

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана химического факультета
А.С. Князев

Рабочая программа дисциплины

Химия редкоземельных элементов

по направлению подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:
«Химия»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
В.В. Шелковников

Председатель УМК
Л.Н. Мишенина

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

– ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.

– ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК-2.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.

ИОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.

ИОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

ИПК-1.1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.

ИПК-1.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР.

ИПК-1.3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.

ИПК-1.4. Готовит объекты исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

– сформировать у студентов представления о развитии химии редкоземельных элементов (РЗЭ), основных областях применения соединений РЗЭ; физико-химических свойствах РЗЭ, важнейших классах их соединений, минералах, методах разделения РЗЭ и определения индивидуальных РЗЭ;

– научить проводить химический эксперимент по разделению смеси РЗЭ методом ионного обмена, экстракцией и др. и определению индивидуальных РЗЭ с соблюдением норм техники безопасности, существующих правил и ГОСТов;

– научить обосновывать выбор методик разделения смеси РЗЭ, качественного и количественного определения элементов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)»

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор

Дисциплина входит в Модуль Неорганическая химия и химическое материаловедение.

4. Семестр освоения и форма промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 8, зачет с оценкой.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия» и «Физическая химия».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– семинарские занятия: 0 ч.

– практические занятия: 0 ч.;

– лабораторные работы: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Современные проблемы химии редкоземельных элементов

Основные проблемы получения и разделения РЗЭ. Области применения РЗЭ и их соединений.

Тема 2. Соединения РЗЭ

Место РЗЭ в периодической системе элементов Д.И. Менделеева. Физические и химические свойства РЗЭ. Обзор важнейших классов соединений РЗЭ. Физико-химические особенности соединений отдельных РЗЭ данных классов. Комплексные соединения РЗЭ. Комплексообразование РЗЭ и использование комплексов РЗЭ при решении практических задач неорганической химии, химической технологии и материаловедения.

Тема 3. Технологии получения редкоземельных элементов

Важнейшие минералы РЗЭ. Обогащение руд. Методы вскрытия. Выделение РЗЭ. Разделение РЗЭ на иттриевую и цериевую подгруппы. Физико-химические основы методов разделения РЗЭ, их эффективность и целесообразность. Ионный обмен и экстракция. Принципы подбора комплексообразующих агентов для разделения РЗЭ методами ионного обмена и экстракции. Получение РЗЭ высокой степени чистоты. Получение редкоземельных металлов металлотермическими и электрохимическими способами. Аналитические особенности РЗЭ (методы количественного и качественного определения суммы РЗЭ и индивидуальных РЗЭ).

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, входного теста по остаточным знаниям дисциплины «Неорганическая химия»; выполнения лабораторных работ и написания отчетов по лабораторным работам, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий (подготовок к лабораторным работам) и фиксируется в форме рейтинга по курсу и контрольной точки не менее одного раза в семестр.

В курсе применяется балльно-рейтинговая система:

Вид контроля	Количество	Балл	Максимальное количество баллов
Текущий контроль			
Тесты по лекциям	3	5	10
Отчеты по лабораторной работе	3	10	30
Индивидуальное задание	1	20	20
Суммарное число баллов текущего контроля			60
Промежуточная аттестация (зачет)			
Тест (1 часть)			25
Билет (2 часть)			15
Суммарное число баллов итогового контроля			40
Суммарный рейтинг по курсу			100

В ходе выполнения лабораторного практикума и при проведении текущего контроля проверяются знания, получаемые по ОПК-1 (ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ИОПК-1.3), ОПК-2 (ИОПК-2.1, ИОПК-2.2, ИОПК-2.3, ИОПК-2.4) и ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-1.4)

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится в письменной форме по билетам. Билет состоит из двух частей. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Первая часть представляет собой тест из 15 вопросов, проверяющих знания, приобретенные по ОПК-1 (ИОПК-1.2, ИОПК-1.3). Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных, соотнесения вопросов с предложенными вариантами ответов и предоставлением короткого ответа в виде одно-двух слов. Каждый правильный ответ оценивается в 1–2 балла. Суммарное число баллов за тест составляет 25 баллов. Продолжительность тестирования 50 минут.

Примеры вопросов теста:

1. Вопрос 1. Из предложенного списка веществ выберите те, которые могут вступить в реакцию с КОН с образованием гидроксокомплекса $K_3[Ln(OH)_6]$. Число верных ответов может быть любым.
 - а) $Lu(OH)_3$;
 - б) $Ce(OH)_3$;
 - в) $Sm(OH)_3$;
 - г) $Nd(OH)_3$.

