

Кафедра общей и неорганической химии ИФВТ

**Задания к практическим (семинарским) занятиям  
по дисциплине «Химия 1.2»  
(Неорганическая химия, 1 курс)**

**Лектор: профессор кафедры ОНХ  
А.В. Коршунов**

## Занятие 1. Общие закономерности в неорганической химии

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* периодический закон как фундамент неорганической химии; виды периодичности и аналогии; структура простых веществ и соединений; объяснение химической связи с использованием методов ВС, ОЭПВО, МО и ТКП; закон Гесса и его следствия; классификация ОВР, составление полуреакций; уравнение Нернста и вычисления по нему; кислотно-основные реакции по Льюису; взаимодействие металлов и неметаллов с кислотами (азотной, серной, смесями кислот) и щелочами; гидролиз ионных и ковалентных соединений.

*Упражнения и задачи:*

### 1. Периодичность свойств атомов, простых веществ, соединений.

- Постройте графики зависимости орбитальных радиусов атомов и первых энергий ионизации от порядкового номера (заряда ядра) для элементов 7А группы и 3 периода. Объясните характер полученных зависимостей, виды периодичности и аналогии в данных рядах элементов.
- Охарактеризуйте закономерности изменения кристаллохимического строения простых веществ на основе периодической системы химических элементов (граница Цинтля, правило Юм-Розери). Постройте графики зависимости  $T_{пл}$  и молярных объёмов от  $Z$  для простых веществ, образованных элементами 3 периода, объясните их вид.
- Постройте график зависимости  $T_{пл}-Z$  для высших оксидов элементов 4 группы (гл. и побочн.) и объясните его вид. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства данных оксидов, приведите уравнения реакций.

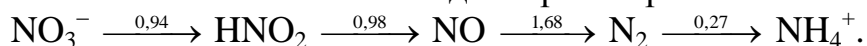
### 2. Термодинамические закономерности.

- Постройте график зависимости  $\Delta_f H^\circ_{э-к} - \lg Z$  для хлоридов натрия, магния и алюминия и путем экстраполяции найдите энтальпию образования тетрахлорида кремния. Вычислите относительную ошибку определения энтальпии образования таким методом по сравнению с табличной величиной  $\Delta_f H^\circ(\text{SiCl}_4)$ .
- Постройте энтальпийный цикл и определите энтальпию гетеролитического разрыва ковалентной связи в молекуле водорода и энтальпию гидратации иона  $\text{H}^+(\text{г})$ , используя следующие данные:



### 3. Окислительно-восстановительные свойства.

- Дана упрощённая схема (диаграмма Латимера) последовательного восстановления азотной кислоты в водных растворах:



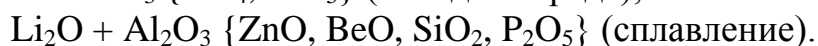
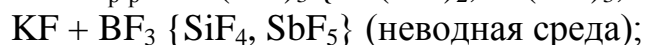
Вычислите значения стандартных ОВ-потенциалов пар  $\text{NO}_3^-/\text{NO}$ ,  $\text{HNO}_2/\text{N}_2$ ,  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ; составьте соответствующие полуреакции.

б) Приведите значения стандартных потенциалов пар НГО/ $\Gamma^-$  и  $\Gamma\text{O}_4^-/\Gamma^-$  ( $\Gamma=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) и объясните закономерности изменения окислительно-восстановительных свойств галогенов.

#### 4. Кислотно-основные свойства.

а) Составьте уравнения реакций образования соединений  $\text{Li}[\text{PCl}_6]$ ,  $\text{K}[\text{AlH}_4]$ ,  $\text{Al}[(\text{BH}_4)_3]$  и их гидролиза.

б) Закончите уравнения, назовите продукты реакций:



5. **Взаимодействие металлов с кислотами.** Составьте уравнения реакций взаимодействия Ge, Sn, Ti, Zr, V (КЧ 7), Pt с царской водкой и W (КЧ 8), Nb и Ta (КЧ 7) – со смесью азотной и плавиковой кислот.

