

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.03.01.02 ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Химия редких и рассеянных элементов

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)

04.05.01.31 Физическая химия

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2023

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

Д-р хим. наук, профессор, Головнев Николай Николаевич

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Приобретение углубленных знаний студентами в области химии редких и рассеянных элементов, с целью последующего применения в профессиональной деятельности

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Расширить и систематизировать знания студентов, связанные с химическими свойствами редких и рассеянных элементов, их важнейших соединений.

На базе теоретических знаний понять научные основы переработки природного и вторичного сырья, физико-химические закономерности процессов получения простых веществ и химических соединений, направления практического использования соединений редких и рассеянных элементов.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-6: Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе</b>	
ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	Знать способы предоставления результатов своей работы в устной форме Знать способы предоставления результатов своей работы в устной и письменной форме Знать способы предоставления результатов своей работы в устной и письменной форме с использованием современного программного обеспечения и оборудования Уметь предоставлять результаты своей работы в устной форме Уметь предоставлять результаты своей работы в устной и письменной форме Владеть нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе Владеть нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе в зависимости от способа предоставления результатов своей работы

ОПК-6.2: Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	Знать требования библиографической культуры Знать информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры Уметь представлять информацию с учетом требований библиографической культуры Уметь представлять информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры
	Владеть навыками представления информации химического содержания Владеть навыками представления информации химического содержания с учетом требований библиографической культуры
ОПК-6.3: Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и /или английском языках	Знать требования к предоставлению материала по теме работы в виде презентации на русском языке Знать требования к предоставлению материала по теме работы в виде презентации на русском и английском языке Уметь представлять материал по теме работы в виде презентации, выделяя основные выводы Уметь представлять материал по теме работы в виде презентации на иностранном языке Владеть навыками оформления результатов исследований в виде презентации Владеть навыками оформления основных результатов исследований в виде презентации на русском и английском языках
ОПК-6.4: Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и/или английском языках	Знать основные требования к представлению работы в виде научной публикации на русском языке Знать основные требования к представлению работы в виде научной публикации на русском и английском языке в зависимости от виду публикации Уметь представлять результаты научных исследований в виде научной публикации на русском языке Уметь представлять результаты научных исследований в виде научной публикации на русском и английском языке Владеть навыками составления текста для научной публикации на русском языке Владеть навыками составления текста для научной публикации на русском и английском языке
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>	
УК-1.1: Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знать проблемные ситуации, их составляющие и связи между ними Уметь анализировать проблемную ситуацию как систему Владеть навыками выявления проблемной ситуации как системы, ее составляющих и связи между ними

УК-1.2: Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	Знать пробелы в информации, необходимые для решения проблемной ситуации Уметь решать проблемные ситуации, определяя пробелы в информации Владеть навыками проектирования процессов по устранению проблемных ситуаций
УК-1.3: Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников	Знать способы оценки информации и их надежность Уметь критически оценивать надежность источников информации Владеть навыками работы с противоречивой информацией из разных источников
УК-1.4: Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов	Знать способы решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подхода Уметь разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации Владеть навыками решения проблемной ситуации
УК-1.5: Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области	Знать логико-методологический инструментарий для критической оценки современной концепции философского и социального характера в области химии редких и рассеянных элементов Уметь пользоваться логико-методологическим инструментарием в области химии редких и рассеянных элементов Владеть навыками оценки современной концепции философского и социального характера в области химии редких и рассеянных элементов

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,5 (54)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	0,5 (18)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,5 (54)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п		Модули, темы (разделы) дисциплины		Контактная работа, ак. час.							
				Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
						Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС				
<b>1. Химия редких и рассеянных элементов</b>											
		1. Редкие и рассеянные элементы. Общая характеристика на основе сравнения электронного строения, физических и химических свойств.	2								
		2. Редкоземельные элементы (РЗЭ). Физические свойства скандия, иттрия, лантана. Взаимодействие с кислородом, водой, кислотами, щелочами, галогенами. Оксиды и гидроксиды, их кислотно-основные свойства. Особенности химии скандия и его получение.	2								
		3. Лантаноиды (лантаниды, Ln). Формы f-орбиталей, особенности их заполнения. Характерные степени окисления. Реакции с кислородом, водородом, водой, кислотами, аммиаком, галогенами и халькогенами. Растворимость солей. «Сэндвичевые» и кластерные соединения. Общие закономерности образования комплексов. Особенности соединений Ce(IV) и Eu(II).	2								