(правильный ответ: 1 б)

2. Вопрос 2. Установите соответствие между уравнением реакции, а также соединениями лантаноидов, которые могут участвовать в данных реакциях.
- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. $2\text{LnF}_3 + 3\text{Ca} = 2\text{Ln} + 3\text{CaF}_2$; | [1] TbF_3 , Tb; |
| 2. $2\text{LnCl}_3 + 3\text{Ca} = 2\text{Ln} + 3\text{CaCl}_2$; | [2] Nd_2O_3 , Nd; |
| 3. $\text{Ln}_2\text{O}_3 + 2\text{La} = 2\text{Ln} + \text{La}_2\text{O}_3$; | [3] NdCl_3 , Nd; |
| | [4] HoCl_3 , Ho; |
| | [5] Sm_2O_3 , Sm; |

(правильный ответ: 2 б)

3. Вопрос 3. В ряду лантаноидов Ce – Lu радиус атома изменяется немонотонно. Укажите те элементы, особенности электронного строения которых приводят к отклонению в монотонном изменении радиуса атома, а также температур плавления и плотности простых веществ в ряду лантаноидов. В ответе приведите символы элементов через запятую без пробелов.

(правильный ответ: 2 б)

4. Вопрос 4. Для получения монацитового концентрата из руды применяется совокупность методов разделения минералов друг от друга, основанных на различиях их физических или химических свойств. Установите соответствие между стадией обогащения руды РЗЭ и методом, который для этого применяется.

- | | |
|---|----------------------------------|
| [1] отделение фракции тяжелых минералов от пустой породы; | а) флотация; |
| [2] отделение титановых минералов (рутила и ильменита); | б) электромагнитная сепарация; |
| [3] отделение циркона. | в) электростатическая сепарация; |
| | г) дробление; |
| | д) гравитационное обогащение. |

(правильный ответ: 2 б)

5. При проведении ионообменной хроматографии в качестве ионита использовали катионит КУ-2-8, в качестве элюента – раствор Трилона Б. Раствор солей РЗЭ содержал $\text{Tb}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3$. Основываясь на знаниях о «сродстве» к сульфокатионитам ионов Ln^{3+} и закономерностях изменения констант устойчивости для их комплексных соединений с ЭДТА, укажите порядок вымывания РЗЭ из хроматографической колонки при проведении ионообменной хроматографии:

- Sm – Eu – Tb;
- Tb – Eu – Sm;
- Tb – Sm – Eu.

(правильный ответ: 1 б)

Вторая часть содержит вопрос, проверяющий знания, полученные по ОПК-1 (ИОПК-1.3) и ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.3.). Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме. Максимальное количество баллов за ответ – 15. Продолжительность подготовки ответа по билету (2 часть) 20 минут, ответ 20 минут.

Примерное содержание вопросов:

1. Вопрос 1.

Оцените целесообразность применения метода дробного осаждения двойных сульфатов для разделения смеси соединений РЗЭ (Ce, Nd, Er, Ho, Sm, Yb), полученного при переработке монацитового концентрата по сернокислотному методу после вскрытия минерального концентрата 93% H_2SO_4 на цериевую и иттриевую группы. Объясните, на чем основан данный метод, приведите критерий оценки эффективности разделения.

2. Вопрос 2.

Предложите метод извлечения празеодима из фракции «дидима» (смеси Pr и Nd) получаемой в процессе разделения методом ионного обмена концентрата РЗЭ цериевой

группы, объяснив суть предлагаемого метода, энергозатратность и эффективность разделения предложенных РЗЭ.

Критерии оценивания ответов:

13 – 15 баллов: предлагает методы разделения и количественного определения соединений РЗЭ в смеси для решения конкретных задач, обосновывает эффективность и целесообразность применения методов на основании знаний о методах разделения и определения индивидуальных РЗЭ, Периодической системы как методологической основы для описания электронного строения и закономерностей изменения свойств соединений в ряду РЗЭ (константы устойчивости, растворимости солей, сродства к ионам).

10 – 12 баллов: предлагает методы разделения и количественного определения соединений РЗЭ в смеси для решения конкретных задач, обосновывает эффективность и целесообразность применения методов на основании знаний о методах разделения и определения индивидуальных РЗЭ, применяя Периодическую систему как методологическую для описания электронного строения и закономерностей изменения свойств соединений в ряду РЗЭ (константы устойчивости, растворимости солей, сродства к ионам), но допускает отдельные неточности.

7 – 9 баллов: имеет представление о методах разделения и методов определения индивидуальных РЗЭ, их электронном строении и закономерностях изменения свойств соединений в ряду РЗЭ (константы устойчивости, растворимости солей, сродства к ионам), но не может предложить методы разделения и количественного определения соединений РЗЭ в смеси для решения конкретных задач, не может обосновать эффективность и целесообразность их применения.

0 – 6 баллов: имеет общее представление о методах разделения и методов определения индивидуальных РЗЭ, их электронном строении, не имеет представлений о закономерностях изменения свойств соединений в ряду РЗЭ, не может предложить методы разделения и количественного определения соединений РЗЭ в смеси для решения конкретных задач.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

В курсе применяется балльно-рейтинговая система. Для допуска к зачету необходимо выполнить лабораторный практикум в полном объеме и набрать за текущий контроль не менее 50 % от общего количества баллов (30 – 60 баллов).

