

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. М. ГОРЬКОГО

# НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум для студентов 3 курса  
химического факультета  
Направление 510500 «Химия»  
Специальность 011000 «Химия»



Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2005

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Неорганическая химия – наиболее объемный раздел химии, поскольку включает химию подавляющего большинства из известных на сегодня 110 химических элементов. Именно поэтому возникают объективные проблемы как в понимании и освоении ее фундаментальных закономерностей, так и в их применении для описания и прогнозирования свойств неорганических соединений.

Методология неорганической химии, ее теоретический фундамент непрерывно эволюционирует, совершенствуется. Здесь уместно процитировать слова Роберта Л. Уэбера (Наука с улыбкой. М., 1992): «Неловко вспоминать, сколько студентов мы провалили по химии за незнание того, что, как мы позже выяснили, оказалось неправдой...»

Для облегчения усвоения основных положений столь сложной науки курс неорганической химии был разделен на две части. Это едва ли не первый в классических университетах России подобный опыт.

В первой части курса (2-й семестр) рассматриваются свойства элементов главных подгрупп Периодической системы Д. И. Менделеева (s- и p-элементов) и свойства 3d-элементов (элементов побочных подгрупп 4 периода). Вторая часть курса (6-й семестр) включает химию 4d- и 5d-элементов и химию f-элементов.

Перенос части курса неорганической химии на 6-й семестр обусловлен, во-первых, тем, что возрастные особенности студентов первого года обучения не позволяют им в полной мере осваивать большой по объему курс неорганической химии, вследствие чего ее изучение сводится зачастую к механическому заучиванию фактического материала, который быстро забывается. Во-вторых, в современной науке и практике в первую очередь востребовано знание химии элементов побочных подгрупп Периодической сис-

Составители:

Л. И. Балдина, А. Ф. Гусева, И. Н. Атманских, Н. А. Кочетова

Под редакцией А. Я. Неймана

## СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Тема 1

#### **Общие закономерности в изменении свойств химических элементов главных подгрупп Периодической системы Д. И. Менделеева, 3d-элементов и их характеристических соединений**

Периодический закон Д. И. Менделеева – основа химической систематики. Химические элементы, их классификация по строению электронной оболочки (s-, p-, d-, f-элементы) и по свойствам изолированных атомов химических элементов (металлы, неметаллы и инертные элементы).

Закономерности в изменении свойств атомов химических элементов, обусловленных составом ядра: атомной массы, изотопного состава (моноизотопные элементы) и распространенности в природе (редкие, рассеянные элементы).

Закономерности в изменении свойств изолированных атомов химических элементов, обусловленных строением электронной оболочки: величин радиусов, ионизационных потенциалов, сродства к электрону. Групповая и типовая аналогии. Электронная аналогия, кайносимметрия. Внутренняя и вторичная периодичность.

Закономерности в изменении свойств связанных атомов химических элементов, обусловленных строением электронной оболочки: величины электроотрицательности, характера химических связей в соединениях, значений валентности и характеристических степеней окисления и состава характеристических соединений – летучих водородных, оксидов, галогенидов и гидроксидов. Диаграммы Латимера (см. Приложение). Природные соединения химических элементов.

Простые вещества как гомоатомные химические соединения. Классификация простых веществ по физическим и химическим свойствам: металлы и неметаллы. Граница Цинтля. Типы химической связи, кратные связи. Основные типы кристаллических структур простых веществ, кристаллохимическое правило Юм – Розери.

темы Д. И. Менделеева. Изучение этих разделов неорганической химии, понимание новых закономерностей в изменении свойств d- и f-элементов в группах и периодах Периодической системы Д. И. Менделеева требует от студентов более высокого уровня физико-химической подготовки, более организованного мышления и способности обобщать и сопоставлять химические факты, свойства, методы.

Вторая часть курса неорганической химии, так же как и первая, включает лекционные, семинарские и лабораторные занятия и строится таким образом, чтобы дать студентам представление о свойствах соединений химических элементов, основанное на Периодическом законе Д. И. Менделеева, с использованием современных сведений о строении вещества и других химических теорий. В данном курсе уделяется внимание проблеме распространенности и распределения элементов в земной коре, принципам переработки минерального сырья, а также оценке практического значения элементов и их соединений. У студентов формируется представление о современном состоянии и путях развития неорганической химии, о ее роли в получении неорганических веществ с заданными свойствами, создании современных технологий, о химических процессах, происходящих в природе и повседневной жизни. Курс неорганической химии имеет фундаментальное значение в становлении специалиста широкого профиля, химика-исследователя и химика-преподавателя.

Лабораторные работы второй части курса, в отличие от работ первой части, делятся на два типа:

- работы по изучению свойств веществ;
- работы по синтезу чистых неорганических веществ.

Так как работы по синтезу неорганических веществ студентами ранее не проводились, они требуют особого внимания. Для этого в практикуме подробно изложены методики синтеза различных неорганических веществ, образованных 4d- и 5d-элементами.

Закономерности в изменении физических свойств простых веществ: плотности при стандартных условиях, энтальпии атомизации, температур плавления и кипения, электрических, магнитных, оптических и механических свойств.

Общие закономерности в изменении реакционной способности простых веществ по отношению к кислороду, водороду, галогенам, металлам, воде, растворам кислот и щелочей. Общие способы получения простых веществ.

Бинарные химические соединения. Классификация бинарных соединений. Кристаллохимическое строение бинарных соединений. Постоянство и переменность состава. Оксиды. Водородные соединения. Галогениды. Принципы получения индивидуальных веществ.

Многоэлементные химические соединения. Классификация соединений по доминирующему типу химической связи. Гидроксиды как характеристические соединения, их кислотные и окислительно-восстановительные свойства. Соли кислородсодержащих кислот. Принципы получения индивидуальных веществ. Комплексные соединения.

## Тема 2

### Подгруппа скандия Периодической системы

#### Д. И. Менделеева и 4f-элементы

Общая характеристика подгруппы скандия и 4f-элементов (редкоземельных элементов РЗЭ). Нахождение РЗЭ в природе, изотопный состав. Цериевая и иттриевая группы. Положение в Периодической системе, строение атомов, изменение атомных и ионных радиусов, энергий ионизации, характеристические степени окисления и координационные числа атомов. Лантанидное сжатие.

Сравнение физических свойств простых веществ подгруппы скандия, галлия, лантанидов и щелочноземельных металлов: энергии атомизации, температур плавления, оптических и магнитных свойств.

Химические свойства простых веществ подгруппы скандия и лантанидов, методы получения. Сложные соединения РЗЭ. Закономерности в строении, свойствах и методах получения оксидов.

Гидроксиды, галогениды и соли кислородсодержащих кислот в степени окисления +3. Гидриды. Комплексные соединения: координационные числа, устойчивость. Использование комплексных соединений для разделения РЗЭ (экстракция, ионный обмен). Соединения лантанидов в степени окисления +2 и +4. Применение РЗЭ.

Другие способы разделения редкоземельных элементов: дробные кристаллизация и осаждение.

#### *Задания для самостоятельной работы*

1. На основании электронного строения атомов объясните изменение атомных радиусов и потенциалов ионизации валентных электронов в ряду элементов подгруппы скандия.

2. Сравните свойства химических элементов подгруппы скандия и подгруппы галлия.

3. Чем объяснить, что для редкоземельных элементов степень окисления +3 является характеристической? Каковы электронные конфигурации ионов  $\text{Ln}^{3+}$ ? Атомы каких редкоземельных элементов могут иметь степень окисления +2, +4? Какова периодичность в проявлении тех или иных степеней окисления? Почему европий находится в природе в минералах на основе кальция, но редко встречается вместе с другими лантанидами?

4. Объясните, чем обусловлено химическое сходство лантанидов (4f-элементы) и лантана (5d-элемент). Сравните общие электронные формулы элементов подгруппы скандия и лантанидов. Объясните, по какому признаку РЗЭ делятся на цериевую и иттриевую группы.

5. Рассмотрите причину и следствия лантанидного сжатия.

6. Сравните типы структур простых веществ редкоземельных металлов. Объясните, как изменяются энергия атомизации и температура плавления этих металлов.

7. Как ведут себя редкоземельные металлы при нагревании на воздухе и в чистом кислороде? Ответ обоснуйте и проиллюстрируйте уравнениями химических реакций. Как следует хранить большинство редкоземельных металлов?

8. Рассмотрите условия взаимодействия редкоземельных металлов с простыми веществами – неметаллами и состав образующихся продуктов.

9. Учитывая значение стандартных электродных потенциалов редкоземельных металлов, сделайте вывод об их способности взаимодействовать с водой и водными растворами кислот с окисляющими и неокисляющими анионами при стандартных условиях и условиях, отличающихся от стандартных. Составьте уравнения соответствующих реакций. Какой фактор определяет скорость этих реакций? С какими кислотами не взаимодействуют рассматриваемые металлы? Почему?

10. Охарактеризуйте кристаллохимическую структуру, физические и кислотно-основные свойства  $\text{Ln}_2\text{O}_3$ . При нагревании  $\text{Ln}_2\text{O}_3$  с оксидами, карбонатами, нитратами лития и натрия при 400–1000 °С образуются соединения состава  $\text{Li}\text{ЭО}_2$  и  $\text{Na}\text{ЭО}_2$ . Составьте уравнения происходящих реакций. О каких свойствах оксидов свидетельствуют эти реакции?

11. Какие из общих способов получения оксидов металлов можно использовать для их синтеза? Укажите, какие оксиды получают при термическом разложении на воздухе гидроксидов, оксалатов, нитратов и карбонатов церия (III) и празеодима (III). Предложите методику выделения церия из смеси оксидов лантана (III), церия (III), неодима (III).

12. Укажите изменение растворимости в ряду гидроксидов  $\text{Ce}(\text{OH})_3 - \text{Lu}(\text{OH})_3$  и основных свойств этих гидроксидов. Какой гидроксид будет осаждаться в первую очередь при прибавлении раствора гидроксида натрия к смеси растворов солей лантанидов (III):  $\text{Ce}(\text{OH})_3$  или  $\text{Lu}(\text{OH})_3$ ?

13. Для какого иона в ряду  $\text{Ce}^{3+} - \text{Lu}^{3+}$  равновесие  $[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_n]^{3+} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow [\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_{n-1}(\text{OH})]^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$  сильно сдвинуто вправо?

14. Используя диаграммы Латимера для лантанидов, укажите, какие из ионов способны восстанавливать или окислять воду. Составьте уравнения соответствующих реакций.

15. Составьте уравнения реакций взаимодействия:

а) хлорида самария (II) с раствором перманганата калия, подкисленным соляной кислотой (почему этой кислотой?);

б) нитрата церия (III) с пероксодисульфатом аммония, подкисленным азотной кислотой;

в) сульфата церия (IV) с сульфатом железа (II) в кислой среде;

г) хлорида церия (III) с хлоратом калия в щелочной среде;

д) сульфата европия (II) с дихроматом калия в кислой среде;

е) хлорида иттербия (II) с гипохлоритом калия в кислой среде.

16. На каком свойстве европия основано его отделение от других редкоземельных элементов? Предложите методику выделения металлического европия из смеси оксидов празеодима (III), неодима (III), европия (III).

17. Насколько справедливо утверждение, что с химической точки зрения редкоземельные элементы имеют некоторое сходство со щелочноземельными металлами? При подготовке ответа для элементов бария, лантана и церия заполните следующую таблицу:

Элемент	$R_d$ , нм	$I_1$ , эВ	$E_0^{n+/3}$ , В	Отношение к $\text{H}_2\text{O}$	Отношение к $\text{O}_2$	Свойства гидроксида	
						PP	$K_{\text{осн}}$

18. С лигандами какого типа образуют комплексные соединения редкоземельные элементы? Объясните следующие факты:

а) этилендиаминтетрауксусная кислота образует более устойчивые комплексные соединения с ионами лютеция (III), чем с ионами лантана (III);

б) водные растворы ионов лютеция (III) на катионообменных смолах в кислой среде адсорбируются слабее, чем соответствующие соединения лантана (III).

19. Объясните, какие особенности следующих веществ позволяют использовать их на практике.

– Из сплавов  $\text{SmCo}_5$ ,  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  изготавливают мощные постоянные магниты.

– Гидриды лантанидов используют как перспективные аккумуляторы водорода.

– Редкоземельные металлы используют в металлургии как раскислители и легирующие добавки к чугунам и сталям.

– Оксиды редкоземельных элементов являются компонентами окрашенных стекол (оксид неодима придает фиолетовый оттенок, эрбия – розовый, празеодима – зеленый, церия (IV) – желтый).

– Твердые растворы  $\text{ZrO}_2 - \text{Ln}_2\text{O}_3$  используются как поделочные камни – фианиты.

### Тема 3

#### Ранние 4d- и 5d-элементы

Сходство свойств ранних 4d- и 5d-элементов и форм их соединений, их особенности.

Положение ранних 4d- и 5d-элементов в Периодической системе Д. И. Менделеева. Закономерности в изменении изотопного состава природной смеси элементов. Электронные конфигурации элементов, их особенности. Сопоставление величин атомных радиусов, потенциалов ионизации, ОЭО, степеней окисления, координационных чисел атомов ранних 4d- и 5d-элементов. Природные соединения элементов.

Строение, физические и химические свойства простых веществ. Методы получения, области применения простых веществ.

Сопоставление строения и свойств высших характеристических оксидов  $\text{Э}_2\text{O}_n$  и соответствующих им гидроксидов (гидратов). Изменение их кислотно-основных свойств и окислительно-восстановительной способности в подгруппах и периодах. Характеристика катионных и анионных форм соединений элементов в высшей степени окисления. Галогениды, их отношение к воде. Комплексные соединения элементов. Конденсация оксоанионов: изо- и гетерополисоединения. Пероксосоединения. Сульфиды, тиосоли.

Соединения ранних 4d- и 5d-элементов в низких степенях окисления. Кластеры, «сини», «бронзы», карбонилы. Кратные связи металл – металл. Соединения внедрения, водородные соединения.

#### Задания для самостоятельной работы

1. Объясните, почему ранние d-элементы пятого и шестого периодов в природе находятся совместно в одних и тех же минералах. Есть ли исключение из этого правила?

2. Почему, несмотря на отрицательные значения электродных потенциалов, ранние 4d- и 5d-металлы IV–V групп Периодической системы Д. И. Менделеева не взаимодействуют при стандартных условиях ни с водой, ни с разбавленной серной кислотой? Чем объяснить, что металлы IV–V групп легче всего растворяются в смеси азотной и плавиковой кислот, а технеций и рений – в горячей азотной кислоте, рений – в 30 %-м растворе пероксида

водорода? Составьте уравнения соответствующих реакций для металлов шестого периода.

3. Объясните, какие из рассматриваемых металлов и при каких условиях взаимодействуют со щелочами. Составьте уравнения реакций.

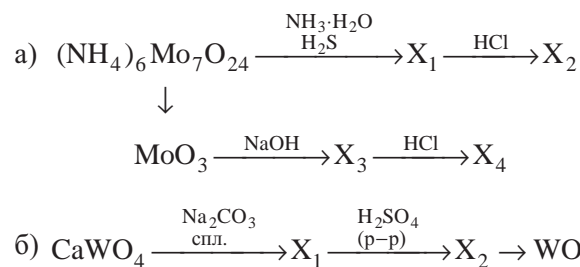
4. Смесь метатитаната кальция и ортосиликата циркония обработали избытком концентрированной серной кислоты при нагревании. Предложите дальнейший путь разделения титана и циркония и получения чистых металлов. Напишите уравнения всех реакций и укажите условия их проведения.

5. Объясните, какие кристаллохимические структуры характерны для высших оксидов ранних 4d- и 5d-металлов. Как изменяются температура плавления, их устойчивость к нагреванию и кислотно-основные свойства в периодах и подгруппах? Проиллюстрируйте примерами.

6. Как можно перевести в растворимое состояние  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  и  $\text{ZrO}_2$ ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

7. Объясните, как изменяется прочность химической связи Э – О и устойчивость оксо-ионов в периоде и подгруппе в ряду ранних 4d- и 5d-металлов. Какие формы оксо-ионов для них характерны?

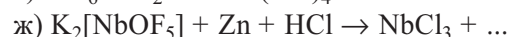
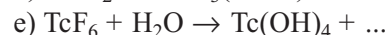
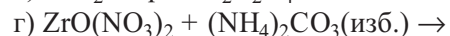
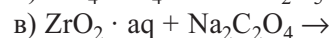
8. Напишите уравнения реакций следующих превращений, используя минимальное число стадий; укажите условия проведения реакций:



9. Назовите состав и строение соединений, описание внешнего вида которых выделено курсивом. Вольфрам нагревают в токе кислорода до прекращения взаимодействия. Продукт реакции – *лимонно-желтый порошок* – разделяют на две части. Первую часть сплавляют с твердым едким натром и затем подвергают сильному

нагреванию с металлическим натрием. При этом образуется *ярко окрашенное блестящее вещество*. Вторую часть продукта реакции растворяют в водном растворе гидроксида натрия и раствор медленно подкисляют до  $\text{pH} \approx 4$ . При этом образуются почти *бесцветные кристаллы*, в которых отношение  $\text{Na} : \text{W}$  составляет 10 : 12. Осадок затем снова растворяют в щелочи и к раствору добавляют раствор фосфата натрия, уменьшая при этом  $\text{pH}$ . В образовавшемся *кристаллическом осадке* отношение  $\text{P} : \text{W}$  составляет 1 : 2. Составьте уравнения всех описанных реакций.

10. Составьте уравнения реакций:



11. Используя соответствующие диаграммы Латимера, объясните, какие из рассматриваемых элементов в промежуточной степени окисления способны диспропорционировать в кислой или щелочной среде. Ответ проиллюстрируйте уравнениями химических реакций.

12. Объясните, для каких элементов характерно образование кластерных соединений в низшей степени окисления. Какова истинная природа так называемых диалогенидов молибдена и вольфрама?

13. При восстановлении пентахлорида ниобия металлическим кадмием образуется вещество состава  $\text{Nb}_n\text{Cl}_x$ , содержащее 47,1 масс. % хлора. Раствор, содержащий 11,81 г  $\text{Nb}_n\text{Cl}_x \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , при взаимодействии с избытком нитрата серебра дает 2,87 г осадка. Определите состав и строение  $\text{Nb}_n\text{Cl}_x$ . Составьте уравнения всех упомянутых реакций.

14. Какие особенности следующих соединений позволяют использовать их на практике?

– Дисульфид молибдена применяют как высококачественную смазку в двигателях внутреннего сгорания.

– Вольфрам используют для изготовления нитей накаливания в электрических лампах.

– Из карбида вольфрама изготавливают режущие части сверл, которые применяются для сверления кирпича и бетона.

– Сплав ниобия с танталом (1 : 9) используют в ракетостроении и космической технике.

– Из тантала изготавливают изделия медицинского назначения (иглы для шприцев, нити для сшивания тканей и т. д.).

– Рений используют для изготовления высокотемпературных термопар, контактов в радиоэлектронике.

– Цирконий используют как конструкционный материал ядерных реакторов.

## Тема 4

### Платиновые металлы

Особенность восьмой группы Периодической системы Д. И. Менделеева. Деление d-элементов восьмой группы на семейства железа и платиновых металлов. Триады железа, палладия и платины. Платиновые металлы: изотопный состав, распространенность в природе. Сравнение электронной конфигурации, величин радиусов, энергии ионизации, характеристических степеней окисления и координационных чисел элементов платиновых металлов и подгруппы железа.

Элементы подгруппы платины: рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина. Диаграммы Латимера (ВЭ – СО). Сопоставление свойств соединений рутения, осмия, платины в различных степенях окисления. Закономерности в физических и химических свойствах простых веществ. Изменение температур плавления и кипения, плотности в горизонтальных триадах и вертикальных диадах. Условия образования химических соединений. Отношение металлов к кислотам и щелочам. Отношение платины и палладия к водороду. Получение простых веществ.

Химические соединения платиновых металлов. Закономерности в изменении устойчивости характеристических степеней окисления в соединениях платиновых металлов. Соединения рутения

и осмия в степени окисления +8 (оксиды, галогениды, гидроксиды, соли). Соединения родия и рутения в степени окисления +3 (оксиды, гидроксиды и соли). Соединения иридия, платины и палладия в степени окисления +4 (оксиды, галогениды, гидроксиды, соли). Сравнение состава и свойств соединений в степени окисления +6 платиновых металлов и железа. Фториды платины.

Комплексные соединения платиновых металлов: типы, изомерия, влияние природы лиганда и электронной конфигурации центрального атома на строение комплексного иона. Термодинамическая и кинетическая устойчивость комплексных соединений. Применение простых веществ и соединений платиновых металлов.

### Задания для самостоятельной работы

1. Объясните, какие виды периодичности проявляются в восьмой группе, побочной подгруппе Периодической системы Д. И. Менделеева. Какой вид периодичности преобладает?

2. Составьте перечень характеристических степеней окисления платиновых металлов. Какие из металлов могут быть окислены до степени окисления, равной номеру группы? Чем объяснить различие в значении наиболее устойчивых характеристических степеней окисления атомов платиновых металлов?

3. Почему химическая активность металлов резко понижается при переходе от элементов семейства железа к элементам семейства платиновых металлов, хотя ионизационные потенциалы при этом изменяются мало?

4. С помощью уравнений реакций опишите следующие наблюдения. На сплав палладия и платины подействовали раствором азотной кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>. Образовавшийся раствор отфильтровали, а оставшуюся часть сплава растворили в царской водке.

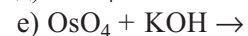
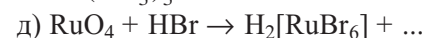
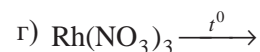
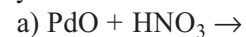
5. Объясните следующие экспериментальные факты. При хлорировании смеси хлорида натрия и мелкоизмельченного платинового металла (родия, иридия, палладия или платины) при температуре красного каления образуются окрашенные кристаллы, растворимые в воде.

6. Объясните, почему платиновые тигли или чашки лучше прокаливать в электропечах, а не на газовых горелках.

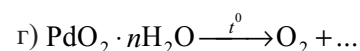
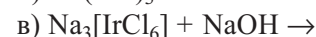
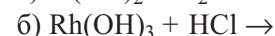
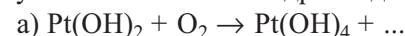
7. Какой тигель более пригоден для проведения реакций в расплавах гидроксидов щелочных металлов – платиновый или никелевый?

8. Объясните, можно ли, не опасаясь коррозии, использовать платиновые электроды при электролизе водных растворов серной и соляной кислот, хлорида натрия, расплава гидроксида калия.

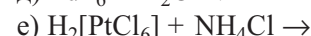
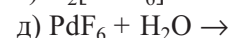
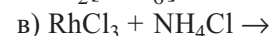
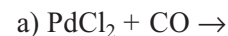
9. Закончите уравнения реакций, иллюстрирующие методы получения и химические свойства платиновых металлов:



10. Закончите уравнения реакций, иллюстрирующих методы получения и свойства гидроксидов платиновых металлов:



11. Закончите уравнения реакций, иллюстрирующие методы получения и химические свойства простых и комплексных галогенидов платиновых металлов:



12. Дайте объяснение следующим реакциям и напишите их уравнения:

а) Взаимодействие между гексафторидом платины и кислородом приводит к образованию соединения с общей формулой  $\text{F}_6\text{O}_2\text{Pt}$ . Магнитный момент этого соединения свидетельствует о на-



личии двух неспаренных электронов. При взаимодействии этого соединения с фторидом калия образуется гексафтороплатинат (V), а гидролиз водяным паром приводит к образованию гексафтороплатиновой кислоты, гидратированного диоксида платины и молекулярного кислорода.

б) При взаимодействии ксенона с шестифтористой платиной образуется желто-оранжевый осадок, возгоняющийся в вакууме. Взаимодействие продукта этой реакции с водяным паром приводит к образованию гидратированного оксида платины (IV), ксенона и кислорода.

13. Какие соединения называют карбонилами? Какие степени окисления имеют металлы в данных соединениях? Какие платиновые металлы образуют простейшие карбонилы? Приведите примеры таких соединений. Предскажите их состав, магнитные свойства и пространственную структуру. С позиций метода валентных связей объясните характер химических связей в карбонилах.

14. Какие типы изомерии можно проиллюстрировать с помощью следующих соединений:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Br}_2$  и  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2]\text{Cl}_2$ ;  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ;  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_6]$  и  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2][\text{PtCl}_4]$ ? Напишите название всех соединений.

15. Объясните следующие экспериментальные факты:

а) При добавлении к раствору  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  раствора  $\text{NH}_3$  и действию на раствор  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  соляной кислотой выпадают осадки одинакового состава, но различной окраски. Первый осадок оранжево-желтого, а второй – светло-желтого цвета.

б) Электропроводность водного раствора  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  сразу после его приготовления очень мала, но постепенно увеличивается при хранении.

16. Какие особенности следующих веществ позволяют использовать их на практике?

– Из платины делают химическую посуду и детали химической аппаратуры, работающие в агрессивных средах при повышенных температурах.

– Из сплава платины с родием (10 %) изготавливают платиново-родиевые термпары, пригодные для измерения при высоких температурах.

– Платина используется в качестве катализатора процессов окисления (например, в производстве азотной и серной кислот).

– Палладий применяют для глубокой очистки водорода и в качестве катализатора в реакциях с участием водорода.

– Иридий, рутений и родий применяют для нанесения защитных покрытий на электрические контакты.

– Из сплавов платиновых металлов изготавливают ювелирные изделия.

– Хлорид палладия (II) используют для обнаружения в газовых смесях монооксида углерода.

## Тема 5

### 4d- и 5d-металлы первой и второй групп Периодической системы Д. И. Менделеева

Сопоставление электронных конфигураций, величин радиусов, потенциалов ионизации, ОЭО, характеристических степеней окисления и координационных чисел атомов элементов I – II А и I – II Б групп.

Закономерности в изменении изотопного состава природной смеси 4d- и 5d-элементов первой и второй групп Периодической системы Д. И. Менделеева. Природные соединения элементов.

Сопоставление физических и химических свойств рассматриваемых элементов. Принципы получения простых веществ, аффинаж золота, понятие о пробе.

Характеристические соединения элементов в степени окисления (I) и (II): диспропорционирование ионов Me (I), сопоставление строения и свойств характеристических соединений (оксидов, гидроксидов, галогенидов). Кислородсодержащие соли, различие в устойчивости, растворимости. Комплексные соединения (аммиакаты, цианиды, галогениды): координационные числа, зависимость формы координационного полиэдра от электронной конфигурации центрального атома и природы лиганда. Строение и свойства соединений серебра и золота со степенями окисления (III). Применение металлов и сплавов, соединений элементов.

### Задания для самостоятельной работы

1. Чем можно объяснить, что элементы пятого периода II A и II B групп ближе между собой по свойствам, чем элементы I A и I B групп, хотя элементы главной и побочной подгруппы в каждой из этих групп имеют одинаковые электронные конфигурации внешних слоев?

2. Объясните возможность проявления у 4d- и 5d-элементов первой группы степени окисления больше +1 и проявления переменной степени окисления у ртути в отличие от кадмия.

3. В виде каких соединений встречаются рассматриваемые металлы в природе? Какие химические процессы лежат в основе технологии получения этих металлов из природного сырья?

4. Объясните следующие экспериментальные данные. Если в раствор цианида натрия поместить крупинки золота и через раствор пропускать воздух, наблюдается растворение золота. При внесении в полученный раствор металлического цинка золото выпадает в осадок. Почему золото легко окисляется в присутствии цианид-ионов, в то время как такой сильный окислитель металлов, как азотная кислота, на золото не действует? Какое практическое значение имеет реакция растворения золота в растворе цианида натрия?

5. Чем объясняется потемнение серебряных предметов на воздухе? Почему ртуть может быть растворена в концентрированном растворе йодоводородной кислоты?

6. Объясните, почему пролитую металлическую ртуть обрабатывают порошкообразной серой или концентрированным водным раствором трихлорида железа.

7. Для очистки металлической ртути от примесей цинка, сурьмы и свинца ртуть взбалтывают с насыщенным раствором сульфата ртути. Объясните сущность протекающих при этом реакций.

8. Сравните химические свойства (кисотно-основные, окислительно-восстановительные, термическую устойчивость) оксидов и галогенидов серебра, золота и ртути в степени окисления +1. Составьте уравнения реакций, иллюстрирующие описываемые свойства.

9. Почему растворы солей ртути (I) хранят над металлической ртутью, а растворы серебра – в склянках из темного стекла?

10. Объясните следующие наблюдения. При действии сероводорода на растворы, содержащие соответственно ионы  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  и  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ , выпадает черный осадок. Действие йодида калия вызывает выделение желтого осадка только из первого раствора. При добавлении же хлорида натрия образование осадков не происходит. Чем объяснить различие в устойчивости комплексов?

11. Как и почему изменяются устойчивость и кислотно-основные свойства в ряду оксидов и гидроксидов кадмия и ртути (II)? В каком из разбавленных растворов солей (концентрации одинаковы) pH ниже: сульфата кадмия или сульфата ртути (II)?

12. Рассмотрите особенности процессов, протекающих при добавлении к растворам нитратов кадмия и ртути (II) горячего раствора соды.

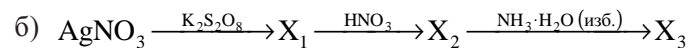
13. Чем объясняется плохая электропроводимость водных растворов йодида кадмия, хлорида ртути (II) и некоторых других солей ртути (II)?

14. Аналогичны ли по своей природе и составу продукты, образующиеся при пропускании аммиака в растворы хлоридов кадмия и ртути (II); при действии сухого аммиака на безводные хлориды этих металлов?

15. Составьте уравнения реакций следующих превращений, укажите условия их проведения:

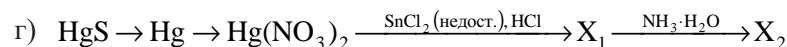
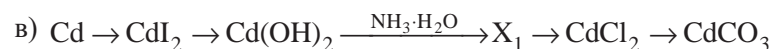


↓



↓

↓



16. Каковы кислотно-основные свойства бинарных соединений золота (III)? Составьте уравнения реакций гидролиза хлорида золота (III), взаимодействия оксида золота (III) и гидроксида золота (III) с кислотами и щелочами, взаимодействия тригалогенидов золота с галогенидами щелочных металлов.

17. Объясните следующие экспериментальные наблюдения. При действии на золото фторидом криптона (II) образуется кристаллическое вещество красно-коричневого цвета. Это вещество взаимодействует с фторидом щелочного металла, является сильным окислителем. В обоснование ответа приведите уравнения химических реакций.

18. Какие особенности следующих веществ позволяют использовать их на практике?

– Из серебра изготавливают лабораторную и столовую посуду, части заводской аппаратуры.

– Золото и серебро используют для изготовления контактов в микроэлектронике.

– Из золота, серебра и их сплавов делают предметы роскоши, монеты, медали, зубные протезы и др.

– Золото является основой денежной системы многих стран, поэтому большие его количества хранятся в банках для обеспечения выпущенных в обращение бумажных денег.

– Соединения серебра используют при изготовлении зеркал и елочных украшений.

– Труднорастворимые галогениды серебра (I) используют в «серебряной фотографии».

– Хлорид серебра (I) и каломель используют при электрохимических измерениях.

– Значительные количества кадмия применяют для нанесения защитных покрытий на железные и стальные изделия.

– Кадмий входит в состав сплавов, применяемых как припой.

– В ядерной технике из кадмия изготавливают регулирующие стержни в атомных реакторах.

– Ртуть используют как рабочее жидкое вещество в термометрах, барометрах, манометрах.

– Ртутные электроды используют при электролизе водных растворов хлорида натрия.

– Как и сульфид цинка, сульфид кадмия является основой лучших неорганических люминофоров, а также используется для изготовления красок.

– Щелочной раствор тетрагидродигидратата (II) калия представляет собой реактив Несслера.

## Тема 6

### Актиниды и трансурановые элементы

Актиниды. Закономерности в изменении электронной конфигурации, величин радиусов, энергии ионизации, характеристических степеней окисления, координационных чисел актинидов подгруппы тория и берклия. Основные типы соединений актинидов.

Нахождение в природе. Физические и химические свойства простых веществ (взаимодействие с неметаллами, водой, кислотами, щелочами). Получение урана и тория. Применение урана и других актинидов. Сопоставление химических свойств лантанидов и актинидов.

#### *Задания для самостоятельной работы*

1. Чем объясняется непоследовательное изменение электронных конфигураций в ряду актинидов?

2. Как объяснить, что лантаниды (4f-элементы) по химическим свойствам различаются между собой меньше, чем актиниды (5f-элементы)?

3. Как объяснить, что максимально возможная степень окисления 5f-элементов выше, чем 4f-элементов? Сравните устойчивые степени окисления Nd и U, Pm и Np, Sm и Pu.

4. Как и почему изменяется активность металлов семейства актинидов по мере увеличения заряда ядра? Каковы отличия в реакциях актинидов, по сравнению с лантанидами, при взаимодействии с неметаллами, с водой и кислотами (с окисляющими и неокисляющими анионами)?

5. Какие соединения актинидов наиболее близки по свойствам к соединениям лантанидов, в каких реакциях проявляется их различие?

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

### Рекомендации к оформлению отчетов по лабораторным работам

6. В ряде вариантов Периодической системы уран помещался в шестую группу (в подгруппу хрома). На каком основании? Какие свойства соединений урана свидетельствуют против такого размещения элемента в Периодической системе?

7. Какие элементы называются трансурановыми? Какие элементы из актиноидов встречаются в природе? Какое свойство соединений тория используется для отделения его от редкоземельных элементов?

8. Объясните, как изменяется гидролизуемость ионов  $\text{Pu}^{3+}$ ,  $\text{Pu}^{4+}$ ,  $\text{PuO}_2^+$ ,  $\text{PuO}_2^{2+}$ .

9. Запишите уравнения реакций основных стадий щелочного вскрытия монацита. Монацит обрабатывают кипящим концентрированным раствором гидроксида натрия. К выделившемуся осадку приливают соляную кислоту до полного растворения, а затем нейтрализуют раствор до слабокислой реакции  $\text{pH} = 5,8$ . (Что выпадает в осадок?) Осадок отделяют, а раствор подвергают дальнейшей нейтрализации. Затем к раствору приливают концентрированный раствор сульфата натрия.

10. Исходя из диаграммы Латимера, определите:

а) устойчив ли ион диоксоурана (V) к диспропорционированию при разных значениях кислотности среды;

б) будет ли ион  $\text{U}^{3+}$  разлагать воду, если известен потенциал полуреакции:  $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ ,  $E^0 = -0,41 \text{ В}$  (для  $\text{pH} = 7$ ).

11. Какие особенности урана и плутония позволяют использовать их в ядерной энергетике?

• В отчете по лабораторной работе 1 необходимо дать физико-химическое обоснование типа, возможности и состава продуктов проводимых реакций в стандартных условиях. Описать наблюдения в соответствии с продуманной ранее формой. Объяснить наблюдаемые явления, сделать вывод о способах получения или свойствах изученных веществ в соответствии с целью задания.

• Отчет по лабораторным работам 2, 3 начать с постановки цели работы, затем дать обоснование условий проведения эксперимента:

а) методику синтеза описать с объяснением условий каждой операции и ответами на вопросы, которые есть в задании;

б) привести расчет масс (объемов) исходных реагентов;

в) составить уравнения проводимых реакций;

г) указать меры предосторожности при выполнении синтеза (с объяснениями);

д) указать материалы, реактивы (следует учесть концентрацию и чистоту) и посуду, которые будут использованы при проведении работы.

Описание собственно эксперимента включает:

а) рассмотрение условий и времени проведения, отличающихся от общепринятых;

б) наблюдение за превращениями исходных веществ, происходящими в процессе синтеза;

в) расчет выхода продукта (абсолютное значение и процент от теоретического);

г) исследование свойств полученного вещества:

– внешний вид (цвет, вид твердого вещества);

– растворимость в воде, для растворимых в воде указать реакцию среды;

– отношение к нагреванию индивидуального вещества на воздухе;

– отношение к растворам кислоты, щелочи, аммиака, галогенида, тиосульфата (выбор реагента определяется классом и природой синтезированного вещества);

– отношение к водным растворам: йодида калия, хлорида олова (II), пероксида водорода, перманганата калия, хлора, брома, азотной кислоты;

д) составление уравнений проведенных реакций.

Сделать вывод о свойствах синтезированного вещества.

## Лабораторная работа 1

### Соединения редкоземельных элементов

#### Соединения РЗЭ в степени окисления +3

**Задание 1.** Получение и изучение кислотно-основных свойств гидроксидов РЗЭ (III).

1) Из водных растворов хлоридов осадить гидроксиды иттрия, лантана, церия (III), неодима (III) и изучить отношение осадков к избытку растворов щелочи и сильных кислот.

Часть осадка гидроксида церия (III) оставить стоять на воздухе и в конце занятия отметить, какие изменения произошли во внешнем виде осадка.

2) Испытать действие раствора аммиака на те же растворы солей.

**Задание 2.** Получение нерастворимых солей РЗЭ (III) и изучение их свойств.

1) Осадить оксалаты иттрия, лантана, церия (III), неодима (III), используя:

а) оксалат аммония; б) щавелевую кислоту.

Испытать действие избытка соли и растворов сильных кислот на полученный осадок.

2) Испытать действие раствора карбоната натрия на те же растворы солей. Как действуют минеральные кислоты на полученную соль?

3) Получить фториды иттрия, лантана, церия (III), неодима (III) и испытать действие на осадки избытка фторида аммония.

**Задание 3.** Изучение окислительно-восстановительных свойств соединений церия (III) и европия (III).

1) Испытать действие на водный раствор соли церия (III): а) висмутата натрия в азотнокислой среде; б) бромной воды в щелочной среде.

2) Восстановить соединение европия (III) водородом в момент выделения (каким образом следует провести реакцию?). Доказать присутствие образовавшегося продукта восстановления, учитывая сходство его с солями щелочноземельных металлов.

#### Соединения церия в степени окисления +4

##### Задание 4

1) Получить гидроксид церия (IV), используя раствор щелочи, и изучить его отношение к избытку щелочи и растворам сильных кислот.

2) Получить гидроксид церия (IV), используя водный раствор аммиака, и испытать действие его избытка на осадок.

3) Получить оксалат церия (IV), используя:

а) щавелевую кислоту; б) оксалат аммония.

Испытать действие на осадки избытка оксалата аммония.

4) Получить фторид церия (IV). Растворяется ли он в избытке фторида аммония?

5) Изучить окислительные свойства церия (IV), используя:

а) водные растворы йодида калия и хлороводородной кислоты (почему в данном опыте для подкисления раствора используется соляная кислота?);

б) водные растворы пероксида водорода и азотной кислоты (требуется нагревание).

6) Получить гидрат пероксида церия, используя водные растворы соли церия (III), аммиака и пероксида водорода.

## Лабораторная работа 2

### Синтез соединений циркония, ниобия, молибдена и вольфрама

**Задание 1.** Синтез гидроксида  $Nb_2O_5 \cdot xH_2O$ .

В стеклянную посуду помещают 1 г оксида ниобия и прибавляют смесь семикратного количества серной кислоты плотностью 1,84 г/мл и семикратного количества сульфата аммония. Нагрева-

ют реакционную смесь при невысокой температуре на электрической плитке с асбестированной сеткой. В результате образуются сульфатные комплексы, легко растворимые в воде. Небольшое количество оксида может не раствориться. Проводят декантацию раствора.

Раствор охлаждают и разбавляют водой в соотношении 1 : 1. Добавляют аммиак до pH 3–4 (значение pH определяют по индикаторной бумаге конго-рот) и наблюдают осаждение гидроксида. Осадок отсасывают с помощью воронки Бюхнера и сушат на воздухе.

**Задание 2.** Синтез молибденофосфата аммония  $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Получают у преподавателя задание – какой фосфат  $(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) следует взять для синтеза. Рассчитывают массу этого фосфата, необходимую для синтеза 3 г продукта. Исходя из навески фосфата, по уравнению реакции рассчитывают требуемые количества гептамолибдата аммония  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  и концентрированной азотной кислоты, причем  $\text{HNO}_3$  в реакцию вводят в двукратном количестве, учитывая, что концентрированная кислота содержит 58 %  $\text{HNO}_3$  (плотность раствора 1,35 г/см<sup>3</sup>).

В химическом стакане растворяют навеску фосфата натрия и молибдата аммония в минимальном объеме воды и к раствору приливают мерным цилиндром азотную кислоту.

Раствор переливают в фарфоровую чашку, которую ставят на асбестированную сетку, нагревают на электроплитке и кипятят раствор 5 мин. Выпавший осадок отфильтровывают на воронке Бюхнера, промывают небольшим объемом дистиллированной воды, сушат между листами фильтровальной бумаги и взвешивают.

**Задание 3.** Синтез гидроксида  $\text{ZrO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

В стеклянную посуду помещают 1 г керамики, содержащей оксид циркония, и прибавляют смесь семикратного количества серной кислоты плотностью 1,84 г/мл и семикратного количества сульфата аммония. Нагревают реакционную смесь при невысокой температуре на электрической плитке с асбестированной сеткой. В результате образуются сульфатные комплексы, легко растворимые в воде. В остатке будут кремниевая кислота и трудно раство-

римые сульфаты свинца и бария (это примеси, входящие в состав исходных веществ). Проводят декантацию раствора. Добавляют воду в соотношении 1 : 1.

Раствор охлаждают. Добавляют аммиак до pH 3–4 (значение pH определяют по индикаторной бумаге конго-рот) и наблюдают осаждение гидроксида. Осадок отсасывают на воронке Бюхнера и сушат на воздухе.

**Задание 4.** Синтез натриевой соли фосфорновольфрамовой кислоты  $3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 24\text{WO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Сливают 25 мл 2М раствора вольфрамата натрия и такой же объем 1М раствора дигидроортофосфата натрия. (Как приготовить раствор определенной молярной концентрации? Какую мерную посуду следует использовать для этой цели?) Полученный раствор упаривают в фарфоровой чашке на электрической плитке с асбестированной сеткой до появления кристаллической корки. Не прекращая нагревания, к раствору при помешивании прибавляют вдвое больший объем 24 %-й соляной кислоты. Что наблюдается? Раствор продолжают перемешивать до полного осветления, затем упаривают до начала кристаллизации и медленно (почему?) охлаждают.

**Задание 5.** Синтез хромомолибдената аммония  $[(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{MoO}_3]$ .

К нагретому до кипения раствору 2 г хромовокалиевых квасцов в 20 мл воды постепенно, по каплям, прибавляют раствор 30 г гептамолибдата аммония в 160 мл воды. Наблюдают изменение окраски. После охлаждения выпавший осадок отфильтровывают, промывают небольшим количеством холодной воды и высушивают между листами фильтровальной бумаги на воздухе. Иногда кристаллизация наступает через сутки.

**Задание 6.** Синтез молибденовой кислоты  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или  $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Готовят 100 мл 2 %-го раствора молибдата аммония из гептамолибдата аммония при нагревании до 50–60 °С. К нагретому раствору постепенно приливают равный объем 10 %-го раствора азотной кислоты. Образующийся осадок (каков его цвет?) отфильтровывают, промывают на фильтре водой, высушивают между листами фильтровальной бумаги и взвешивают.

## Лабораторная работа 3

### Синтез соединений серебра, кадмия и ртути

#### Задание 1. Синтез тетрагидромеркурата меди (I).

Растворяют 1,5 г йодида калия в 4,5 мл воды и 1,5 г нитрата ртути (II) в 6 мл воды. Оба раствора вливают в 50 мл воды комнатной температуры и перемешивают полученную смесь. Выпавший осадок (его состав?) отфильтровывают, промывают холодной водой и вносят в 50 мл раствора, содержащего 4 г йодида калия. Фильтруют полученную жидкость и приливают к ней раствор, содержащий 4 г медного купороса в 40 мл воды. Пропускают в полученную смесь ток сернистого газа. Что происходит?

Выделившийся осадок (его состав?) отфильтровывают на воронке с фильтрующим дном, промывают водой и сушат в сушильном шкафу при температуре 60 °С. Высушенную соль переносят в сухую пробирку и укрепляют последнюю в водяной бане, снабженной термометром и механической мешалкой. Воду в бане нагревают (не выше 75–76 °С) медленно и наблюдают происходящее явление. Повторяют опыт несколько раз, измеряют и записывают температуру изменения окраски синтезированной соли.

#### Задание 2. Синтез тетрагидрата нитрата кадмия.

Кристаллогидрат нитрата кадмия ( $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) можно получить действием азотной кислоты на карбонат кадмия или оксид кадмия. Реакцию проводят в фарфоровой чашке на водяной бане. Раствор фильтруют, и фильтрат, слегка подкислив (с какой целью?), нагревают при температуре не выше 59,3–59,5 °С, затем охлаждают. Выпавшие бесцветные кристаллы отсасывают, промывают небольшим объемом холодной воды и отжимают между листами фильтровальной бумаги.

#### Задание 3. Синтез реактива Несслера.

В стакан емкостью 50 мл вносят 10 мл нагретого до 80 °С (зачем?) 0,1 н раствора нитрата ртути (II) (как приготовить раствор и в какой посуде?) и приливают 10 мл 0,1 н раствора йодида калия. Смесь охлаждают, выделившемуся осадку дают отстояться, затем раствор сливают. Осадок (каков его состав?) промывают три раза холодной водой методом декантации. К осадку прибавляют 0,2 г йодида калия, растворенного в 5 мл воды. Когда осадок раство-

рится, приливают 3 мл 10 %-го раствора гидроксида натрия и переносят в темную склянку.

#### Задание 4. Синтез роданида ртути.

Рассчитывают объем воды, необходимый для приготовления насыщенного при комнатной температуре раствора, содержащего 7 г нитрата ртути (II), в который добавляют 3,5 мл концентрированной азотной кислоты (с какой целью это делается?) и насыщенный раствор, содержащий 2 г роданида калия. Сливают растворы, образующийся мелкокристаллический осадок роданида ртути (II) отделяют на воронке с отсасыванием, промывают 2–3 раза небольшими порциями воды и сушат при температуре 50–60 °С.

#### Задание 5. Синтез кристаллогидрата сульфата кадмия $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

В раствор 4 мл серной кислоты ( $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ ) в 60–70 мл воды вносят 10 г металлического кадмия и нагревают до тех пор, пока не прекратится выделение газа. (Какой газ выделяется? Как доказать его присутствие?) При этом часть металла должна остаться нерастворенной. Сюда же добавляют 0,5–1 г карбоната или оксида кадмия (зачем?). Смесь нагревают еще 5 мин, отфильтровывают и выпаривают до появления кристаллической пленки  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Затем к насыщенному раствору добавляют 8–10 мл этилового спирта (зачем?), выпавшие кристаллы отсасывают, промывают 3–4 мл спирта и высушивают при 60–70 °С.

#### Задание 6. Синтез хлорида кадмия – аммония.

Вносят в фарфоровую чашку 5 г хлорида аммония, 23 г кристаллогидрата хлорида кадмия и 25 мл воды. Перемешивают реакционную смесь, ставят чашку на водяную баню и упаривают раствор до появления на его поверхности кристаллов (о чем это свидетельствует?). Каплю раствора переносят на предметное стекло и прикрывают ее покровным стеклом. Форму кристаллов рассматривают под микроскопом, зарисовывают их и сравнивают с формой кристаллов хлорида аммония и хлорида кадмия.

Охлаждают полученный раствор, отфильтровывают кристаллы на бумажном фильтре и просушивают между листами фильтровальной бумаги. Несколько кристаллов соли растворяют в воде и проверяют, какие ионы находятся в растворе.

**Задание 7.** Переработка медно-серебряного лома.

Сплав содержит Ag, Cu, Pb, Sn, As, Zn и другие металлы. Сплав растворяют в 10–16 %-й азотной кислоте при нагревании. Затем разбавляют в дистиллированной воде и оставляют стоять до выпадения осадка (каков его состав?). После отстаивания раствор фильтруют через двойной-тройной фильтр и осаждают соляной кислотой плотностью 1,12 г/см<sup>3</sup>, взятой в незначительном избытке. (Как приготовить раствор? Какую мерную посуду использовать? Почему нельзя взять хлорид натрия?) Жидкость с осадком нагревают для растворения SbOCl, BiOCl и PbCl<sub>2</sub>.

Осадок AgCl отфильтровывают и повторно кипятят с 10 %-й соляной кислотой, затем промывают горячей водой методом декантации до прекращения реакции на Cu<sup>2+</sup>(K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] не должен давать красно-бурого осадка). Полученный хлорид серебра восстанавливают цинком.

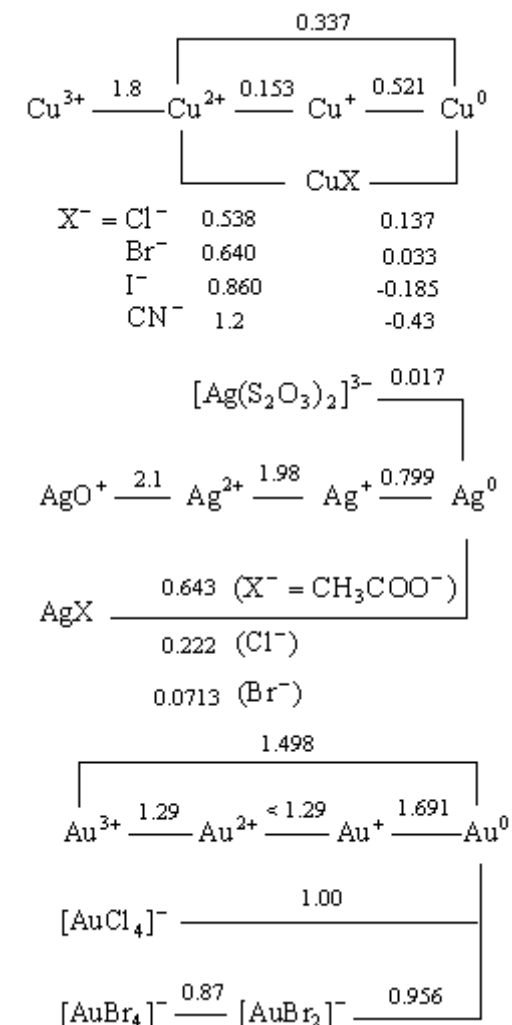
**Список литературы**

Угай Я. А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк., 2002.  
 Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк., 1988.  
 Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. М.: Мир, 1979.  
 Степин Б. Д., Цветков А. А. Неорганическая химия. М.: Высш. шк., 1994.

**Диаграммы Латимера**

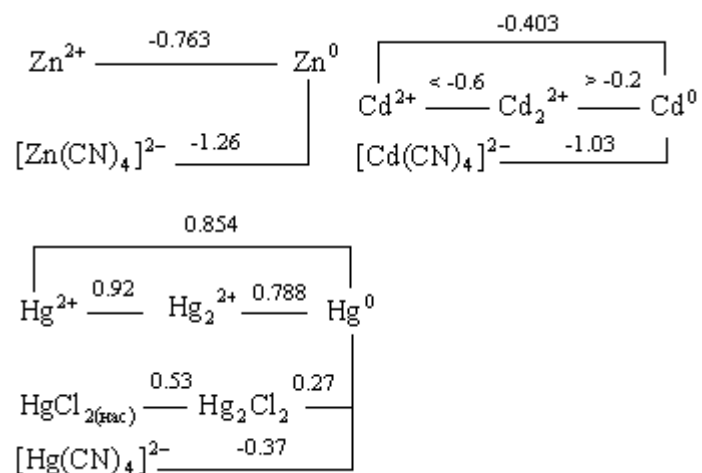
(Значения стандартных потенциалов восстановления приведены в вольтах.)

**I В группа**

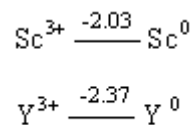




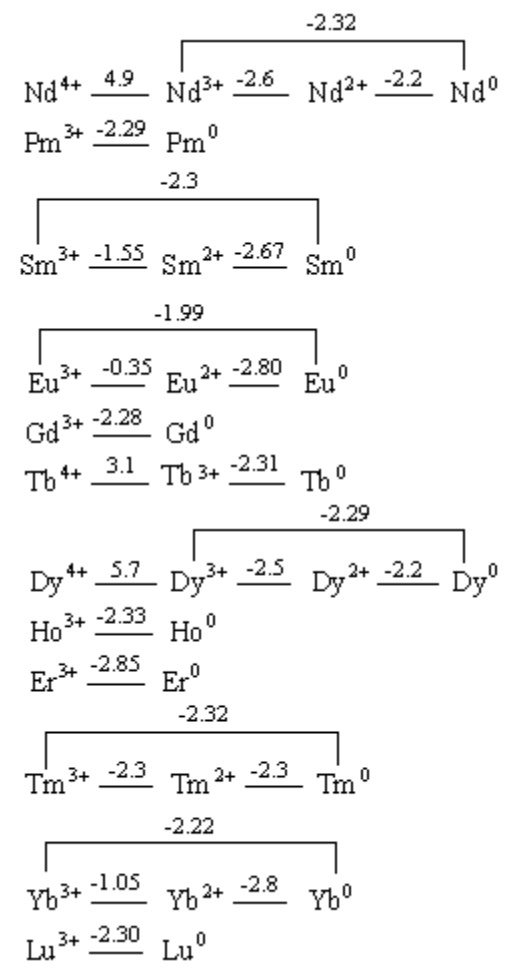
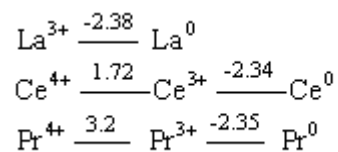
### II B группа



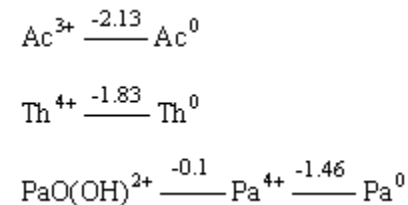
### III B группа

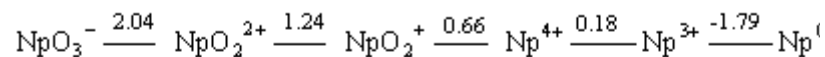
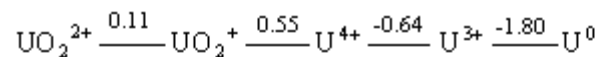


La и лантаниды

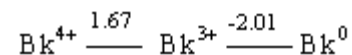
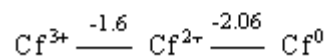
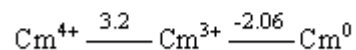
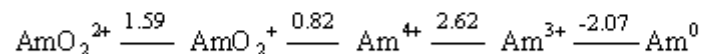
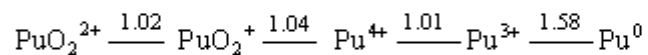
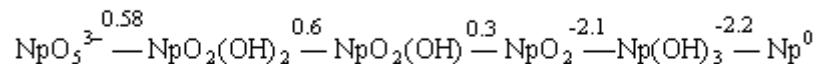


Ac и актиниды

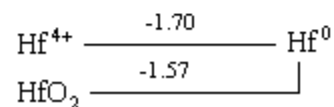
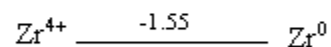
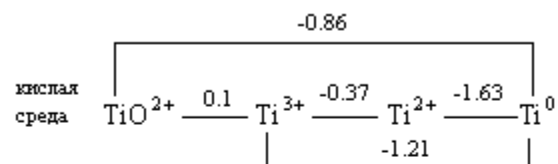




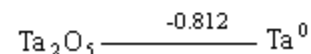
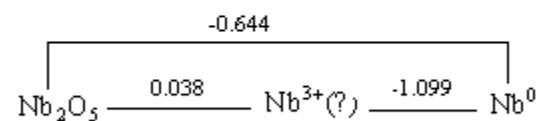
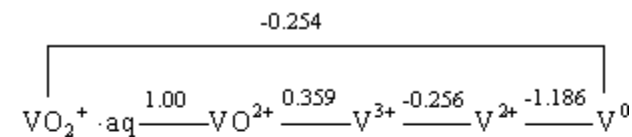
Нр для pH=14:



#### IV В группа

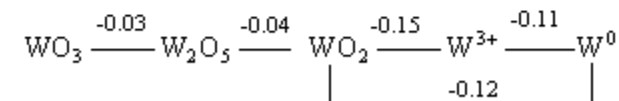
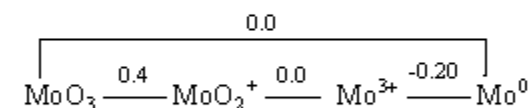
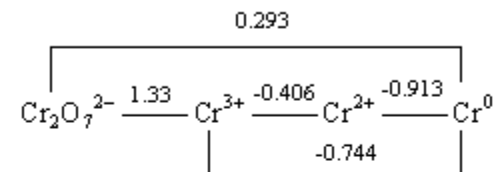


#### V В группа

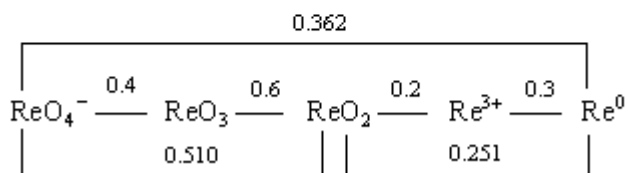
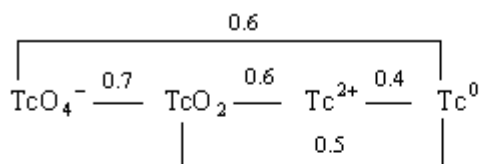
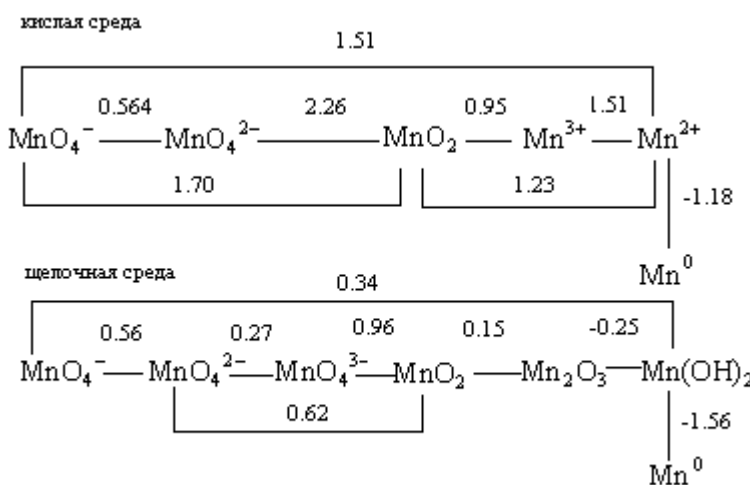


#### VI В группа

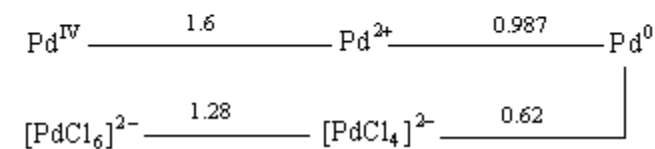
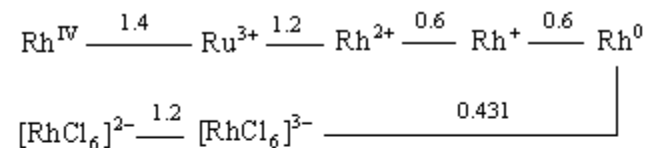
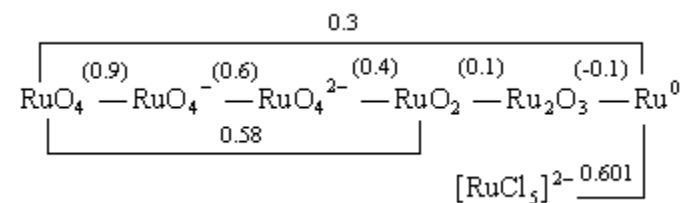
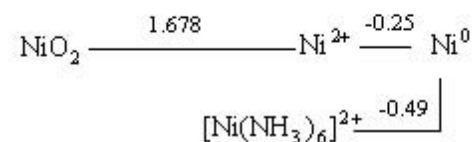
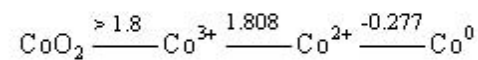
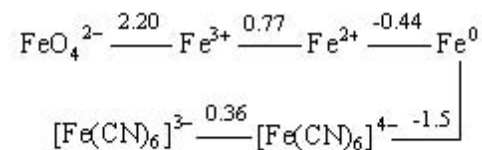
кислая среда

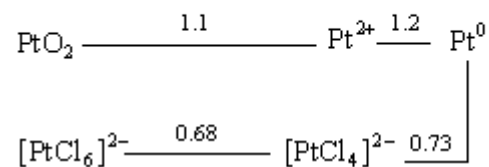
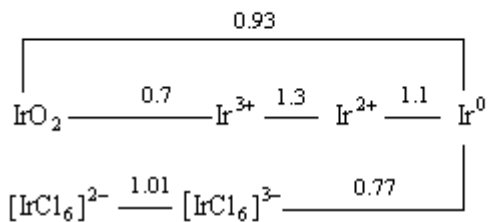
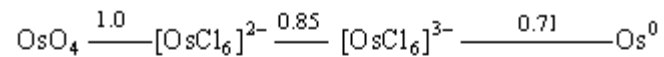


### VII B группа



### VIII B группа





Учебное издание

## НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

### Практикум

Под редакцией Неймана Аркадия Яковлевича

Составители

Балдина Людмила Ивановна

Гусева Анна Федоровна

Атманских Ирина Николаевна

Кочетова Надежда Александровна

Редактор и корректор О. А. Виноградова

Компьютерная верстка Н. В. Комардина

Оригинал-макет подготовлен  
редакционно-издательским отделом университета

Темплан 2005 г., поз. 33. Подписано в печать 16.11.2005.

Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Уч.-изд. л. 2,15. Усл. печ. л. 2,32. Тираж 300 экз. Заказ

Издательство Уральского университета. 620083, Екатеринбург, пр. Ленина, 51.

Отпечатано в ИПЦ «Издательство УрГУ». 620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.