4. Основные различия в химии 4f-элементов и d-элементов Лантаноидное сжатие. Окислительно-восстановительные равновесия в воде. Изменение стандартного электродного потенциала реакции $\text{Ln}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Ln}$ в ряду лантаноидов. Окислительно-восстановительные равновесия $\text{Ln}^{3+}/\text{Ln}^{2+}$			4					
5. Нахождение лантаноидов в природе. Методы разделения лантаноидов. Схема сернокислотного вскрытия монацита. Экстракционная технология. Принципиальная технологическая схема получения чистых лантаноидов и их соединений. Экстракция и ионный обмен.	2							
6. Основные различия в химии 4f-элементов и d-элементов Лантаноидное сжатие. Окислительно-восстановительные равновесия в воде. Изменение стандартного электродного потенциала реакции $\text{Ln}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Ln}$ в ряду лантаноидов. Окислительно-восстановительные равновесия $\text{Ln}^{3+}/\text{Ln}^{2+}$ .	2							
7. Координационные соединения лантаноидов. Основные донорные атомы в химии лантаноидов. Изменение устойчивости комплексов в ряду $\text{Ln}(\text{III})$ в водном растворе. Хелатные комплексы и хелатный эффект. Координационные числа в аквакомплексах $[\text{Ln}(\text{H}_2\text{O})_n]^{3+}$ . Геометрическое строение аквакомплексов.	2							
8. Энергия расщепления 4f-орбиталей кристаллическим полем. Электронные спектры комплексов лантаноидов. Правило Лапорта. Окраска ионов $\text{Ln}^{3+}$ и их комплексов в водном растворе. Спектры люминесценции и методы их возбуждения.	2							



<p>9. Actinoids. Radioactivity of elements. Electron configuration of atoms and ions in stable oxidation states. Oxidation states of light (Th–Sm) and heavy (Bk–Lr) actinoids. Comparison of energy of 5f- and 6d-orbitals. Behavior of 5f- and 4f-orbitals during complex formation.</p>	2							
<p>10. Chemistry of thorium. Interaction with HCl, HNO<sub>3</sub>(conc.) and with nonmetals (ThCl<sub>4</sub>, ThH<sub>2</sub>). Oxide and hydroxide of Th (IV). Structure of Th<sup>4+</sup> ion in acidic aqueous solution. Coordination number in halides of Th(IV), their comparative stability. Synthesis of compounds of Th (III) (ThI<sub>3</sub>, Th<sub>2</sub>S<sub>3</sub> and others).</p>	2							
<p>11. Beryllium. Mineral beryl, Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>]. Gemstones. Sulfuric acid method of beryl processing. Features of beryllium chemistry. Diagonal similarity with aluminum. Interaction of beryllium and its salts with concentrated aqueous solution of ammonia fluoride. Chloride and fluoride of beryllium(II). Oxide and hydroxide of beryllium. Hydrolysis of aqua-ion of beryllium. Complexes of beryllium with nonorganic ligands.</p>	2							
<p>12. Gallium, indium, thallium. d-contracting and f-contracting. Electronic structure. Oxidation states. Synthesis and application of metals. Oxides and hydroxides. Salts and their hydrolysis. Complex compounds.</p>	2							

13. Германий. Свинец и олово. Получение и применение. Водородные соединения. Оксиды элементов. Амфотерный гидрат $\text{GeO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Гидроксиды олова и свинца. Комплексные соединения $\text{Ge(IV)}$ , $\text{Sn(II, IV)}$ и $\text{Pb(II)}$ .	2							
14. Висмут и сурьма. Нахождение в природе. Получение. Применение. Физические и химические свойства элементов. Степени окисления элементов. Гидроксиды, соли кислородсодержащих кислот и комплексные соединения элементов. Применение в медицине комплексов висмута.	2							
15. Элементы висмутовой группы. Особенности строения и химических свойств. Фазовые переходы в $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , области использования.			2					
16. Селен и теллур. Нахождение в природе. Получение из шламов. Применение. Полиморфизм $\text{Se}$ и $\text{Te}$ . Химические свойства элементов. Водородные соединения. Оксиды.	2							
17. Оксокислоты $\text{H}_2\text{EO}_3$ и $\text{H}_2\text{EO}_4$ и их соли. Диссоциация в растворе и окислительно-восстановительные свойства.	2							
18. Молибден, вольфрам. Общая характеристика. Нахождение в природе, получение и применение простых веществ. Физические и химические свойства элементов. Степени окисления элементов. Оксиды, гидроксиды, соли кислородсодержащих кислот и комплексные соединения элементов 6 группы. Гетерополисоединения. Пероксиды и галогениды.	2							

19. Рений. Нахождение в природе. Получение. Применение. Физические и химические свойства. Степени окисления. Оксиды, гидроксиды, соли кислородсодержащих кислот и комплексные соединения. Галогениды.	2							
20. Обобщение данных по химии редких и рассеянных элементов переходных металлов.	2							
21. Защита рефератов по выбранной теме.			6					
22. Реферат по выбранной теме из предложенного списка							8	
23. Оксиды лантаноидов: состав, получение, строение. Сверхпроводники на их основе. Эффект Мейсснера. Краткая характеристика боридов, карбидов, нитридов гидридов и сульфидов. Оксисульфиды и оксисульфаты лантаноидов и их применение.							6	
24. Электронные и магнитные свойства лантаноидов. Термы по Расселу-Саундерсу. Правила Хунда. Определение терма основного состояния $Ln^{3+}$ . Магнитные моменты ионов $Ln^{3+}$ , влияние на них окружающих лигандов. Анализ диаграмм энергетических уровней $Ln^{3+}$ . Метод адиабатического размагничивания, его суть и применение для получения сверхнизких температур							6	

25. Комплексы лантаноидов как ЯМР смещающие реагенты, возможности их использования для установления строения соединений. Время релаксации. Магнитно-резонансная томография, МРТ в медицине. Комплексы гадолиния(III) их применение в качестве контрастных веществ. Проблема выбора контрастных соединений лантаноидов.							6	
26. Получение тория и урана. Получение трансурановых элементов.							6	
27. Люминесценция Tb <sup>3+</sup> и Eu <sup>3+</sup> . Использование соединений лантаноидов в дисплеях. Тушение люминесценции. Подбор лигандов для снижения тушения люминесценции в водном растворе. Роль органических лигандов в люминесценции, эффекты антенны. Применение люминесценции комплексов Ln в химическом анализе, телевидении, лазерах							6	
28. 15. Химия урана. Ядерная энергетика. Изотопы урана. UF <sub>6</sub> . Получение ядерного топлива, методы обогащения урана. Оксиды урана. Гидрид UH <sub>3</sub> . Реакции с галогенами и кислотами (HCl, HNO <sub>3</sub> ). Соли катиона UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup> . Строение [UO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> . Оксид и гидроксид U(VI). Строение [UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup> , его образование при извлечении урана. Важнейшие соединения U(IV): UO <sub>2</sub> , UF <sub>4</sub> , U(OH) <sub>4</sub> . Анализ диаграммы Фроста для урана при pH=0.							6	
29. Химия плутония. Степени окисления. Взаимодействие с кислотами неокислителями. Важнейшие соединения: K <sub>2</sub> PuO <sub>4</sub> , PuO <sub>2</sub> , PuCl <sub>3</sub> , PuH <sub>2</sub> .							6	

30. Общая характеристика элементов 1 группы. Литий, рубидий цезий. Нахождение в природе. Получение металлов. Физические свойства. Химические свойства Li, Rb и Cs. Особенности химии лития. Продукты горения металлов на воздухе Амальгамы металлов. Оксиды и гидроксиды. Пероксиды и озониды. Комплексы металлов с краун-эфирами.			2					
31. Цирконий и гафний. Нахождение в природе. Разделение металлов. Получение. Методы переработки циркона. Применение Zr и Hf. Физические свойства. Взаимодействие Zr и Hf с HF, HF+HNO <sub>3</sub> и концентрированной H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Диоксиды. Гидроксиды. Соли и комплексы. Гидриды металлов.			4					
32. Инертные газы. Нахождение в природе. Получение. Применение. Физические и химические свойства. Степени окисления. Оксиды, фториды и оксофториды.							4	
33.								
Всего	36		18				54	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Третьяков Ю. Д. Неорганическая химия: Т. 3. Химия переходных элементов: учебник для студентов вузов по направ. 510500 "Химия" и спец. 011000 "Химия": в 3-х т.(Москва: Академия).
2. Третьяков Ю. Д. Неорганическая химия: Т. 3. Химия переходных элементов: учебник для студентов вузов по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия": в 3-х т.(Москва: Академия).
3. Третьяков Ю. Д. Неорганическая химия: Т. 1. Физико-химические основы неорганической химии: учебник для студ. вузов по напр. и спец. "Химия" : в 3-х томах(Москва: Академия).
4. Третьяков Ю. Д. Неорганическая химия: Т. 2. Химия непереходных элементов: учебник для студ. вузов по напр. и спец. "Химия"(Москва: Академия).
5. Коровин С. С., Дробот Д. В., Федоров П. И., Коровин С. С. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология: Кн. 2: учебник для вузов (Москва: МИСИС).
6. Коровин С. С., Зими́на Г. В., Резник А. М., Букин В. И. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология: Кн. 1: [учеб. для вузов по направлению "Материаловедение и технология новых материалов", специальности "Химическая технология редких элементов и материалов на их основе": в 3 кн.](Москва: МИСИС).
7. Бортников Н. С. Фундаментальные основы формирования ресурсной базы стратегического сырья (Au, Ag, Pt, Cu, редкие элементы и металлы): [монография](Москва: ГЕОС).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. MS Office (MS Word, MS PowerPoint, MS Excel), Adobe Acrobat, Adobe Flash Player или KMPlayer, аудиопроигрыватель AdobeFlash до Winamp.

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. В настоящее время Научная библиотека СФУ располагает доступом к целому ряду электронных научных журналов и баз данных Online, список которых представлен на странице <http://bik.sfu-kras.ru>.
- 2.
3. Российские электронные научные журналы и базы данных online
4. Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU): <http://elibrary.ru>
5. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ): <http://uisrussia.msu.ru>
6. ЭБ Издательского дома «Гребенников»: <http://grebennikon.ru>

7. Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) РГБ: <http://dvs.rsl.ru> (доступ к полному тексту), <http://diss.rsl.ru> (доступ к каталогу)
8. Электронная библиотека РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина: <http://elib.gubkin.ru>.
9. Электронно - библиотечная база данных «Электронная библиотека технического ВУЗа»: <http://www.studentlibrary.ru>
10. Электронно-библиотечная система «Лань»: <http://e.lanbook.com>
11. Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»: <http://ibooks.ru> [
- 12.
13. Зарубежные электронные научные журналы и базы данных online
14. American Physical Society: <http://publish.aps.org>
15. Annual Reviews Science Collection: <http://www.annualreviews.org>
16. Cambridge University Press: <http://www.journals.cambridge.org>
17. Elsevier: <http://www.sciencedirect.com>
18. Institute of Physics: <http://www.iop.org>
19. Nature: <http://www.nature.com>
20. Scopus: <http://www.scopus.com>
21. Springer: <http://www.springerlink.com>
22. Web of Science: <http://isiknowledge.com>
23. Wiley (Blackwell ): <http://www.blackwell-synergy.com>
24. Royal Society of Chemistry (журналы открытого доступа): <http://www.rsc.org>
- 25.

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Технические средства обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска, ПЭВМ).