Для получения оценки необходимо также набрать не менее 50 % от общего количества баллов за промежуточную аттестацию (20 – 40 баллов).

Количество баллов, набранных за текущий и промежуточный контроль, суммируется и выставляется оценка:

Оценка	Баллы за курс
отлично	81 – 100
Хорошо	64 – 80
Удовлетворительно	51 – 63
неудовлетворительно	0 – 50

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=23421>.
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине: (тестовые задания, зачетные билеты).
- в) План лекционных и лабораторных занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- д) Рейтинг курса.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Поляков Е. Г. Металлургия редкоземельных металлов: учебное пособие для вузов / Е. Г. Поляков, А. В. Нечаев, А. В. Смирнов. – М. : Издательство Юрайт, 2022. – 501 с. Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/496384>.
 - Корзанов В.С. Химия редких, рассеянных и редкоземельных элементов: учеб. пособие / В. С. Корзанов, Н. П. Шульгина. – Пермь : Пермский гос. ун-т, 2007. – 100 с. (Онлайн доступ: <https://studfile.net/preview/2673884/>).
 - Серебренников В. В. Химия редкоземельных элементов (скандий, иттрий, лантаниды). Т.1. – Томск : ТГУ, 1959. – 516 с., Т.2. – Томск : ТГУ, 1961. – 800 с. (Доступ: библиотека ТГУ).
 - Химия и технология редких и рассеянных элементов Т. 2: / П. С. Киндяков, В. Е. Плющев, С. Б. Степина и др. ; под ред. К. А. Большакова. – М. : Высшая школа, 1976. – 359 с. (Доступ: библиотека ТГУ).
 - Яцимирский К. Б., Костромина Н. А. и др. Химия комплексных соединений редкоземельных элементов. – Киев : изд-во Наукова Думка, 1966. – 494 с. (Доступ: библиотека ТГУ).
 - Редкие и редкоземельные металлы: технологии, функциональные материалы и применение / под ред.: Буйновский А. С., Казарян М. А., Сачков В. И. г. Томск : Изд-во НТЛ, 2014. – 120 с. (Доступ: библиотека ТГУ).
- б) дополнительная литература:
 - Воскресенская О. О., Скорик Н. А. Термодинамические и кинетические аспекты образования и редокс-распада комплексов церия(IV) с рядом гидроксилсодержащих органических лигандов. Монография. – Томск : Изд-во НТЛ, 2011. (Доступ: библиотека ТГУ).
 - Кудреватых, Н. В. Физика металлов. Редкоземельные металлы и их соединения: учебное пособие для вузов / Н. В. Кудреватых, А. С. Волегов. – М. : Издательство Юрайт, 2022. – 197 с. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492228/>
 - Соединения редкоземельных элементов: Карбонаты. Оксалаты. Нитраты. Титанаты / Л. Н. Комиссарова, В. М. Шацкий, Г. Я. Пушкина и др.; Отв. ред.: В. П. Орловский, Н. Н. Чудинова; АН СССР Ин-т общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова. – М. : Наука, 1984. – 233 с. (Доступ: библиотека ТГУ).
 - Матюха В. А. Оксалаты редкоземельных элементов и актиноидов. – М. : Энергоатомиздат, М.: ИздАТ 2008. – 607 с. (Онлайн доступ: <https://www.elib.tomsk.ru/purl/1-19977>).
 - Супоницкий Ю. Л. Химия редкоземельных элементов: учеб. пособие / Ю. Л. Супоницкий. – М. : РХТУ, 2007. – 107 с. (Онлайн доступ: <https://rusist.info/book/1069691>).
- в) ресурсы сети Интернет:

–Электронный онлайн курс «Поляков Е. Г., Нечаев А. В., Смирнов А. В. Металлургия редкоземельных металлов // Образовательная платформа Юрайт: <https://urait.ru/book/metallurgiya-redkozemelnyh-metallov-496384>.

–Электронная коллекция слайдов к образовательным курсам https://www.slideshare.net/zaharov/12-13-sc?qid=a5473364-1743-449a-abdb-d0b1ccd2f048&v=&b=&from_search=7.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитория для проведения занятий лекционного типа (аудитории № 402, 6-го учебного корпуса ТГУ), оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций и компьютерной анимации, интерактивной доской.

Аудитория для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (аудитории № 103, 6-го учебного корпуса ТГУ).

Лаборатории (аудитории № 102, 103а 6-го учебного корпуса ТГУ), оснащенные всем необходимым лабораторным оборудованием (сушильный шкаф, муфельная печь, спектрофотометр и т.д.).

15. Информация о разработчиках

Халипова Ольга Сергеевна, канд. тех. наук, кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент