
- 54 Расчет коэффициентов активности в водной фазе.
- 55 Кинетика экстракционных процессов.
- 56 Основные типы экстракторов: смесители-отстойники, колонны, виброэкстракторы, центробежные экстракторы.
- 57 Примеры применения экстракционных процессов.
- 58 Общие закономерности сушки.
- 59 Непрерывно действующие сушилки.
- 60 Сушка пастообразных веществ.
- 61 Явление соосаждения.
- 62 Термическое разложение гидроксидов и солей.
- 63 Принципы газовой металлургии.
- 64 Реагенты для хлорирования и фторирования.
- 65 Диффузионно-кинетическая теория гетерогенного реагирования.
- 66 Процессы в солевых расплавах.
- 67 Вспомогательные процессы – пылеулавливание, конденсация и десублимация.
- 68 Возможности применения плазмотронов.
- 69 Примеры технологических схем производства оксидов, фторидов и хлоридов редких металлов.
- 70 Общая характеристика методов получения редких металлов.
- 71 Металлотермия, силикотермия и карботермия.
- 72 Восстановление газами.
- 73 Тепловой расчет процессов.
- 74 Аппаратура для металлотермии.
- 75 Примеры металлотермических процессов.
- 76 Электролитическое восстановление.
- 77 Химическое осаждение из газовой фазы.
- 78 Равновесие и кинетика восстановления летучих галогенидов из газовой фазы.
- 79 Порошковая металлургия.
- 80 Прессование и спекание штабиков металлов.
- 81 Электродуговая и электронно-лучевая плавка.
- 82 Электролитическое рафинирование.
- 83 Иодидное рафинирование циркония, транспортные реакции.
- 84 Принципы утилизации металлургических отходов.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

Л1.1 Редкие и редкоземельные металлы: технологии, функциональные материалы и их применение [Текст]: монография / В. С. Айрапетян [и др.]; А. С. Буйновский ; под ред. М. А. Казарян ; под ред. В. И. Сачков - Томск: Изд-во НТЛ, 2014 - 496 с.

Л1.2 Росин И. В. Общая и неорганическая химия [Текст]: учебник для академического бакалавриата: [в 3 томах] / И. В. Росин, Л. Д. Томина - Москва: Юрайт, 2016Г.2.: Химия s-, d- и f-элементов: Т.2.: Химия s-, d- и f-элементов - 492 с.

Л1.3 Термодинамика процесса фторирования редкоземельных и переходных элементов и их оксидов [Электронный ресурс] / В. В. Догаев [и др.] - : Б.и.,

8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Химия и технология редких и рассеянных элементов: в 2 томах / под ред. К. А. Большакова - М.: Высшая школа, 1965-1969Г. 1: Химия редких и рассеянных элементов: Т. 1: Химия редких и рассеянных элементов - 330 с.

Л2.2 Химия и технология редких и рассеянных элементов: в 2 томах / под ред. К. А. Большакова - М.: Высшая школа, 1965-1969Г. 2: Технология редких и рассеянных элементов: Т. 2: Технология редких и рассеянных элементов / П. С. Киндяков [и др.] - 640 с.

Л2.3 Химия и технология редких и рассеянных элементов: учебник для вузов: в 3 частях / под ред. К. А. Большакова - М.: Высшая школа, 1976Ч. 1: Ч. 1 / В. Е. Плющев, С. Б. Степина, П. И. Федоров - 368 с.

Л2.4 Химия и технология редких и рассеянных элементов: учебник для вузов: в 3 частях / под ред. К. А. Большакова - М.: Высшая школа, 1976Ч. 2: Ч. 2 / И. В. Шахно [и др.] - 358, [2] с.

Л2.5 Химия и технология редких и рассеянных элементов: учебник для вузов: в 3 частях / под ред. К. А. Большакова - М.: Высшая школа, 1976Ч. 3 / П. С. Киндяков [и др.] - 319, [1] с.

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 American Chemical Society (ACS) – Режим доступа: www.library.mephi.ru

Э2 The Royal Society of Chemistry (RSC) – Режим доступа: www.library.mephi.ru

Э3 Известия вузов. Сер.: Химия и химическая технология – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э4 "Росатом" - госкорпорация по атомной энергии - Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/>

9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Лекции. Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: пометать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

Практические занятия. Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода профессиональной деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного.

Лабораторные работы. Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

1) название работы;

2) цель работы;

3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;

- 4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;
- 5) расчет искомой величины и ее значение;
- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

Промежуточная аттестация. Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей

На лекционных, практических, лабораторных занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (9 семестр), Курсовой проект (9 семестр)

В течение 9 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену, защите КП по дисциплине. Студент на Экзамене, защите КП должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

Автор(ы): Ю.Н. Макаеев