

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

"25" \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Химическая технология редких и редкоземельных элементов**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**  
(код и наименование направления подготовки)

**Технология неорганических, органических соединений и переработки полимеров**  
(наименование профиля/специализация)

Квалификация выпускника  
**Бакалавр**

Разработчик \_\_\_\_\_  
(подпись)

23.05.2023 г.  
(дата)

\_\_\_\_\_ Нифталиев С.И.  
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ТОСППитБ  
(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

\_\_\_\_\_ (подпись)

25.05.2023 г.  
(дата)

\_\_\_\_\_ Карманова О.В.  
(Ф.И.О.)

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Химическая технология редких и редкоземельных элементов» являются:

- изучение химии и физико-химических основ технологий получения редких и рассеянных элементов;
- изучение общих закономерностей основных технологических процессов, нашедших наиболее широкое применение в производствах редких и рассеянных элементов, углубленное изучение разделов химии данных элементов.

Задачи дисциплины:

профессиональная деятельность, которая включает:

- методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения;

**научно-исследовательская деятельность:**

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ их результатов;
- подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.

**Объектами профессиональной деятельности** являются:

- химические вещества и сырьевые материалы для промышленного производства химической продукции;
- методы и приборы определения состава и свойств веществ и материалов;
- оборудование, технологические процессы и промышленные системы получения веществ, материалов, изделий, а также методы и средства диагностики и контроля технического состояния технологического оборудования, средства автоматизации и управления технологическими процессами, методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от влияния промышленного производства.

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

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями обучающийся должен:

№	Код компетенции	Содержание компетенции (результат освоения)	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-18	готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	-общие закономерности химических процессов; основные химические производства; химические свойства редких и	-рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую	-методами определения технологических показателей процесса; способами получения важнейших соединений редких и рассеянных элементов;

				эффективность	методами
--	--	--	--	---------------	----------

			основные способы получения редких и рассеянных элементов	производства.	очистки редких и рассеянных элементов.
--	--	--	--	---------------	--

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Химическая технология редких и редкоземельных элементов» является дисциплиной по выбору. Дисциплина «Химическая технология редких и редкоземельных элементов» является предшествующей для освоения дисциплин:

- *Химическая технология неорганических веществ;*
- *Катализаторы и сорбенты.*

### 4. Объем дисциплины и виды учебных занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего часов, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		6 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	108	108
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
Лекции	18	18
в том числе в форме практической подготовки	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
в том числе в форме практической подготовки	36	36
Консультации текущие	0,9	0,9
Виды аттестации (зачет)	0,1	0,1
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>53</b>	<b>53</b>
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	9	9
Проработка материалов по учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	24	24
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	10	10
Подготовка реферата	10	10

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

#### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (указывается в дидактических единицах)	Трудоемкость раздела, ак, час
1.	Химия и технология лития, рубидия и цезия Химия бериллия.	Химия и технология лития, рубидия и цезия. Химия бериллия. Технология бериллия. Химия и технология галлия, индия, таллия. Физические и химические свойства лития.	56

	<p>Технология бериллия. Химия и технология галлия, индия, таллия.</p>	<p>Оксид и гидроксид лития. Соли лития. Галогениды лития. Соединения с неметаллами. Комплексные соединения. Нахождение лития в природе. Обогащение руд лития. Гидрометаллургия лития. Методы переработки, основанные на взаимодействии со средними солями. Щелочно-солевые методы переработки. Получение металлического лития. Рафинирование лития. Применение лития. Хранение лития. Физические и химические свойства рубидия и цезия. Соединения с кислородом (оксиды, пероксиды, озониды, гидроксиды). Соли неорганических кислот. Соли органических кислот. Соединения с неметаллами. Нахождение в природе. Переработка поллуцита, лепидолита, карналлита. Получение рубидия и цезия из радиоактивных отходов. Переработка рапы соленых озер и рассолов аналогичных морской воде. Фракционная кристаллизация солей. Ионно-обменная хроматография. Экстракция. Получение металлического рубидия и цезия. Вакуумтермическое восстановление. Термическое разложение солей. Электрохимический метод. Рафинирование рубидия и цезия. Применение металлов. Хранение. Физические и химические свойства бериллия. Оксид бериллия. Гидроксид бериллия. Соли неорганических кислот. Бериллаты. Соли органических кислот. Соединения с неметаллами. Комплексные соединения. Нахождение в природе. Обогащение бериллиевых руд. Переработка берриловых концентратов фторирующими агентами. Сульфатный метод. Другие методы переработки. Технология получения важнейших соединений бериллия. Получение металлического бериллия. Металлотермия. Электролитический способ получения бериллия. Методы очистки бериллия. Применение бериллия. Физические и химические свойства. Оксид и гидроксид галлия. Галлаты. Соли неорганических и органических кислот. Галогениды. Халькогениды. Роданиды. Ферроцианиды. Гидриды. Карбиды. Соединения с элементами пятой группы. Комплексные соединения. Нахождение в природе. Распределение галлия при переработке полезных ископаемых. Методы разделения галлия и алюминия в кислых и щелочных растворах. Извлечение галлия из полупродуктов и отходов алюминиевого производства. Получение металлического галлия (высокой чистоты и вторичного). Получение важнейших соединений галлия. Применение галлия. Физические и химические свойства. Оксиды и гидроксиды индия. Индаты. Соли</p>	
--	---	--	--

