

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович  
Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности  
Дата подписания: 23.06.2026 16:00:02  
Уникальный программный ключ:  
aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f043ce2

УП: 04.04.01 Химия  
АХ 2025.plx

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель ООП

Никольский В.М.

"14" мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

## Химия редких элементов

Закреплена за кафедрой:	<b>Неорганической и аналитической химии</b>
Направление подготовки:	<b>04.04.01 Химия</b>
Направленность (профиль):	<b>Аналитическая химия</b>
Квалификация:	<b>Магистр</b>
Форма обучения:	<b>очная</b>
Семестр:	<b>3</b>

Программу составил(и):

*д-р хим. наук, проф., Алексеев Владимир Георгиевич*

Тверь, 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Изучение студентами химических свойств редких элементов и их соединений, методов их определения в сплавах и минералах.

### Задачи :

Получение теоретических знаний о свойствах редких элементов и использовании этих свойств в аналитических целях. Практическое освоение спектрофотометрических и титриметрических методов количественного определения редких элементов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Современные инструментальные методы анализа

Электрохимические методы

Координационные соединения в аналитической химии

Органические реагенты в современной химии

Химия координационных соединений

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Актуальные задачи современной химии. Часть 2.

Научно-исследовательская работа

Преддипломная практика

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
<b>в том числе:</b>	
самостоятельная работа	69
часов на контроль	36

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.1: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук

Уровень 1 химические свойства редких элементов и их соединений, методы их обнаружения в различных объектах.

Уровень 1 провести изучение объектов, содержащих соединения редких элементов, подобрать соответствующие методы.

Уровень 1 навыками применения методик качественного и количественного определения редких элементов.

ОПК-1.2: Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук

Уровень 1 особенности использования спектрофотометров и другого оборудования при анализе объектов, содержащих редкие элементы.

Уровень 1 приготовить необходимые модельные смеси для калибровки.

Уровень 1    спектрофотометрическими методиками определения редких элементов.

ОПК-2.1: Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их

ОПК-2.2: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	3

## 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

## 7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Сем.	Часов	Примечание
---	-----------------------------	-------------	------	-------	------------

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

8.3. Требования к рейтинг-контролю

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуемая литература

Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice
6	VLC media player
7	ADE
8	Foxit Reader
9	Notepad++
10	STDU Viewer
11	ISIS Draw

12	Origin 8.1 Sr2
13	STATGRAPHICS Centurion XVI.II
14	ОС Linux Ubuntu
15	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

### Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Архивы журналов издательства Nature
2	Архивы журналов издательства Oxford University Press
3	Ресурсы издательства Springer Nature
4	Электронная коллекция книг Оксфордского Российского фонда
5	БД Web of Science
6	БД Scopus
7	Журналы издательства Taylor&Francis
8	Журналы American Chemical Society (ACS)
9	Виртуальный читальный зал диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ)
10	Репозиторий ТвГУ
11	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
12	ЭБС ТвГУ
13	ЭБС BOOK.ru
14	ЭБС «Лань»
15	ЭБС IPRbooks
16	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
17	ЭБС «ЮРАИТ»
18	ЭБС «ZNANIUM.COM»

### 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-406	комплект учебной мебели, весы, лабораторные ионометры, портативные рН-метры, потенциостат-гальваностат, сканер, шкафы, компьютеры, гиря
3-404	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, аквадистиллятор, весы, ИК Фурье спектрометр, компьютер, фотокolorиметр КФК-2, электропечи

### 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Задания для контроля самостоятельной работы студентов

1. Какая характеристика химического элемента называется его кларком? Какие две единицы измерения имеет эта характеристика? Укажите пять – шесть элементов с наибольшим значением кларка в одной и в другой единице его измерения.

2. Указать пять наиболее распространенных на Земле элементов по количеству их атомов и по общей массе их атомов. Почему водород присутствует в первом списке и отсутствует во втором?

3. На десять наиболее распространенных элементов приходится более 99 % от числа всех атомов и от массы земной коры. Какие это элементы? Какая часть земного шара называется земной корой?

4. По распространенности на Земле химические элементы подразделяются на распространенные, редкие, рассеянные и самородные. Объясните смысл такой классификации и приведите по пять – шесть примеров химических элементов, относящихся к указанным группам.

5. Какие химические элементы встречаются на Земле в виде простых веществ и каково их общее название? Объясните, почему в число этих элементов входят золото и платина, но среди них нет магния и алюминия?

6. Земной кларк золота равен  $5 \cdot 10^{-8}$  % ат. и  $5 \cdot 10^{-7}$  % масс. Сколько атомов золота имеется на Земле и чему равна масса всего золота, если масса Земли равна  $6 \cdot 10^{24}$  кг, а общее число образующих её атомов равно  $\approx 10^{50}$ ?

7. Для получения царской водки 100 мл 60%-й  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,36$ ) смешали с 300 мл 40%-й  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,20$ ). Вычислите массу, объем и плотность полученной царской водки, молярное соотношение  $\text{HNO}_3:\text{HCl}$  в ней и массу золота, которую она может растворить.

8. Смешали 75 мл 60%-й  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,36$ ) и 350 мл 20%-й фтороводородной кислоты ( $\rho = 1,07$ ). Вычислите массу, объем и плотность полученной смеси, молярное соотношение  $\text{HNO}_3:\text{HF}$  в ней и массу вольфрама, которую она может растворить.

9. Смесь фтороводородной и азотной кислот взаимодействует с металлами (W, Nb, Ta) и неметаллами (B, Si), которые устойчивы даже в царской водке. Напишите уравнения соответствующих реакций и объясните причину их протекания.

10. Опишите строение атомов селена, теллура и полония в сравнении с серой. Какие валентности, степени окисления и координационные числа для них характерны? Каковы формулы их оксидов и гидроксидов?

11. Природный селен состоит из шести изотопов с массовыми числами 74 %, 76 (9,02 %), 77 (7,58 %), 78 (23,52 %), 80 (49,82 %) и 82 (9,19 %). Вычислите среднюю атомную массу селена. Почему результат не совпадает со справочным значением атомной массы селена?

12. Теллур горит в кислороде; взаимодействует с галогенами на холоду; с водой взаимодействует в порошкообразном состоянии при 100–160 °С; медленно взаимодействует с  $\text{HCl}$ ; легко взаимодействует с  $\text{HNO}_3$  и царской водкой; медленно взаимодействует со щелочами, но этот процесс ускоряется в присутствии окислителей. Напишите уравнения реакций.

13. Наиболее долгоживущий изотоп полония  $\text{Po-210}$  содержится в урановых рудах. При получении его переводят в раствор в виде  $\text{PoCl}_2$  и восстанавливают сероводородом или активным металлом. Его получают также искусственно, облучая висмут-209 нейтронами. Напишите уравнения химической и ядерной реакции получения  $\text{Po-210}$ .

14. Химические реакции полония осложнены его радиоактивностью. Например, полоний взаимодействует с  $\text{HCl}$  с образованием  $\text{Po}(+2)$ , который окисляется до  $\text{Po}(+4)$ . Предполагают, что окисление происходит пероксидом водорода, который образуется в воде под действием  $\alpha$ -излучения полония. Напишите уравнения реакций полония с  $\text{HCl}$  и окисления продукта реакции пероксидом водорода

15. Напишите названия соединений:  $\text{K}_2\text{Se}$ ,  $\text{KHSe}$ ,  $\text{Al}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{K}_2\text{TeF}_8$ ,  $\text{K}_2\text{TeI}_6$ ,  $\text{PoO}(\text{OH})_2$ ,  $\text{SeO}_2$ ,  $\text{SeO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ,  $\text{NaHSeO}_4$ ,  $\text{H}_6\text{TeO}_6$ ,  $\text{K}_4\text{H}_2\text{TeO}_6$ . К каким классам (группам) веществ относятся четвертое, пятое и последнее соединения?

16. Селен и теллур используются в качестве полупроводников. Объясните существование трех классов веществ: металлов, полупроводников и изоляторов. Исходя из закономерностей Периодической системы, предсказать, у какого полупроводника – селена или теллура – величина запрещенной зоны должна быть меньше.

17. Опишите положение галлия в Периодической системе, строение его атома, свойства в сравнении с алюминием. Почему этот металл имеет очень широкий температурный диапазон существования в жидком состоянии? Опишите историю открытия этого элемента, происхождение его названия и его роль в утверждении Периодического закона.

18. Опишите физические и химические свойства индия в сравнении с алюминием

и галлием, приведите формулы его наиболее известных соединений, напишите уравнения реакций с кислородом, кислотами и щелочами. С чем связано название этого элемента, каковы природные ресурсы индия. как его получают и где он применяется?

19. Опишите физические и химические свойства таллия, приведите формулы его важнейших соединений и уравнения реакций с кислородом, галогенами, водой, кислотами и щелочами. Объясните, почему этот элемент в соединениях бывает в двух степенях окисления?

20. Какие степени окисления проявляют элементы подгруппы галлия в своих соединениях? Какая степень окисления устойчива для галлия и индия, и какая – для таллия? Ответ иллюстрируйте примерами соединений и уравнениями реакций.

21. Как изменяются основно-кислотные свойства оксидов в ряду  $B_2O_3$  —  $Al_2O_3$  —  $Ga_2O_3$  —  $In_2O_3$  —  $Tl_2O_3$  —  $Tl_2O$ ? Ответ иллюстрируйте уравнениями реакций.

22. 1016. Как изменяются основно-кислотные свойства гидроксидов в ряду  $Al(OH)_3$  —  $Ga(OH)_3$  —  $In(OH)_3$  —  $Tl(OH)_3$  —  $TlOH$ ? Ответ иллюстрируйте уравнениями реакций.

23. Почему кислотные свойства у  $Ga(OH)_3$  выражены сильнее, чем у  $Al(OH)_3$  и почему гидроксид галлия называют идеальным амфолитом? Покажите амфотерные свойства этого соединения уравнениями реакций.

24. Как изменяется гидролизуемость солей в ряду  $Al_2(SO_4)_3$  —  $In_2(SO_4)_3$  —  $Tl_2(SO_4)_3$  —  $Tl_2SO_4$ ? Напишите уравнение гидролиза сульфата индия по первой ступени в молекулярном и в ионном виде.

25. Чем обусловлено сходство химии таллия и щелочных металлов и в чём оно проявляется?

26. Почему таллий называют «парадоксальным» элементом и в чём проявляется его сходство с серебром?

27. Почему таллий называют «парадоксальным» элементом и в чём проявляется его сходство со свинцом?

28. Объясните, почему таллий, в отличие от алюминия, взаимодействует с водой, хотя его электродный потенциал ( $-0,71$  В) менее отрицателен по сравнению с электродным потенциалом алюминия ( $-1,66$  В).

29. Почему таллий, взаимодействующий с водой активнее, чем алюминий, со щелочами, в отличие от алюминия, взаимодействует лишь в присутствии окислителя?

30. Произведение растворимости карбоната таллия (I) равно  $4 \cdot 10^{-3}$ . Вычислите массовую долю этого соединения в насыщенном растворе (плотность раствора можно считать равной плотности воды).

31. Произведение растворимости сульфата таллия (I) равно  $4 \cdot 10^{-3}$ . Чему равна молярная концентрация насыщенного раствора этой соли?

32. Почему и как изменяется сила кислот в рядах  $H_2TiO_3$  —  $H_2VO_4$  —  $H_2CrO_4$  —  $H_2MnO_4$  и  $H_2CrO_4$  —  $H_2MoO_4$  —  $H_2WO_4$ ? Напишите уравнения реакций ангидридов этих кислот с расплавленным гидроксидом натрия.

33. Объясните причину и приведите примеры особенно близких свойств следующих d-элементов и их соединений: циркония и гафния, ниобия и тантала, молибдена и вольфрама.

34. Напишите электронные формулы скандия, иттрия и лантана. Чем отличаются атомы этих элементов от атомов элементов главной подгруппы? Почему они являются элементами постоянной валентности? Приведите примеры обычных и комплексных соединений скандия, иттрия и лантана.

35. В чём состоит сходство скандия, иттрия и лантана и чем они отличаются? Как изменяются свойства простых веществ, оксидов, гидроксидов в ряду  $Sc$  —  $Y$  —  $La$ ? Ответ иллюстрируйте уравнениями реакций.

36. Из какого сырья получают соединения скандия, почему технология их получения является очень сложной? Какими способами получают металлический скандий, и где он используется?

37. Из какого сырья получают соединения иттрия, почему технология их получения является очень сложной? Какими способами получают металлический иттрий, и где он используется?

38. Из какого сырья получают соединения лантана, почему технология их

получения является очень сложной? Какими способами получают металлический лантан, и где он используется?

39. Чему равны значения стандартного электродного потенциала скандия, иттрия и лантана, в какой части ряда напряжений они расположены? Как эти металлы взаимодействуют с кислотами, щелочами и водой?

40. Скандий, иттрий и лантан обладают пирофорными свойствами. В чём состоит это свойство? Что является причиной пирофорности этих и других металлов?

41. Напишите уравнения реакций оксида и гидроксида скандия с HCl, с расплавом и раствором NaOH и названия продуктов. Почему не взаимодействуют со щелочами оксид и гидроксид лантана?

42. Произведения растворимости гидроксидов скандия, иттрия и лантана равны соответственно  $2 \cdot 10^{-30}$ ,  $3 \cdot 10^{-25}$  и  $1 \cdot 10^{-10}$ . Вычислите молярные концентрации гидроксидов в насыщенных водных растворах и объясните увеличение растворимости в ряду  $\text{Sc}(\text{OH})_3 - \text{Y}(\text{OH})_3 - \text{La}(\text{OH})_3$ .

43. Относительно свойств гидроксида лантана сведения противоречивы. По одним данным это слабое нерастворимое основание, а по другим – это сильное основание, напоминающее по свойствам гидроксид кальция. По справочным значениям произведения растворимости  $\text{La}(\text{OH})_3$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  вычислите концентрацию и pH насыщенных растворов этих соединений и сделайте выводы.

44. Скандий, иттрий и лантан восстанавливают  $\text{HNO}_3$  максимально, а концентрированную – до NO. При их взаимодействии с разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выделяется водород, а с концентрированной – сероводород. Напишите уравнения соответствующих реакций.

45. Произведение растворимости сульфата лантана равно  $3 \cdot 10^{-5}$ . Выпадет ли осадок этой соли при смешивании одного литра раствора  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  с концентрацией  $1 \cdot 10^{-3}$  М с таким же объёмом 0,01 М раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?

46. Напишите уравнения реакций получения нитратов скандия, иттрия и лантана из металлов, оксидов и гидроксидов, а также реакций их разложения при нагревании.

47. Как изменяется гидролизуемость одготипных солей скандия, иттрия и лантана, например, в ряду  $\text{ScCl}_3 - \text{YCl}_3 - \text{LaCl}_3$ ? Напишите уравнения реакций гидролиза.

48. Скандий, иттрий и лантан образуют двойные соли: сульфаты, карбонаты, оксалаты и нитраты, в которых вторым катионом является катион щелочного металла. Напишите формулы этих двойных солей.

49. Опишите способность скандия, иттрия и лантана к образованию комплексных соединений и приведите их примеры.

50. Напишите уравнения реакций получения безводного хлорида скандия: а) из простых веществ; б) действием хлора на нагретую смесь  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  с углеродом; в) нагреванием смеси  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  с хлоридом аммония.

51. Какие соединения образуются при взаимодействии скандия, иттрия и лантана с водородом, по каким свойствам они подобны гидридам s-элементов и по каким – гидридам d-элементов?

52. В каких минералах содержится титан и как его получают? Чем обусловлены трудности его получения в чистом виде?

53. Титан получают из тетрахлорида титана, используя в качестве восстановителей магний или гидрид натрия. Напишите уравнения реакций. Вычислите массы  $\text{TiCl}_4$ , Mg и NaH, необходимые для получения 100 кг титана.

54. Титан получают магниитермическим восстановлением  $\text{TiCl}_4$ . Рассчитайте, при какой температуре возможна эта реакция. Почему в качестве исходного соединения используют не оксид титана, а тетрахлорид титана?

55. Опишите получение титана высокой чистоты йодидным методом. Какое отношение к этому методу имеют метод летучих соединений и метод транспортных реакций?

56. Титан взаимодействует с соляной и серной кислотами и со щелочами. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания и названия продуктов реакций.

57. Титан взаимодействует с концентрированной азотной кислотой подобно олову,

а с растворами щелочей подобно кремнию. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания и названия продуктов.

58. Царская водка и концентрированная серная кислота взаимодействуют с титаном, цирконием и гафнием с образованием комплексных кислот с координационным числом 6. Напишите уравнения реакций.

59. Объясните, почему цирконий и гафний не взаимодействуют с сильной соляной кислотой, но взаимодействуют со слабой фтороводородной кислотой. Напишите уравнения реакций.

60. Как можно получить титановую кислоту из титаната натрия, из тетра-хлорида титана? Какими свойствами обладает это соединение? Чем объясняется разница в химических свойствах свежеприготовленной титановой кислоты и после её хранения?

61. Напишите уравнения реакций получения метатитанатов и ортотитанатов натрия и бария из оксида титана (IV) с использованием щелочей и карбонатов натрия и бария.

62. Какое строение имеет тетрахлорид титана? К какому классу соединений он относится? Почему это вещество сильно дымит на воздухе? Напишите уравнение реакции получения  $TiCl_4$  из оксида титана (IV).

63. Как связано изменение гидролизуемости соединений в ряду  $TiCl_2 - TiCl_3 - TiCl_4$  с изменением типа химической связи в них? Какая соль гидролизует полнее: а)  $TiCl_2$  или  $TiCl_3$ ; б)  $TiCl_3$  или  $TiCl_4$ ; в)  $TiCl_4$  или  $ZrCl_4$ ? Напишите уравнения гидролиза всех данных соединений.

64. При гидролизе тетрахлорида кремния образуются простые оксокислоты, а при гидролизе  $TiF_4$  и  $ZrCl_4$  – комплексные кислоты. Напишите уравнения реакций гидролиза и объясните образование комплексных кислот.

65. При обычных условиях  $TiCl_4$  и  $Ti(SO_4)_2$  гидролизуются с образованием солей оксотитана (титанила), а при нагревании – гидроксида титанила (метатитановой кислоты). Напишите уравнения реакций. Почему при нагревании гидролиз обоих веществ протекает с большей полнотой?

66. Нитриды титана (IV) и циркония (IV), обладающие высокой твердостью, образуются при нагревании хлоридов этих металлов в атмосфере аммиака. Напишите уравнения реакций.

67. Напишите уравнения реакций для осуществления следующей цепочки превращений:  $Ti \rightarrow TiO_2 \rightarrow K_2TiO_3 \rightarrow H_2TiO_3 \rightarrow TiOSO_4 \rightarrow Ti_2(SO_4)_3$

68. Опишите коррозионную стойкость и связанное с этим применение титана. Почему сплавы титана с алюминием и другими металлами используются в самолёто- и ракетостроении? Как используются соединения титана: карбиды, нитриды, оксид титана (IV) и титанат бария?

69. Как получают металлический цирконий из природных соединений? Какими свойствами обладает этот металл и каково его применение? С какой целью цирконий вводится в сплавы на основе магния, алюминия и железа? Где применяются карбид циркония и оксид циркония (IV)?

70. Как получают металлический гафний и чем обусловлено применение гафния и циркония в атомных реакторах?

71. Приведите данные, свидетельствующие об исключительной близости химических свойств циркония и гафния и объясните причину. Как решается проблема разделения циркония и гафния?

72. Опишите электронное строение атомов и общие свойства d-элементов V группы. Укажите все возможные степени окисления ванадия, ниобия и тантала и наиболее устойчивые из них. Почему наиболее устойчивая степень окисления ванадия не совпадает с наиболее устойчивыми степенями окисления ниобия и тантала?

73. 1242. Опишите характеристики атомов и свойства простых веществ в ряду V – Nb – Ta. В какой части ряда напряжений расположены эти металлы? Напишите уравнения реакций ванадия с фтороводородной, соляной, серной и азотной кислотами и укажите условия их протекания.

74. Металлический ванадий восстанавливают из  $V_2O_5$  алюминием или из  $VCl_3$  магнием. Напишите уравнения реакций, вычислить их энтальпии и расход алюминия и

магния на получение одной тонны ванадия.

75. Почему и каким образом большую часть ванадия получают в виде феррованадия? Чем является феррованадий: механической смесью, раствором или химическим соединением? Каким особым свойством отличаются стали, легированные ванадием?

76. Как изменяются свойства оксидов в рядах: а)  $VO - V_2O_3 - VO_2 - V_2O_5$ ; б)  $V_2O_5 - Nb_2O_5 - Ta_2O_5$ ? Ответ иллюстрировать уравнениями реакций.

77. При внесении цинка в подкисленный соляной кислотой раствор метава-надата аммония происходит восстановления ванадия (V) последовательно до четырёх-, трёх- и двухвалентного состояния. Напишите уравнения реакций.

78. Метаванадат натрия можно получить спеканием  $V_2O_5$  с хлоридом натрия в среде кислорода. Напишите уравнение реакции. Термодинамическим расчётом покажите возможность её протекания при  $800\text{ }^\circ\text{C}$ . Вычислите теоретический расход реагентов на получение  $100\text{ кг NaVO}_3$  этим методом.

79. Какие соединения образуют молибден и вольфрам с кислородом и какие из них наиболее стабильны? Почему различен состав стабильных оксидов хрома, молибдена и вольфрама?

80. Молибденовую кислоту можно получить из металлического молибдена,  $MoO_2$  и из молибдатов (VI), а вольфрамовую – только из вольфраматов (VI). Напишите уравнения соответствующих реакций, опишите состав и свойства кислот, их практическое значение.

81. Напишите уравнения реакций: а) получения молибденовой кислоты взаимодействием молибдата (VI) калия с соляной кислотой; б) её взаимодействия с  $NaOH$ ; в) её взаимодействия с  $H_2SO_4$ . Сделайте вывод об основно-кислотных свойствах молибденовой кислоты.

82. Напишите уравнения реакций образования вольфрамата натрия при сплавлении с содой в присутствии кислорода воздуха: а) металлического вольфрама; б) минерала вольфрамита.

83. При нагревании порошкообразного молибдена с серой в мольном соотношении 1:2 образуется сульфид молибдена (IV), который взаимодействует с концентрированной азотной кислотой с образованием двух кислот. Напишите уравнения реакций.

84. При нагревании порошкообразного молибдена с серой в мольном соотношении 1:3 образуется сульфид молибдена (VI). Он взаимодействует с раствором сульфида аммония с образованием тиосоли, которая разлагается соляной кислотой с выделением сероводорода. Напишите уравнения этих реакций.

85. Приведите примеры гетерополиоксидов и кластерных соединений молибдена и вольфрама.

86. Технеций – первый химический элемент, полученный искусственным путем. Он был получен в 1937 г. из молибдена с помощью ядерной реакции. Напишите уравнение этой реакции с пояснениями.

87. Опишите нахождение рения в природе, его получение, важнейшие физические и химические свойства, применение.

88. Почему устойчивы галогениды рения, содержащие 5, 6 и 7 атомов галогена ( $ReF_7$ ,  $ReF_6$ ,  $ReF_5$ ,  $ReCl_6$ ,  $ReCl_5$ ,  $ReBr_5$ ), тогда как подобные галогениды марганца не образуются?

89. Интересной особенностью кислот  $HReO_4$  и  $HTcO_4$  и их солей является их взаимодействие (в растворах) с  $H_2S$  с образованием нерастворимых в воде сульфидов, растворяющихся в азотной кислоте. Напишите уравнения образования сульфидов и их взаимодействия с  $HNO_3$ .

90. Напишите уравнения и укажите условия проведения реакций для осуществления следующей цепочки превращений:  $Re \rightarrow Re_2O_7 \rightarrow KReO_4 \rightarrow Re_2S_7 \rightarrow HReO_4 \rightarrow Re_2(SO_4)_3$

91. Как называются и обозначаются платиновые металлы, почему они близки по свойствам и находятся в природе в самородном состоянии? Какие пары элементов, особо близких по свойствам, можно выделить среди платиновых металлов и чем обусловлена эта близость?

92. Покажите уравнениями реакций, как осуществляется разделение само-родной платины на отдельные платиновые металлы?

93. В какой части Периодической системы и ряда напряжений расположены платиновые металлы и как они взаимодействуют с водой, кислотами, щелочами, кислородом и галогенами? Напишите уравнения реакций.

94. Название какого химического элемента семейства платины и почему связано с Россией? Приведите формулы и названия обычных и комплексных соединений этого элемента в различных степенях окисления.

95. При взаимодействии рутения с царской водкой образуется комплексная кислота, в которой степень окисления и координационное число комплексообразователя равны +4 и 6, соответственно. Напишите уравнение реакции и название кислоты.

96. Рутений и осмий взаимодействуют со щелочами в присутствии окислителей. Напишите уравнения реакций: а) рутения с расплавленной окислительной смесью  $\text{KNO}_3 + \text{KOH}$ ; б) рутения с  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  при кипячении в щелочной среде; в) осмия с расплавленной смесью  $\text{KClO}_3 + \text{KOH}$ .

97. Осмий взаимодействует с концентрированной  $\text{HNO}_3$  с образованием оксидов осмия (VIII) и азота (IV). Напишите уравнение реакции.

98. Напишите уравнение реакции  $\text{OsO}_4$  с водой и охарактеризуйте основно-кислотные свойства образующегося соединения.

99. Гексахлорородат (III) натрия получают хлорированием измельченного родия при высокой температуре в присутствии хлорида натрия. Напишите уравнение двух стадий процесса: получения  $\text{RhCl}_3$  и его взаимодействия с  $\text{NaCl}$ . Приведите примеры других соединений родия в его наиболее стабильной степени окисления +3.

100. Наиболее активный из платиновых металлов палладий взаимодействует с концентрированной азотной кислотой при обычных условиях и с концентрированной серной кислотой при нагревании. Напишите уравнения реакций, имея в виду, что образуются соединениях палладий (+2).

101. Палладий взаимодействует с царской водкой с образованием кислоты  $\text{H}_2[\text{PdCl}_6]$ , которая при выпаривании раствора переходит в более устойчивое соединение  $\text{H}_2[\text{PdCl}_4]$ . Напишите уравнения реакций. К какому типу относится вторая из них? Какой вывод можно сделать на основании этих данных о степенях окисления палладия в его соединениях?

102. Палладий восстанавливается до металла из соединения  $\text{K}_2[\text{PdCl}_4]$  гидразином, оксидом углерода (II) и муравьиной кислотой. Напишите уравнения соответствующих реакций.

103. Воздух гаража пропустили через раствор хлорида палладия (II), в котором появился чёрный осадок порошкообразного палладия. О присутствии какого газа в воздухе свидетельствует появление этого осадка? Напишите уравнение реакции.

104. При пропускании через раствор хлорида палладия (II) 10 л азота, содержащего примесь  $\text{CO}$ , масса образовалась 237,5 мг палладия. Вычислите объёмную долю (%) угарного газа в азоте.

105. Один объём палладия поглощает до 900 объёмов водорода, взятого при н.у. Чему равна масса водорода, которую поглощает 1 г палладия? В каком состоянии находится в палладии поглощённый водород – в молекулярном, атомарном, растворённом или химически связанном? Почему палладий, содержащий растворённый водород, разогревается на воздухе?

106. Почему насыщенная водородом пластинка палладия переводит хлор, бром и йод в галогеноводороды, восстанавливает соли железа (III) в соли железа (II) и диоксид серы в сероводород? Напишите уравнения реакций.

107. Напишите уравнение реакции платины с царской водкой, имея в виду, что выделяется эквимольная смесь  $\text{NO} + \text{NO}_2$ . Вычислите объёмы 60%-й  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,37$ ) и 36%-й  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,18$ ), которые необходимы для окисления 100 г платины. Почему платина взаимодействует с царской водкой медленнее, чем золото, хотя в ряду напряжений она расположена левее?

108. Для реакции с платиной мольное соотношение  $\text{HNO}_3:\text{HCl}$  в царской водке должно быть равно 1:3 (реакция идёт с образованием эквимольной смеси  $\text{NO} + \text{NO}_2$ ).

Разработайте рецептуру приготовления такой царской водки, если в лаборатории имеются 1 л 60 %-й азотной кислоты ( $p = 1,37$ ) и достаточный объём 36 %-й соляной кислоты ( $p = 1,18$ ).

109. Гексахлороплатиновая (IV) кислота образуется при взаимодействии платины с царской водкой, с насыщенной хлором соляной кислотой, а также при взаимодействии гидроксида платины (IV) с соляной кислотой. Напишите уравнения реакций и объясните его использование в качественном анализе.

110. При нагревании гексахлороплатината (IV) аммония образуются платина, азот и ещё два газообразных соединения, одно из которых образует белый дым с аммиаком. Вычислите массу платины, общий объём газов и каждого газа в отдельности, получаемых из одного килограмма исходного вещества.

111. Объясните, почему в ряду комплексов  $PtF_6^{2-}$  –  $PtCl_6^{2-}$  –  $PtBr_6^{2-}$  –  $PtI_6^{2-}$  значение константы нестойкости уменьшается, несмотря на увеличение длины связи между комплексообразователем и лигандами.

112. С помощью каких реакций можно получить гидроксид платины (IV) и как он взаимодействует со щелочами и кислотами? Правомерно ли называть это соединение (как это иногда делают) платиновой кислотой?

113. На каком свойстве платины основано её применение для изготовления водородного электрода? Опишите устройство и назначение этого электрода.

114. Почему из платины изготавливают лабораторную химическую посуду и аноды для электролизёров? Можно ли в этой посуде проводить операции с расплавленными щелочами и фторосодержащими соединениями?

115. Опишите физические и химические свойства серебра, его взаимодействие с кислотами. По каким свойствам серебро превосходит другие металлы? Почему серебряные изделия постепенно чернеют? Как этот металл взаимодействует с кислородом, озоном, галогенами, серой?

116. Объясните, почему серебро не взаимодействует с разбавленной серной и соляной кислотами, но взаимодействует с йодоводородной и сероводородной кислотами, а также с соляной, если в ней содержатся цианид-ионы.

117. Из соединений серебра наибольшее значение имеют нитрат, оксид и галогениды. Как получают нитрат серебра из металла и природного соединения аргентита? Как из нитрата получают оксид серебра (I) и галогениды серебра?

118. Объясните, почему в растворе аммиака растворяется хлорид серебра, в растворе тиосульфата натрия – хлорид и бромид, а в растворе цианида калия – все галогениды ( $AgCl$ ,  $AgBr$ ,  $AgI$ ). Какие продукты образуются при растворении? Напишите уравнения реакций.

119. Вычислите концентрацию ионов  $Ag^+$  в 0,1 М растворах хлорида диамминсеребра (I) и дицианоаргентата (I) натрия.

120. Напишите формулы комплексных соединений серебра (I), в которых лигандами являются следующие молекулы и ионы:  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CN^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $S_2O_3^{2-}$ . Определите степень окисления серебра в комплексных соединениях:  $K_6H[Ag(IO_6)_2] \cdot 10H_2O$  и  $Na_6H_3[Ag(TeO_6)_2] \cdot 20H_2O$ .

121. Объясните линейное строение, координационное число, диамагнетизм и бесцветность комплексов  $[Ag(NH_3)_2]^+$ ,  $[Ag(CN)_2]^-$  и  $AgCl_2^-$ .

122. Опишите химические процессы классической фотографии, основанной на использовании одного из галогенидов серебра. Что происходит в момент экспозиции, при проявлении и при закреплении фотографического изображения? Чем отличаются негативные изображения от позитивных?

123. На чём основано использование растворов, содержащих катионы  $Ag^+$ , в медицине и в водоподготовке?

124. С какой целью и как проводится гальваническое серебрение изделий? Почему в этом случае применяется раствор не нитрата серебра, а цианидных комплексных соединений серебра? Серебро при этом выделяется на катоде или на аноде?

125. Какие соединения используются в серебряно-цинковом аккумуляторе, какие реакции идут при его зарядке и разрядке и в каких областях техники используются эти аккумуляторы?

126. Почему из растворов хлорида золота (I) осаждается не гидроксид AuOH, а оксид Au<sub>2</sub>O? Каким образом из оксида золота (I) можно получить оксид золота (III) и провести обратное превращение?

127. В каких реакциях получают тетрахлорозолотую (III) кислоту, из тетра-хлорозолотой (III) кислоты получают гидроксид золота (III), а из этого гидроксида – AuCl<sub>3</sub>, KAuO<sub>2</sub> и Au<sub>2</sub>O<sub>3</sub>? Напишите уравнения этих реакций.

128. Приведите примеры комплексных соединений золота с координационными числами 2 и 4, их названия и соответствующие значения константы нестойкости. Какой из комплексов и почему имеет наименьшее значение константы нестойкости? Какое пространственно-геометрическое строение имеют комплексы золота (+1) и золота (+3)?

129. С какой целью проводят гальваническое золочение изделий? Почему при этом применяется раствор комплексного соединения K[Au(CN)<sub>2</sub>]? Золото выделяется при этом на катоде или на аноде? На поверхность изделия площадью 50 см<sup>2</sup> было нанесено золото методом гальванопластики. Сколько времени проводился электролиз раствора K[Au(CN)<sub>2</sub>] при силе тока 10 А, если толщина покрытия составила 0,1 мкм?

130. Золото очень пластично: из одного грамма золота можно вытянуть проволоку длиной 3,5 км. Вычислите: а) диаметр такой проволоки; б) число атомов, расположенных по диаметру; в) какое число атомов содержится в одном мм проволоки.

131. Для ювелирных изделий, зубных протезов и электроконтактов используются сплавы золота. Содержание золота в сплаве показывает проба. Для установления пробы двух сплавов взяли 18,24 мг первого и 16,52 мг второго; после обработки азотной кислотой массы оказались равны 13,68 мг и 9,63 мг соответственно. Определите пробу первого и второго сплава?

132. Приведите названия, символы, электронные формулы атомов и значения радиуса атомов лантаноидов. Как называется явление уменьшения радиуса атомов этих элементов и как оно отражается на свойствах: а) самих лантаноидов; б) последующих за ними элементов шестого периода?

133. Объясните причину сходства химии лантаноидов. Приведите названия элементов – лантаноидов и их соединений: Sm, Dy, Lu, Nd(OH)<sub>3</sub>, Ce<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Tb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ho(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, YbPO<sub>4</sub>, NaLa(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, K<sub>4</sub>[Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>]·2H<sub>2</sub>O

134. Сходство лантаноидов обычно объясняют тем, что: 1) все они входят в одну и ту же группу Периодической системы; 2) два внешних энергетических подуровня имеют одинаковое электронное строение; 3) орбитали, которые заполняются электронами (4f), экранированы двумя внешними слоями (5d и 6s); 4) атомы близки по размерам; 5) атомы имеют близкие ионизационные потенциалы. Какие из этих причин первичные, а какие вторичные?

135. Каковы общие закономерности нахождения лантаноидов в природе? Какой из них является искусственным элементом и как его получают?

136. Лантаноиды получают из фторидов или оксидов кальций-термическим восстановлением. На примере получения неодима приведите термодинамическое обоснование этого метода. Объяснить, почему лантаноиды не получают электрохимическим восстановлением из растворов солей.

137. Чему равны электродные потенциалы лантаноидов, в какой части ряда напряжений они расположены и как в связи с этим они взаимодействуют с кислотами, щелочами, водой? Какое свойство лантаноидов называется пирофорностью и при каких условиях оно проявляется?

138. Почему для лантаноидов в соединениях характерна степень окисления +3? Атомы каких лантаноидов имеют в соединениях также степени окисления +2 и +4? Привести примеры соответствующих соединений.

139. Как и почему изменяются свойства оксидов в ряду от Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, растворимость и сила оснований в ряду от Ce(OH)<sub>3</sub> до Lu(OH)<sub>3</sub>?

140. Покажите уравнениями реакций: а) основные свойства Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Ce(OH)<sub>3</sub>; б) амфотерность CeO<sub>2</sub> и Ce(OH)<sub>4</sub>; в) окислительные свойства соединений церия (IV).

141. Значение окислительно-восстановительного потенциала полуреакции Ce<sup>4+</sup> + e = Ce<sup>3+</sup> равно 1,44 В. Какие из соединений могут окислять ионы Ce<sup>3+</sup>, а какие восстанавливать ионы Ce<sup>4+</sup>: а) концентрированная HCl; б) FeSO<sub>4</sub>; в) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; г) KMnO<sub>4</sub> в

кислой среде? Напишите уравнения реакций.

142. Гидроксид церия (III) окисляется кислородом воздуха до гидроксида церия (IV). Как взаимодействует полученное вещество с концентрированной соляной кислотой и иодидом калия в среде  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Напишите уравнения реакций.

143. Приведите названия и символы актиноидов. Какие из них присутствуют в земной коре, а какие получают искусственным путём? В чём состоит особенность электронного строения атомов актиноидов? Какие из них по электронному строению атомов и химическим свойствам сходны с лантаноидами, а какие – с d-элементами?

144. С каким из актиноидов связаны такие важные этапы развития науки и техники как открытие радиоактивности, создание атомного оружия и освоение атомной энергии для мирных целей? В каком виде этот элемент находится в природе, и как его получают в металлическом виде?

145. Напишите уравнения реакций, которые используются в технологии получения урана из природных соединений:  $\text{U}_3\text{O}_8 \rightarrow \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{UO}_3 \rightarrow \text{UO}_2 \rightarrow \text{UF}_4 \rightarrow \text{U}$

146. Оксид урана (IV) взаимодействует с концентрированной серной кислотой с образованием сульфата урана (IV), а концентрированной азотной кислотой окисляется, образуя нитрат диоксоурана(VI) – нитрат уранила. Напишите уравнения соответствующих реакций.

147. Оксид урана (VI) взаимодействует с  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и с  $\text{HNO}_3$  с образованием солей катиона  $\text{UO}_2^{2+}$  (катион уранила), а при сплавлении с  $\text{NaOH}$  – с образованием ураната (VI) натрия. Напишите уравнения реакций.

148. Как экспериментально доказать, что  $\text{U}_3\text{O}_8$  является двойным оксидом  $\text{UO}_2 \cdot 2\text{UO}_3$ ? Как можно записать формулу этого вещества в виде соли?

149. Чем отличаются по основно-кислотным свойствам оксиды урана  $\text{UO}_2$  и  $\text{UO}_3$ ? Чем является  $\text{U}_3\text{O}_8$  – оксидом или солью? Напишите уравнения реакций, иллюстрирующие свойства  $\text{UO}_2$ ,  $\text{UO}_3$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$ .

150. Одно из соединений урана с фтором при  $56^\circ\text{C}$  переходит из твёрдого состояния в газообразное. При  $100^\circ\text{C}$  и давлении  $98\text{ кПа}$   $50\text{ г}$  этого газа занимают объём  $4,5\text{ л}$ . Установите формулу соединения. Какое практическое значение имеет это соединение?

151. Гексафторид и гексахлорид урана гидролизуются с образованием галогеноводородных кислот и соединений, содержащих катион уранила. Напишите уравнения реакций гидролиза.

152. Опишите нахождение тория в земной коре, способы его получения, его свойства и применение тория и его соединений. Почему торий может быть использован в атомной энергетике?

153. Как получают не существующие в природе трансурановые элементы? Покажите на примерах получения плутония, америция, калифорния и ещё одного элемента по собственному выбору.

154. Для всех благородных газов напишите: 1) символы и названия элементов; 2) атомные номера; 3) формулу валентных электронов; 4) радиусы атомов; 5) ионизационные потенциалы; 6) степени окисления в соединениях. Объясните, почему эти элементы, в отличие от других газов (водорода, азота, кислорода и галогенов), не образуют двухатомных молекул.

155. Чему равно содержание каждого благородного газа в воздухе, как их выделяют из воздуха и проводят их разделение? Вычислите теоретический объём воздуха, который необходим для получения: а)  $1\text{ л}$  гелия; б)  $100\text{ л}$  неона; в)  $1\text{ м}^3$  аргона, г)  $100\text{ мл}$  ксенона.

156. Какие оксиды и кислоты образует ксенон, как их получают и каковы их свойства?

157. Приведите примеры ксенатов и перксенатов, опишите их получение и свойства. Напишите уравнения реакций ксената и перксената бария с разбавленной и концентрированной соляной кислотой и их разложения при нагревании.

158. Как можно объяснить строение молекул соединений ксенона:  $\text{XeF}_6$  – октаэдрическое,  $\text{XeO}_4$  – тетраэдрическое,  $\text{XeF}_4$  – форма плоского квадрата,  $\text{XeF}_2$  – линейная форма?

1. Редкие элементы. Рассеянные элементы. Значение редких элементов и их соединений для современной науки и техники.

2. Химические и физико-химические методы определения рубидия и цезия, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

3. Химические и физико-химические методы определения серебра и золота, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

4. Особенности координационной химии серебра и золота.

5. Химические и физико-химические методы определения бериллия, основанные на его химических свойствах и электронном строении атома.

6. Химические и физико-химические методы определения галлия, индия, таллия, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

7. Химические и физико-химические методы определения иттрия, лантана и актиния, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

8. Химические и физико-химические методы определения лантаноидов, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

9. Особенности координационной химии лантаноидов.

10. Особенности УФ/вид спектров комплексных ионов лантаноидов в водном растворе.

11. Химические и физико-химические методы определения актиноидов, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

12. Особенности координационной химии урана, нептуния и плутония.

13. Химические и физико-химические методы определения германия, основанные на его химических свойствах и электронном строении атома.

14. Химические и физико-химические методы определения титана, циркония, гафния основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

15. Химические и физико-химические методы определения ванадия, ниобия, тантала, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

16. Химические и физико-химические методы определения молибдена и вольфрама, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

17. Особенности координационной химии молибдена и вольфрама.

Гетерополикислоты.

18. Химические и физико-химические методы определения технеция и рения, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

19. Особенности координационной химии технеция и рения. Кластерные полиядерные комплексы.

20. Химические и физико-химические методы определения платиновых металлов, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.

21. Особенности координационной химии платиновых металлов. Изомерия комплексов.

22. Физико-химические методы определения инертных газов, основанные на их химических свойствах и электронном строении атомов.