## Занятие 2. Водород. Галогены

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* классификация гидридов, их физические свойства и реакционная способность; объяснение химической связи в молекуле  $\text{H}_2$  и ионах  $\text{H}_2^+$  и  $\text{H}_2^-$  (ВС, МО), молекулах галогенов и галогеноводородов; водородная связь; реакции галогенов с металлами и неметаллами, водой, щелочами; ОВ-свойства перхлоратов, хлоратов и гипохлоритов; гидролиз ковалентных галогенидов; кислотно-основные реакции по Льюису между галогенидами, гидридами.

### *Упражнения и задачи:*

#### 1. Элементы, атомы.

Охарактеризуйте электронное строение атомов галогенов и водорода. Укажите среди них полные и неполные электронные аналоги. Постройте графики зависимости  $F$  (средство к электрону),  $E_{i,1}$  и  $r_{\text{orb}}$  от  $Z$  для данных элементов и объясните их вид. Какова причина двойственного положения водорода в периодической системе.

#### 2. Молекулы, простые вещества.

Приведите значения длин связей и  $\Delta H$  диссоциации для молекул галогенов и водорода, сделайте выводы. Постройте графики зависимости  $T_{\text{кип}}$  и атомных объёмов от  $Z$ , объясните наблюдаемые закономерности.

#### 3. Галогеноводороды.

а) Приведите значения  $\Delta_f G^\circ$  галогеноводородов, объясните изменение энергии Гиббса в ряду.

б) Приведите уравнения реакций получения галогеноводородов, укажите условия их осуществления.

в) Постройте график зависимости  $T_{\text{кип}}-Z$  для НГ, объясните его вид.

г) Охарактеризуйте силу галогеноводородных кислот. Объясните устойчивость солей типа  $\text{KNHF}_2$ .

#### 4. Химическая связь.

а) С позиции методов ВС и ОЭПВО рассмотрите строение частиц  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{IOF}_3$ .

б) Приведите значения растворимости галогенов в воде и каком-либо органическом растворителе, объясните различия этих величин. В каких случаях параллельно процессу растворения протекает химическая реакция?

### 5. Энергетика химических реакций.

а) Рассчитайте тепловые эффекты реакций горения 1 кг водорода во фторе и кислороде. С учетом полученных данных, а также физико-химических свойств реагентов и продуктов реакций, обсудите возможность использования данных реакций в ракетных двигателях.

б) С применением термодинамических расчетов покажите, возможно ли получение диоксида хлора при взаимодействии хлора с кислородом; озоном; персульфатом калия? Как  $\text{ClO}_2$  получают на практике, каковы условия его хранения, транспортировки?

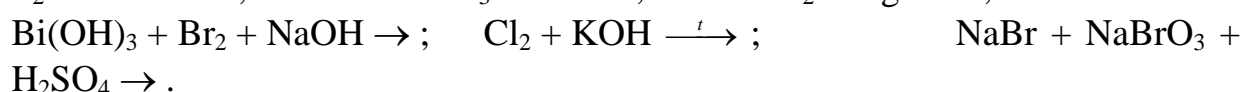
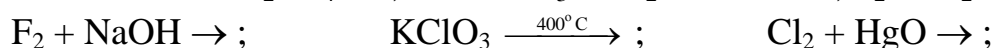
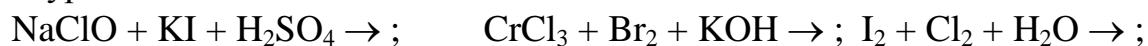
### 6. Окислительно-восстановительные свойства.

а) Приведена диаграмма Латимера последовательного восстановления бромата в кислой среде:  $\text{BrO}_3^- \xrightarrow{1,447} \text{HBrO} \xrightarrow{1,504} \text{Br}_2 \xrightarrow{1,07} \text{Br}^-$ . Вычислите стандартные ОВ-потенциалы пар  $\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2$ ,  $\text{HBrO}/\text{Br}^-$ . Составьте соответствующие полуреакции.