		<p>неорганических и органических кислот. Галогениды. Халькогениды. Роданиды. Цианиды. Гидриды. Карбиды. Соединения с элементами пятой группы. Соединения с металлами. Комплексные соединения.</p> <p>Нахождение в природе. Отделение индия от сопутствующих элементов. Извлечение индия из отходов свинцово-цинкового производства. Извлечение индия из отходов рафинирования свинца и цинка. Извлечение индия из отходов оловянного производства. Получение металлического индия. Получение важнейших соединений индия. Применение индия.</p> <p>Физические и химические свойства. Оксиды и гидроксиды таллия (I) и таллия (III). Таллаты. Соли неорганических и органических кислот. Галогениды. Халькогениды. Цианиды. Гидриды. Нитрид таллия (I). Фосфид. Взаимодействие с металлами. Комплексные соединения.</p> <p>Нахождение в природе. Распределение таллия при переработке минерального сырья. Отделение таллия от сопутствующих элементов. Извлечение таллия (осаждение в виде сульфида, осаждение в виде хлорида и иодида, осаждение в виде хромата и дихромата, гидролитический метод осаждения, цементация и электролиз, амальгамный способ, сорбционный способ, экстракционный способ. Получение металлического таллия. Рафинирование таллия. Получение важнейших соединений таллия. Применение таллия.</p>	
2.	<p>Химия и технология скандия и редкоземельных элементов.</p> <p>Химия и технология германия, титана, циркония и гафния.</p> <p>Химия и технология ванадия, ниобия, тантала. Химия и технология селена и теллура.</p>	<p>Физические и химические свойства селена и теллура. Аллотропия: аморфный (красный) селен, стекловидный (черный) селен, красный моноклинный селен, серый гексагональный селен, жидкий селен. Соединения с кислородом. Оксиды селена и теллура (IV), оксиды (VI), селенистые и теллуристые кислоты. Селеновая кислота. Селениты и теллуриды. Селенаты и теллураты. Галогениды: соединения с фтором, хлором, бромом, иодом. Цианиды и роданиды. Селеноводород и теллуороводород. Соединения с неметаллами. Соединения селена с теллуrom. Селениды и теллуриды металлов. Комплексные соединения. Распространение в природе. Распределение селена и теллура при переработке полезных ископаемых. Источники их получения. Переведение селена и теллура в раствор: окислительный обжиг, сульфатизация, спекание с содой, плавка с содой и селитрой, автоклавное выщелачивание, хлорирование, сульфидный метод, сульфитный метод, селенидный и теллуридный методы. Способы выделения селена и теллура из растворов и получение их в элементарном виде: восстановление оксидом серы (IV),</p>	51

гидролитическое осаждение, осаждение цементацией, электролитическое восстановление, выделение экстракцией, выделение ионным обменом, выделение окислением (аэрацией). Извлечение селена и теллура из шламов сернокислотного и целлюлознобумажного производства. Извлечение селена и теллура из медь электролитных шламов. Извлечение селена и теллура из продуктов свинцового производства. Извлечение селена и теллура из прочих видов сырья: извлечение из золотосодержащих руд, отделение селена и теллура от серы, извлечение теллура из отходов висмутового производства. Получение вторичного селена. Рафинирование селена и теллура: переосаждение, хлоридный метод, гидридный метод, электролитическое рафинирование, переплавка и окислительное рафинирование. Дистилляция и ректификация.

Кристаллофизическая очистка. Получение важнейших соединений селена и теллура. Применение. Физические и химические свойства. Соединение с кислородом. Соединения с галогенами, серой, селеном, теллуrom, азотом, фосфором, мышьяком, углеродом, кремнием, бором. Взаимодействие с металлами. Комплексные соединения. Нахождение молибдена в природе. Обогащение молибденовых руд. Технология соединений молибдена: окислительный обжиг молибденовых концентратов, возгонка  $\text{MoO}_2$  из огарка после обжига богатых и чистых молибденитовых концентратов, химическая переработка огарка от обжига богатых молибденитовых концентратов, извлечение молибдена из некондиционных концентратов, переработка отвалов после выщелачивания огарка растворами аммиака, получение соединений высокой чистоты. Получение металлического молибдена: восстановление оксида молибдена (VI) водородом. Применение молибдена.

Физические и химические свойства вольфрама. Соединения с кислородом: оксид вольфрама (VI), метавольфрамовая кислота, оксид вольфрама (IV), вольфрамовая синь, вольфраматы (вольфраматы аммония, щелочных и щелочноземельных металлов). Вольфрамовые бронзы. Соединения вольфрама с неметаллами.

Взаимодействие с металлами. Комплексные соединения вольфрама. Нахождение вольфрама в природе. Обогащение руд. Технология соединения вольфрама: разложение концентратов (щелочные методы вскрытия, спекание шеелита с содой и песком, разложение концентратов раствором соды в автоклавах под давлением, разложение вольфрамита



		растворами едкого натра, кислотные методы разложения вольфрамовых минералов и концентратов, кислотное разложение шеелитовых концентратов).	
3	Консультации текущие		0,9
4	Зачет		0,1

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ЛР, час	СРО, час
1.	Химия и технология лития, рубидия и цезия Химия бериллия. Технология бериллия. Химия и технология галлия, индия, таллия.	10	18	28
2.	Химия и технология скандия и редкоземельных элементов. Химия и технология германия, титана, циркония и гафния. Химия и технология ванадия, ниобия, тантала. Химия и технология селена и теллура.	8	18	25

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1.1	Химия и технология лития, рубидия и цезия	Литий, его свойства, соединения, получение, применение	2
1.1		Рубидий и цезий, их свойства, соединения, получение, применение	2
1.2	Химия и технология бериллия.	Бериллий, его свойства, соединения, получение, применение	2
1.3	Химия и технология галлия, индия, таллия	Галлий, его свойства, соединения, получение, применение	2
1.3		Индий и таллий, их свойства, соединения, получение, применение	2
2.1	Химия и технология скандия и редкоземельных элементов	Скандий, его свойства, соединения, получение, применение	2

2.1		Редкоземельные элементы, их свойства, соединения, получение, применение	1
2.2	Химия и технология германия, титана, циркония и гафния	Германий, его свойства, соединения, получение, применение	1
2.2		Титан, цирконий и гафний, их свойства, соединения, получение, применение	1
2.3	Химия и технология ванадия, ниобия, тантала	Ванадий, его свойства, соединения, получение, применение	1
2.3		Ниобий и тантал, их свойства, соединения, получение, применение	1
2.4	Химия и технология селена и теллура	Селен, его свойства, соединения, получение, применение	1

### 5.2.2 Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, час
	<i>не предусмотрены</i>		

### 5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, час
1	Химия и технология лития, рубидия и цезия бериллия. Химия и технология галлия, индия, таллия.	Литий	4
		Рубидий	4
		Бериллий.	4
		Подгруппа галлия	6
2	Химия и технология скандия и редкоземельных элементов. Химия и технология титана, циркония и гафния. Химия и технология ниобия, тантала. Химия технология селена и теллура.	Подгруппа титана	4
		Подгруппа ванадия	4
		Селен. Теллур	4
		Молибден и вольфрам	6

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
-------	---------------------------------	---------	-------------------

1	Химия и технология лития, рубидия и цезия Химия бериллия. Технология бериллия. Химия и технология галлия, индия, таллия.	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий); проработка материалов по учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий); подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий); подготовка реферата.	28
2	Химия и технология скандия и редкоземельных элементов.  Химия и технология германия, титана, циркония и гафния.  Химия и технология ванадия,	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий); проработка материалов по учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий);	25
	ниобия, тантала. Химия и технология селена и теллура.	подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий).	

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

1. Гринвуд, Н. Химия элементов: в 2 т. / Н. Гринвуд, А. Эрншо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. Т. 1. – 607 с., Т. 2. – 670 с.
2. Общая и неорганическая химия / под ред. А. Ф. Воробьева: в 2 т. Т.2. Химические свойства неорганических веществ. – М.: ИЦК: Академкнига, 2006. – 544 с.
3. Химическая технология неорганических веществ. Книга 1 / под ред. Т. Г. Ахметова. – М.: Высш. шк., 2002. – 688 с.

### 6.2 Дополнительная литература:

1. Химия [Текст]: большой энциклопедический словарь / гл. ред. И. Л. Кнунянц. - 2-е (репринтное) изд. - М. : БРЭ, 2000 г. - 792 с.
2. Журнал физической химии [Текст] / - М. : Наука, 2013-2016 г.
3. Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология: научно-технический журнал [Текст] / - Иваново, 2013-2019 г.
4. Руководство по неорганическому синтезу [Текст]: в 6 т.: пер. с нем. Т. 6 / ред. Г. Брауэр. - М. : Мир, 1986 г. - 360 с.

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Теоретические основы неорганического синтеза» [Электронный ресурс]: для обучающихся по направлению подготовки бакалавриата 18.03.01 / С.И. Нифталиев, Л.В. Лыгина, И.В. Кузнецова; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж: ВГУИТ, 2015. - 15 с.

<http://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/105178>

### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
--------------------------------------	---------------------------

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

## **6.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения лабораторных работ. Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ

2. Самостоятельная работа студентов предполагает работу с отечественной литературой, учебниками, конспектами лекций, учебно-методическими материалами к лабораторным работам по алгоритму, детально изложенному в Методических указаниях к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Химическая технология редких и редкоземельных элементов», /С.И. Нифталиев, Л.В. Лыгина, И.В. Кузнецова, Воронеж: ВГУИТ, 2015 г., размещенных в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в виде тестирования.

3. Данылиев, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 32 с.

<http://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>

## **6.6 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

*При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры».*

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

## **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Лекционная аудитория № 37, № 020 кафедры неорганической химии и химической технологии, оснащенная мультимедийной техникой: мультимедийный проектор Ben Q MW 519; сетевой коммутатор для подключения к компьютерной сети (Интернет);

2. Аудитории № 029, 027, 022, 016, 025 кафедры неорганической химии и химической технологии с необходимым оборудованием для проведения лабораторных работ:

- рН-метр РНер-4,
- электролизер,
- гальванометр, источник питания постоянного тока Б5.30/3, электроды,
- дифференциальный теплопроводящий микрокалориметр МИД - 200,
- аналитические весы ВЛР – 200,

- технические весы NKS – 1008,
- наборы химической посуды и реактивов для выполнения лабораторного практикума,
- печь муфельная ЭКПС 10,
- термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80,
- шкаф сушильный ШС-80-01,
- наборы для демонстрационных опытов: гальванический элемент, химическое равновесие, электролиты и др.

### 3. Таблицы:

3.1. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

3.2. Электроотрицательность элементов

3.3. Таблица растворимости кислот, оснований, солей

3.4. Стандартные электродные потенциалы металлов

3.5. Плакаты по свойствам атомов химических элементов.

4. Модели пространственного строения молекул и кристаллических решеток.

5. Демонстрационные опыты на лекциях по каждой теме.

6. Коллекция природных минералов, образцов простых и сложных веществ по каждой группе периодической системы химических элементов.

7. Аппаратура, применяемая для НИРС:- криоскоп Testo 735-2, потенциостатический комплекс IPC – Compact, аналитические весы WA 34 TYP PRLT A-14, термоанализатор STA 409 LUXX фирмы NETZSCH, семисекционная электродиализная ячейка с платиновым анодом и катодом, мульти-сенсорная пьезокварцевая ячейка детектирования.

8. Центр коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов», оснащенные специализированной мебелью для занятий, химической посудой; весами техническими – WS-23.; весами аналитическими ВЛР-200,WA-34; иономером U-130; термостатом U-8; термометром Testo; pH-метром РНер-4; Колориметром КФК-2, КФК-2МП; микрокалориметром МИД-200; вольтметрами цифровыми – Щ68003; pH-метрами 121, 340; шкафом сушильным 2В-151; аквадистиллятором ДЭ-15; прибором синхронного термического анализа STA.

9. Аудитория № 39 кафедры неорганической химии и химической технологии для самостоятельной работы, оснащенная комплектами мебели для учебного процесса, компьютерами со свободным доступом в Интернет.

## **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

8.1 **Оценочные материалы** (ОМ) для дисциплины (модуля) включают:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

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

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

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

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

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

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
**к рабочей программе**

**1. Организационно-методические данные дисциплины для заочной формы обучения**

**1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		6 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>15,8</b>	<b>15,8</b>
Лекции	6	6
в том числе в форме практической подготовки	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
в том числе в форме практической подготовки	8	8
Консультации текущие	0,9	0,9
Рецензирование контрольных работ обучающихся (заочной формы обучения)	0,8	0,8
Виды аттестации (зачет)	0,1	0,1
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>88,3</b>	<b>88,3</b>
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	9	9
Проработка материалов по учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	59,3	59,3
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	10	10
Выполнение контрольной работы	10	10
<b>Подготовка к зачету (контроль)</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Химическая технология редких и редкоземельных элементов**

## 1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№	Код компетенции	Содержание компетенции (результат освоения)	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-18	готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	-общие закономерности химических процессов; основные химические производства; химические свойства редких и рассеянных элементов; основные способы получения редких и рассеянных элементов	-рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта,	-методами определения технологических показателей процесса; способами получения важнейших соединений редких и рассеянных элементов; методами очистки

## 2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

В ходе формирования компетенции при изучении дисциплины существуют следующие показатели и критерии оценивания:

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс компетенции	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1.	Химия и технология лития, рубидия и цезия Химия бериллия. Технология бериллия. Химия и технология галлия, индия, таллия.	ПК-18	Тест	17 - 25	Процентная шкала. 0-100 %; 0-60% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично. Отметка в системе «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»
			Собеседование	1-7	Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
			Кейс-задание	15,16	Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
2.	Химия и технология скандия и редкоземельных элементов. Химия и технология германия, титана, циркония и гафния. Химия и технология ванадия, ниобия, тантала. Химия и технология селена и теллура.	ПК-18	Тест	17-25	Процентная шкала. 0-100 %; 0-60% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично. Отметка в системе «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»
			Собеседование (вопросы к зачету)	8-14	Отметка в системе «зачтено – не зачтено»



### **3 Оценочные средства для промежуточной аттестации. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется бально-рейтинговая система оценки сформированности компетенций студента.

Бально-рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий и контроля самостоятельной работы. Показателями ОМ являются: текущий опрос в виде собеседования на лабораторных работах, тестовые задания в виде решения тестов на лабораторных работах и самостоятельно (домашняя контрольная работа) и сдачи реферата по предложенной студентом теме, связанной с направлением его научно-исследовательской деятельности, темой его выпускной квалификационной работы, или выбранной из примерной тематики рефератов. Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

#### **3.1 Вопросы к собеседованию (текущий контроль, опросы на лабораторных работах)**

##### **3.1.1 Шифр и наименование компетенции:**

*ПК-18 готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности*

№	Формулировка задания
1.	Литий, его свойства, соединения, получение, применение
2.	Рубидий и цезий, их свойства, соединения, получение, применение
3.	Бериллий, его свойства, соединения, получение, применение
4.	Галлий, его свойства, соединения, получение, применение
5.	Как могут быть классифицированы гидриды различных элементов по строению и свойствам?
6.	Каковы термодинамические критерии возможности восстановления металла из его оксида водородом? Всегда ли в качестве продукта получается именно металл? Как влияет на эффективность процесса восстановления температура, скорость пропускания водорода, поверхность соприкосновения оксида и газообразного водорода, дисперсность порошка оксида.
7.	Какие металлы можно получить электролизом растворов, а какие – только электролизом расплавов? Можно ли использовать метод электролиза для очистки (рафинирования) металлов?
8.	Индий и таллий, их свойства, соединения, получение, применение
9.	Химия бериллия. Технология бериллия.
10.	Химия и технология циркония
11.	Химия и технология гафния
12.	Химия и технология германия,.
13.	Химия и технология ванадия, ниобия, тантала..
14.	Химия и технология титана,

Критерии и шкалы оценки:

- **оценка «зачтено»** выставляется студенту, если он активно участвует в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы, выслушивал мнения других;

- **оценка «не зачтено»**, если студент выполнял роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение.

### 3.2 Кейс-задания (задания к экзамену)

#### 3.2.1 Шифр и наименование компетенции ПК-18 готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности

Номер задания	Текст задания
15	<p>Сплав содержит следующие металлы: кадмий, олово, висмут и свинец. Образец сплава массой 1,2860 г обработали концентрированной азотной кислотой. Выпавший при этом осадок соединения металла А выделили, тщательно промыли, высушили и прокалили. Масса остатка после прокаливания составила 0,3265 г.</p> <p>К раствору, полученному после отделения осадка, прилили водный раствор аммиака в избытке. Соединение металла Б осталось в растворе, а остальные металлы были осаждены в виде малорастворимых соединений. После отделения осадка через раствор пропустили сероводород (до насыщения). Выпавший осадок, содержащий металл Б, отделили, промыли и высушили, его масса составила 0,6613 г.</p> <p><b>Задание</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Напишите уравнения химических реакций взаимодействия металлов с концентрированной азотной кислотой водным раствором аммиака.</li> <li>2. Определите, каким компонентам сплава соответствуют металлы А, Б и рассчитайте их массовое соотношение в сплаве.</li> </ol> <p><b>Решение</b></p> <p>При действии на сплав азотной кислотой протекают следующие реакции:</p> $\text{Sn} + 4\text{HNO}_3 + (n-2) \text{H}_2\text{O} = \text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \downarrow + 4\text{NO}_2$ <p style="text-align: center;">(H<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>)</p> $\text{Pb} + 4\text{HNO}_3 = \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Bi} + 6\text{HNO}_3 = \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cd} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>В осадок выпадает гидрат оксида олова, который при прокаливании переходит в оксид SnO<sub>2</sub>:</p> $\text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SnO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">0,3265 г</p> $0,3265 = v(\text{Sn}) \cdot M(\text{Sn}) + 2v(\text{O}) \cdot M(\text{O})$ $v = 0,00216; m(\text{Sn}) = 0,00216 \cdot 119 = 0,257 \text{ г}$ $\omega(\text{Sn}) = \frac{0,257}{1,286} \cdot 100 \% = 20 \%$ <p>Металл А-олово</p> <p>2) При последующем действии водного раствора аммиака (в избытке) на раствор, содержащий Pb<sup>2+</sup>, Bi<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, только кадмий дает растворимый аммиакат.</p> $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Bi}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ <p>3) Аммиакат Cd взаимодействует с сероводородом с образованием нерастворимого сульфида кадмия.</p> $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \underset{0,6613}{\text{CdS}} \downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S}$ <p>Таким образом, металл Б – кадмий.</p>

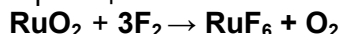
$$0,6613 = v(Cd) \cdot M(Cd) + v(S) \cdot M(S)$$

$$v = \frac{0,6613}{144} = 0,00459 \text{ моль}; m(Cd) = v \cdot M = 0,00459 \cdot 112 = 0,5143 \text{ г}$$

$$\omega(Cd) = \frac{0,5143}{1,286} \cdot 100 \% = 40 \%$$

16

Рассчитать кинетические константы, вывести кинетическое уравнение, определить область реагирования и факторы влияющие на интенсификацию реакции для процесса фторирования диоксида рутения по реакции:



Экспериментальные данные представленные в виде зависимости степени реагирования от времени приведены в таблице.

Т, °С	370				315				260				140			
т, мин	4	8	12	16	4	8	12	16	4	8	12	16	4	8	12	16
α, %	4	74	88	99	40	66	83	94	36	58	77	89	25	42	56	64
	8															

**Решение**

**Таблица линеаризации кинетических кривых**

Т, К	т, сек	α	$1-(1-\alpha)^{1/3}$	$(1-(1-\alpha)^{1/3})^2$	$1-2/3\alpha-(1-\alpha)^{2/3}$
643	0	0	0	0	0
	240	0,48	0,2	0,04	0,03
	480	0,74	0,36	0,13	0,1
	720	0,88	0,51	0,26	0,17
	960	0,99	0,71	0,62	0,29
588	0	0	0	0	0
	240	0,40	0,16	0,02	0,02
	480	0,66	0,3	0,09	0,07
	720	0,83	0,45	0,2	0,14
	960	0,94	0,61	0,37	0,22
533	0	0	0	0	0
	240	0,36	0,14	0,02	0,02
	480	0,58	0,25	0,06	0,05
	720	0,77	0,39	0,15	0,11
	960	0,89	0,52	0,27	0,18
413	0	0	0	0	0
	240	0,25	0,09	0,01	0,01
	480	0,42	0,17	0,03	0,02
	720	0,56	0,24	0,06	0,05
	960	0,64	0,29	0,08	0,07

**Построили 3 графика зависимости степени превращения (4,5,6 столбцы) от времени.** Рассчитаем тангенсы углов наклона прямых, которые соответствуют температурным константам скорости:

$$\text{tg}\varphi_{413\text{К}} = 0,29/960 = 3,02 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$$

$$\text{tg}\varphi_{533\text{К}} = 0,52/960 = 5,42 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$$

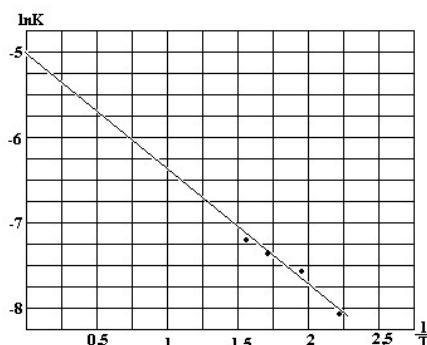
$$\text{tg}\varphi_{588\text{К}} = 0,61/960 = 6,35 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$$

$$\text{tg}\varphi_{643\text{К}} = 0,71/960 = 7,40 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$$

По полученным температурным константам скорости строим график в координатах

уравнения Аррениуса:  $\ln k_T = \ln k_0 - (E/R) \frac{1}{T}$

T	1/T * 10 <sup>3</sup>	k <sub>T</sub> * 10 <sup>4</sup>	lnk <sub>T</sub>
413	2,42	3,02	-8,11
533	1,88	5,42	-7,52
588	1,70	6,35	-7,36
643	1,56	7,40	-7,21



Из графика следует, что  $\ln K_0 = -5$ , тогда  $K_0 = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . Энергию Активации находим по тангенсу угла наклона прямой линии  $E/R = \text{tg} = 3 / 2,25 \cdot 10^{-3} = 1333$ . Отсюда находим величину энергии Активации  $E = 1333R = 11083 \text{ Дж}$ .

Полученные значения константы скорости и энергии Активации подставляем в исходное уравнение:

$$1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}} = 0,0066 \cdot \exp\left(-\frac{11083}{RT}\right) \cdot t$$

Зависимость степени превращения от времени для данного процесса выглядит следующим образом:

$$\alpha = 1 - \left(1 - 0,0066 \cdot \exp\left(-\frac{11083}{RT}\right) \cdot t\right)^3$$

Подставляя в полученное уравнение желаемые температуру и время можно вычислить степень превращения исходного вещества в продукт при заданных условиях.

Энергия Активации процесса составила величину 11 кДж/моль. Процесс протекает во внешнедиффузионной области реагирования, что обусловлено малой концентрацией фтора в реакционном газе. Интенсифицировать процесс в области внешней диффузии можно увеличением концентрации газа и повышением скорости газового потока.

Критерии и шкалы оценки:

Кейс-задача оценивается по уровневой шкале

**«первый уровень обученности»**, компетенция не освоена, недостаточный уровень освоения компетенции;

- **«второй уровень обученности»**, компетенция освоена, **базовый уровень** освоения компетенции ;

- **«третий уровень обученности»**, компетенция освоена, **повышенный уровень** освоения компетенции;

- **«четвертый уровень обученности»**, компетенция освоена, **повышенный уровень** освоения компетенции.

**Оценка «зачтено»** выставляется студенту, если он освоил **второй, третий и четвёртый уровень обученности;**

- **оценка «не зачтено»**, выставляется студенту, если он освоил **первый уровень обученности;**

### 3.3 Тесты (тестовые задания)

3.3.1 **Шифр и наименование компетенции:** ПК-18 готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для

*решения задач профессиональной деятельности*

№ задания	Тестовое задание с вариантами ответов и правильными ответами
17	Трудности неорганического синтеза: - <b>образование твердых растворов на основе целевого и побочного продуктов реакции</b> - появление азеотропов. - проведение самой реакции в гомогенных или гетерогенных условиях, - отделение синтезированного соединения от других продуктов реакции и маточника
18	- физически и химически индивидуализированная составная часть земной коры это - <b>-минерал</b> - -чистый металл - -раствор
19	Что происходит с ионами вытесняемого металла из раствора при цементации? - окисляются; - <b>- переходят в свободное состояние – восстанавливаются, осаждаюсь на катодной поверхности металла-цементатора;</b> - переходят в газообразное состояние; - переходят в ионное состояние – окисляются, оставаясь в растворе.
20	- «Грохочение – операция разделения (классификации) руды на классы по.....» - плотности; - содержанию компонентов руды; - <b>крупности;</b> - твердости.
21	Общий признак «редких» металлов - <b>отсутствие руд</b> - малое содержание в недрах - более позднее время их востребованности и применения в промышленности
22	Определить принадлежность металлов к группе легких редких. - иттрий, радий, галлий, литий, магний; - висмут, калий, олово, скандий, бериллий; - германий, сурьма, родий, палладий, гафний; - ванадий, ниобий, платина, алюминий, свинец; - <b>рубидий, литий, бериллий, цезий.</b>
23	В технологии каких редких металлов применяют процесс сульфатизации? а) ванадия, вольфрама, молибдена; б) лития, бериллия, РЗЭ; в) галлия, германия, индия; г) рубидия, цезия; д) <b>титана, ниобия, тантала, циркония.</b>
24	Какие продукты образуются в результате выщелачивания? - газообразные и твердые вещества; - <b>водные растворы соединений металлов и твердые вещества;</b> - только твердые вещества; - только водные растворы.
25	Какой стадии гидрометаллургического производства соответствуют экстракционные процессы? стадии выщелачивания; - <b>стадии подготовки растворов к выделению из них чистых соединений или металлов.</b> - стадии выделения из растворов чистых соединений или металлов; - стадии разложения рудного концентрата.

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

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

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

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система оценки сформированности компетенций студента.

Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

Зачет по дисциплине выставляется в зачетную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины (с отметкой «зачтено») и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

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

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценки	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка (зачтено/не зачтено)	Уровень освоения компетенции
<i>ПК-18 готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности</i>					
<b>Знать</b>	общие закономерности химических процессов; основные химические производства; химические свойства редких и рассеянных элементов; основные способы получения редких и рассеянных элементов;	Изложение общих закономерностей химических процессов; основных химических производств; химических свойств редких и рассеянных элементов; основных способов получения редких и рассеянных элементов; Сбор, описание, систематизация и анализ имеющихся знаний различных методов неорганического синтеза	Изложены основные общие закономерности химических процессов; основные химические производства; химические свойства редких и рассеянных элементов; основные способы получения редких и рассеянных элементов; метод описан точно и полно; установлено соответствие между характеристикой метода и его названием.	Оценка: отлично, хорошо, удовлетворительн о/ 60-100	Освоена (базовый)
			Не изложены общие закономерности химических процессов; основные химические производства; химические свойства редких и рассеянных элементов; основные способы получения редких и рассеянных элементов; не перечислены все методы синтеза; метод не описан точно и полно; не установлено соответствие между характеристикой метода и его названием.	Неудовл./ 0-59	Не освоена (недостаточный)
<b>Уметь</b>	Собеседование по лабораторной работе, решение тестовых заданий	Расчет, вычисление термодинамических и кинетических параметров синтеза металлов, оксидов, оснований, кислот, солей и комплексных соединений. Обоснование возможности технологического производства вышеуказанных веществ.	Самостоятельно рассчитаны термодинамические и кинетические параметры синтеза неорганических веществ. Обоснована возможность технологического производства определенного неорганического соединения.	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			Расчет проведен не правильно. Не обоснована возможность технологического производства определенного неорганического соединения.	Не зачтено/ 0-59	Не освоена (недостаточный)
<b>Владеть</b>	Кейс-задача	Составление уравнения неорганического синтеза. Определение термодинамической возможности самопроизвольного протекания реакции.	Составлено уравнение неорганического синтеза. Определена термодинамическая возможность самопроизвольного протекания реакции. Студент разобрался в предложенном конкретном синтезе, самостоятельно решил поставленную задачу.	Оценка: отлично, хорошо, удовлетворительн/ 60-100	Освоена (повышенный)
			Не составлено уравнение неорганического синтеза. Не определена термодинамическая возможность самопроизвольного протекания реакции.	Не зачтено/ 0-59	Не освоена (недостаточный)