б) Какие из кислот – бромноватистая или хлорноватистая, хлорная или хлорноватая – являются более сильными окислителями и почему?

в) Какие из галогеноводородных кислот в растворах окисляются кислородом воздуха? Ответ обоснуйте, запишите уравнения реакций.

г) Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты методом полуреакций:



### 7. Кислотно-основные свойства.

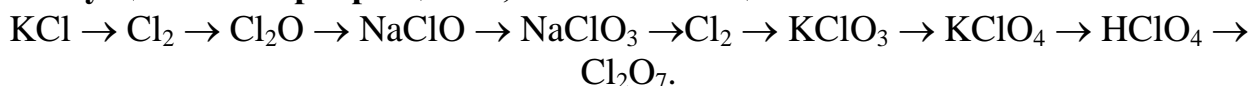
а) Используя правило Полинга поясните силу кислот  $\text{HFO}_x$ , иллюстрируйте свои выводы значениями констант диссоциации.

б) Составьте уравнения гидролиза  $\text{IF}_5$ ,  $\text{BrCl}$ ,  $\text{ClO}_3\text{F}$ .

в) Закончите уравнения реакций, назовите продукты:  $\text{KF} + \text{BeF}_2\{\text{BF}_3, \text{SiF}_4, \text{SbF}_5\}$ .

г) Запишите уравнения реакций оксидов хлора с водой, какие реакции протекают по типу диспропорционирования и почему?

### 8. Осуществите превращения, назовите вещества:



## Занятие 3. Элементы VIA группы (халькогены)

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* аллотропия кислорода, серы, селена; строение молекул  $\text{O}_2$  и  $\text{O}_3$  (ВС, МО); взаимодействие с металлами и неметаллами; строение молекул

халькогеноводородов; сульфиды, гидролиз; сульфаны, полисульфиды, их устойчивость; водородная связь; оксиды; бескислородные и кислородсодержащие кислоты (ди-, поли-, мета- и ортоформы, политионовые кислоты), их соли; окислительно-восстановительные свойства, диаграммы Латимера.

*Упражнения и задачи:*

**9. Элементы, атомы.**

Охарактеризуйте электронное строение атомов халькогенов, укажите среди них полные и неполные электронные аналоги. Объясните изменение устойчивых степеней окисления в подгруппе. Постройте графики зависимости  $F$  (средство к электрону),  $E_{i,1}$  и  $r_{орб}$  от  $Z$  для данных элементов и объясните их вид. Объясните особенности свойств атомов кислорода по сравнению со свойствами атомов остальных элементов.

**10. Молекулы, простые вещества.**

а) Приведите значения длин связей и  $\Delta H$  диссоциации для  $O_2^- - O_2 - O_2^+$ , используя метод МО объясните наблюдаемую закономерность.

б) Используя метод ВС объясните строение молекул  $O_3$ ,  $H_2S$ ,  $SOCl_2$ , на основании справочных данных сопоставьте характеристики химических связей, сравните физические свойства этих веществ и сделайте выводы.

в) Изобразите в виде схем взаимные переходы аллотропных модификаций серы, селена и теллура, обозначьте условия этих переходов. Укажите структуру каждой модификации, сделайте выводы об относительной устойчивости определенного вида структур для данных элементов.

**11. Соединения с водородом.**

а) Приведите значения  $\Delta_f G^\circ$  халькогеноводородов, объясните изменение энергии Гиббса в ряду. Приведите уравнения реакций получения  $H_2E$ , укажите условия их осуществления.

б) Постройте график зависимости  $t_{кип} - Z$  для  $H_2E$ , объясните вид зависимости.

в) Охарактеризуйте силу халькогеноводородных кислот; приведите примеры их кислых и средних (растворимых и нерастворимых) солей, укажите особенности гидролиза.

г) Охарактеризуйте строение молекул и свойства сульфанов. Сравните способность к катенации у других элементов подгруппы.

**12. Оксиды, кислородсодержащие кислоты и соли.**

а) Опишите строение молекул оксидов серы и селена, приведите характеристики химических связей в молекулах. Приведите температуры плавления оксидов, объясните структурные особенности оксидов в твёрдом состоянии. Укажите относительную устойчивость их полиморфных модификаций.

б) Приведите структурные формулы кислот: хлорсульфоновой, пероксодисерной, тритионовой, сульфоксиловой, кислоты Каро, тиосерной, дисерной. Охарактеризуйте их устойчивость, запишите уравнения реакций их получения. Приведите формулы их солей, используемых на практике.

**13. Энергетика химических реакций.**

а) Рассчитайте тепловые эффекты реакций горения 10 г серы во фторе и кислороде.

б) С применением термодинамических расчетов покажите, возможно ли получение дисульфана при взаимодействии серы с сероводородом; серы с водородом? Как  $\text{H}_2\text{S}_2$  получают на практике?

в) Окисление сероводорода можно выразить уравнениями:



Какая из них более вероятна? Чему равен объем воздуха, необходимый для окисления 100 л  $\text{H}_2\text{S}$  (20 °С, 750 мм рт. ст.) по термодинамически более вероятной реакции?

#### 14. Окислительно-восстановительные свойства.

а) На основании значений  $E^\circ$  покажите, какой из халькогенов X (где X=S, Se, Te) можно получить при взаимодействии оксидов  $\text{XO}_2$  с растворами кислот  $\text{H}_2\text{XO}_3$ . Составьте уравнения возможных реакций. Каким образом такие реакции используются на практике?

б) На основе расчетов ОВ-потенциалов покажите, возможно ли окисление иодида калия в растворе кислородом воздуха в кислой и нейтральной среде. Будет ли отличаться реакционная способность кислорода и озона по отношению к KI в этих условиях? Укажите использование данной реакции на практике.

15. Для полного обесцвечивания 20 мл 0,1 н раствора перманганата калия в сернокислой среде потребовался равный объем раствора пероксида водорода. Какова молярная концентрация  $\text{H}_2\text{O}_2$ ? Какой объем кислорода (25°С и 746 мм рт. ст.) выделился при этом?

16. Осуществите превращения, укажите названия веществ:



#### Занятие 4. Элементы VA группы (пниктогены)

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* строение молекулы азота (BC, MO); аллотропия фосфора, особенности структуры; соединения с водородом и их производные: аммиак, гидразин, гидросиламин, амиды, фосфины, арсин, стибин, висмутин; бинарные соединения с металлами; оксиды и кислородсодержащие кислоты, многообразие кислот фосфора; тиосоли; азидоводородная кислота, азиды; термическое разложение нитратов, солей аммония и фосфатов; ОВ-свойства.

#### *Упражнения и задачи:*

1. **Химическая связь.** Объясните химическую связь: методом MO в нитрозил-катионе  $\text{NO}^+$ ; методом BC в нитрат-ионе.

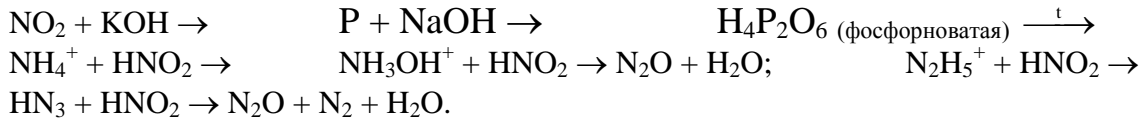
2. Объясните закономерности в изменении приведенных характеристик в ряду аммиак–стибин:

	$d_{\text{Э-Н}}$ , нм	$E_{\text{Э-Н}}$ , кДж/моль	$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	$\langle \text{НЭН} \rangle$ , °	$\mu(\text{ЭН}_3)$ , Кл·м
$\text{NH}_3$	0,101	390,4	-46,4	107,3	$1,15 \cdot 10^{-29}$
$\text{PH}_3$	0,142	328,5	5,4	93,3	$0,19 \cdot 10^{-29}$
$\text{AsH}_3$	0,152	279,2	66,5	92	$0,07 \cdot 10^{-29}$
$\text{SbH}_3$	0,171	254,6	145	91	$0,04 \cdot 10^{-29}$

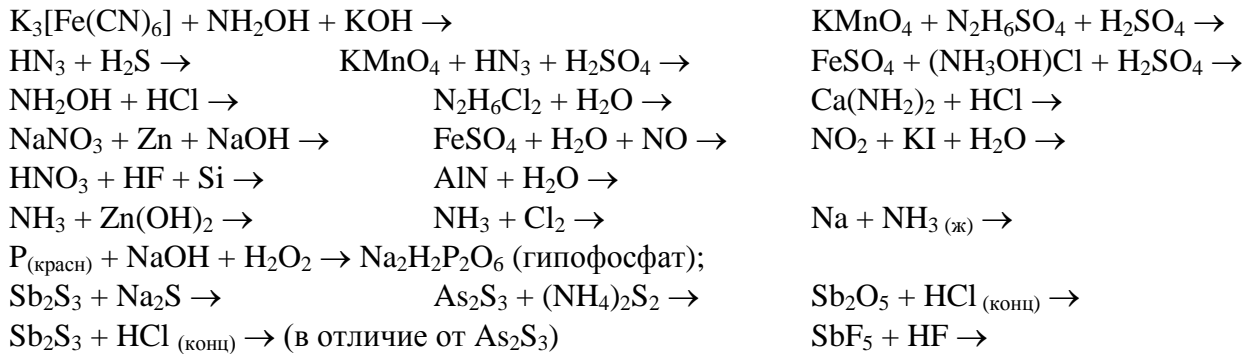
Почему в отличие от аммиака фосфин плохо растворяется в воде и не создает в растворе щелочную среду?

3. **Термическая устойчивость солей.** Запишите уравнения реакций термического разложения солей:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{KN}_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHPO}_4$ .

4. **Реакции диспропорционирования:**

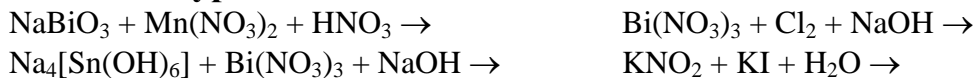


5. **Закончите уравнения реакций:**



6. **Реакции азотной кислоты с металлами.** Приведите примеры реакций азотной кислоты различной концентрации с металлами ( $\text{Mg}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cu}$ ).

7. **Составьте уравнения ОВР**

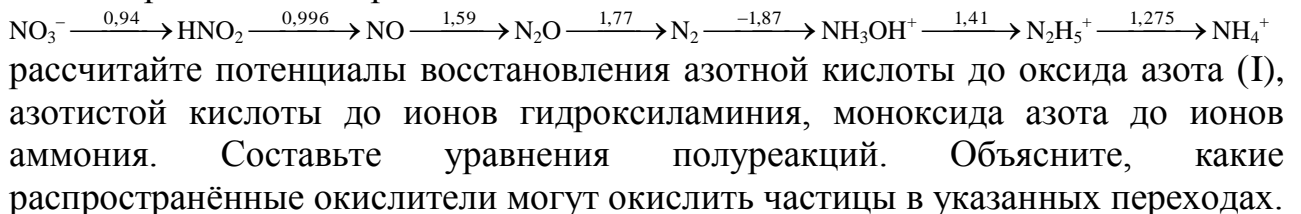


8. Водородный показатель 0,1 М раствора азидата натрия равен 8,85. Вычислите концентрацию ионов  $\text{OH}^-$ , константу и степень гидролиза соли в растворе, константу диссоциации кислоты.

9. Коэффициент растворимости  $\text{As}_2\text{S}_3$  в воде составляет  $2,146 \cdot 10^{-5}$ . Определите ПР данного сульфида.

10. Завод вырабатывает в сутки 120 т аммиачной селитры. Какова суточная потребность завода в аммиаке (н.у.) и 60%-ной азотной кислоте?

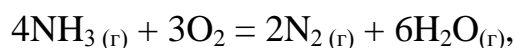
11. По диаграмме Латимера

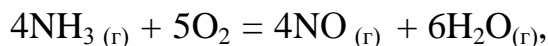


11. Охарактеризовать термодинамическую возможность самопроизвольных превращений аллотропных модификаций фосфора, используя следующие данные:

	Р (бел)	Р <sub>2</sub> (г)	Р (красн)	Р (черн)
$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	0	58,9	-18,4	-43,1
$S^\circ_{298}$ , Дж/(моль·К)	44,3	279,6	22,8	22,6

12. Используя величины стандартной энергии Гиббса образования  $\text{NH}_3$  (-16,64 кДж/моль),  $\text{NO}$  (124,22 кДж/моль) и  $\text{H}_2\text{O}$  (-228,44 кДж/моль), оценить, какой из процессов:





предпочтительнее при окислении аммиака? Как обеспечивается преимущественное протекание второго процесса?

### Занятие 5. Элементы IVA и IIIA групп

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* изменение свойств элементов в группах; особенности структуры простых веществ; аллотропия; взаимодействие простых веществ с металлами, неметаллами, кислотами и щелочами; соединения с водородом (бораны, алан, углеводороды, силаны, германы), их свойства; оксиды и гидроксиды, изменение кислотно-основных свойств, амфотерность; соли; карбонилы; циановодородная, родановодородная, циановая кислоты и их соли; алюмотермия, карботермия и силикотермия.

#### *Упражнения и задачи:*

1. Объясните величины длины и энергии связи в частицах:

	$\text{CN}^-$	$\text{CN}$	$\text{CN}^+$
$E_{\text{св}}$ , кДж/моль	1004	762	477
$l_{\text{св}}$ , пм	111	117	129

2. Определите термодинамические функции превращения графита в алмаз по следующим данным:  $\text{C}_{(\text{алмаз})} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ;  $\Delta H^\circ = -395,3$  кДж,  $\Delta S^\circ = 7$  Дж/К.
3. Вещество  $\text{C}_x\text{N}_y$  содержит 46,16% (мас.) углерода. Определите формулу вещества, если плотность его паров по воздуху 1,79. Предварительно определите среднюю молекулярную массу воздуха по данным (% мас.):  $\text{N}_2$  78,09;  $\text{O}_2$  20,95;  $\text{Ar}$  0,93;  $\text{CO}_2$  0,03.
4. При сжигании 8,71 г газообразного силана  $\text{Si}_x\text{H}_y$  образовалось 16,82 г  $\text{SiO}_2$ . Найдите формулу силана, если его плотность по аргону 1,558.
5. Определите, выпадет ли осадок при сливании 50 мл 0,1%-ного раствора нитрата свинца и 25 мл 0,004%-ного раствора хромата натрия (плотности растворов принять за 1).
6. В четырёх пробирках находится 0,1 М раствор нитрата свинца. В каждую добавляют по каплям 0,1 М растворы иодида, бромиды, хлорида и фторида калия соответственно. В какой из пробирок осадок появится раньше?
7. Закончите уравнения реакций:
- |  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| $\text{Sn} + \text{O}_2 \rightarrow$                       | $\text{Sn} + \text{HNO}_3(\text{конц}) \rightarrow$ | $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow$             | $\text{PbO} + \text{Cl}_2 + \text{OH}^- \rightarrow$         |
| $\text{Pb} + \text{O}_2 \rightarrow$                       | $\text{Sn} + \text{HNO}_3(\text{разб}) \rightarrow$ | $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{HCl}(\text{конц}) \rightarrow$ | $\text{Ge} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow$ |
| $\text{Sn} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ | $\text{Pb} + \text{HNO}_3(\text{конц}) \rightarrow$ | $\text{SnS}_2 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow$              | $\text{GeO}_2 + \text{HCl}(\text{конц}) \rightarrow$         |
| $\text{Pb} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ | $\text{Pb} + \text{HNO}_3(\text{разб}) \rightarrow$ | $\text{PbS} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow$               | $\text{GeS}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow$         |
8. Составьте полуреакции восстановления диоксида свинца в кислой и щелочной средах. Реагирует ли  $\text{PbO}_2$  при станд. усл. с:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  (кисл. ср.);  $\text{I}_2$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{MnO}_4^{2-}$ ,  $\text{Zn}$  (щел. ср.)?
9. Углекислый газ пропускают через насыщенный раствор гидроксида кальция. Вначале образовалось 74,07 г осадка, который при дальнейшем пропускании углекислого газа растворился. Определите суммарный объём углекислого газа.
10. Проведен полный гидролиз 100 мл жидкого тетраоксида кремния. Полученный раствор разбавили до 100 л. Определите pH конечного



- раствора. Твёрдый продукт гидролиза смешали с карбонатом натрия и прокалили, спёк растворили в воде и через раствор пропустили углекислый газ. Составьте уравнения реакций.
- При производстве полупроводников сверхчистый германий легируют бором до содержания  $1 \cdot 10^{18}$  атомов бора в  $1 \text{ см}^3$  германия. Рассчитайте необходимую для легирования 10 кг германия массу бора [ $\rho_{\text{Ge}} = 5,32 \text{ г/см}^3$ ].
  - Сравните теплоты сгорания 1 кг диборана и 1 кг этана.
  - Объясните строение молекулы диборана и выделение энергии (117 кДж/моль) при её образовании из  $\text{BN}_3$ .
  - Молекула  $\text{BN}_3$  обладает высоким сродством к электрону ( $-314 \text{ кДж/моль}$ ). Объясните образование связей в тетрагидридоборат-ионе. Какие свойства гидридоборатов определяют их применение в химическом анализе и синтезе?
  - Объясните термодинамику реакции получения трихлорида бора при взаимодействии оксида бора, графита и хлора при 298 К и 573 К.
  - В чём отличие протекания гидролиза трифторида и трихлорида бора? Могут ли существовать катионы  $\text{B}^{3+}$  в растворе? В какой форме они преимущественно существуют в растворах?
  - Осуществите превращения и назовите все вещества:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{BCl}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{B}_4\text{O}_7 \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{HBO}_2 \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{B}_4\text{H}_{10}$ .
  - Составьте уравнения реакций взаимодействия фторидов бора, алюминия, кремния, магния; гидрида, оксида, нитрида и сульфида алюминия с однопипными соединениями калия. По величинам констант нестойкости объясните существование комплексных ионов в растворе (для бора вычислите константу равновесия из потенциала полуреакции  $\text{BF}_4^- + 3\text{e} \rightarrow \text{B} + 4\text{F}^-$ ,  $E^\circ = -1,04 \text{ В}$ ).
  - Обсудите вероятность протекания реакций оксида кальция с оксидами бора и алюминия; оксида алюминия с серным ангидридом и оксидом натрия. Объясните результаты с точки зрения кислотно-основных свойств соединений.
  - Объясните по виду диаграмм плавкости систем Ga-In, Ga-Sn и Ga-Sb типы взаимодействия между компонентами. Определите составы эвтектик и соединений.
  - Объясните резкое различие температур плавления  $\text{GaF}_3$  ( $1000^\circ\text{C}$ ) и  $\text{GaCl}_3$  ( $78^\circ\text{C}$ ),  $\text{InF}_3$  ( $1172^\circ\text{C}$ ) и  $\text{InCl}_3$  ( $586^\circ\text{C}$ ).
  - Объясните характер изменения кислотно-основных свойств гидроксидов по величинам изменения энергии Гиббса реакций образования из них катионов  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ga}^{3+}$  и  $\text{In}^{3+}$  в растворах.
  - Объясните следующие данные:

	C(алм)	Si	Ge	$\alpha$ -Sn	BN(боразон)	AlP	GaAs	InSb
$E_{\text{св}}$ , кДж/моль	716(субл)	469(субл)	163	150		210	150	154
$l$ , нм	0,154	0,234	0,245	0,280	0,158	0,273	0,243	0,280
$\Delta E$ , эВ	5,6	1,12	0,78	0,08	4,6	3,0	1,53	0,27
$t_{\text{пл}}$ , $^\circ\text{C}$	3500	1415	937	232	~3000	2000	1237	536
твёрдость	10	7	6		9-10			

13. Составьте уравнения реакций между хлоридами олова (II) и таллия (III), оксидами таллия и водой.

### Занятие 6. Химия s-элементов

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* изменение свойств элементов в группах, структура простых веществ; химическая активность; взаимодействие с неметаллами, водой, кислотами; бинарные соединения, их свойства; гидроксиды, кислотнo-основные свойства; металлотермия; получение металлов электролизом расплавов;

#### *Упражнения и задачи:*

1. Определите изменение термодинамических функций в процессах окисления кислородом оксидов кальция и бария до пероксидов. При горении какого металла – кальция или бария – более вероятно образование пероксида?
2. Рассчитайте приблизительные температуры разложения карбонатов магния, кальция и бария, исходя из предположения, что момент равновесия наступает при давлении  $\text{CO}_2$  101325 Па. Какое из соединений термически более устойчиво? Объясните.
3. Сравните способность к гидролизу соединений бериллия и магния. Составьте уравнения гидролиза хлоридов бериллия и магния. Для объяснения с точки зрения термодинамики используйте данные: логарифмы констант устойчивости ионов  $\text{BeOH}^+$  и  $\text{MgOH}^+$  равны 8,6 и 2,56 соответственно.
4. Составьте уравнения реакций, подтверждающих амфотерный характер  $\text{Be}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Be(OH)}_2$  и  $\text{BeF}_2$ .
5. Составьте уравнения реакций, протекающих при устранении жесткости воды кипячением, добавлением соды, извести, фосфата натрия, пропусканием через ионообменные смолы.
6. При каких соотношениях компонентов сплав калия и натрия является жидким при обычных условиях? Какое соединение образуется в этой системе? Поясните области и точки на диаграмме состояния системы Na–K.
7. Объясните изменение величин стандартных электродных потенциалов лития, натрия и калия с энтальпиями гидратации их ионов (с использованием энтальпийной диаграммы).
8. Составьте уравнения реакций: горения щелочных металлов в кислороде и воздухе (объясните вероятность образования продуктов реакций); карбидов  $\text{Be}_2\text{C}$ ,  $\text{Mg}_2\text{C}_3$ ,  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{C}_2$  с водой; нитридов лития и кальция с водой.
9. Определите массу хлорида натрия, использованного для получения 70 л 10,6%-ного раствора гидроксида ( $\rho=1,12$ ) электролизом раствора  $\text{NaCl}$ .
10. Вычислите расход рассола (300 г/л  $\text{NaCl}$ ), аммиака и углекислого газа (н.у.), требуемых для получения 1 т кальцинированной соды, если степень превращения хлорида натрия в соду составляет  $2/3$ .
11. При взаимодействии 1 г смеси хлоридов натрия и калия с раствором гексахлороплатиновой кислоты образовалось 1,5 г малорастворимой соли калия. Вычислите содержание хлорида калия (%) в исходной смеси.

12. К раствору, содержащему 70 г перхлората натрия в 100 мл воды, прибавили раствор, содержащий 40 г хлорида калия в 100 мл воды (растворимость перхлората калия при 25°C равна 1,3).

### Занятие 7. Переходные элементы. Ч.1.

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* переходные металлы III–VIII групп; особенности строения атомов, внутренняя и вторичная периодичности; лантаноидное сжатие; структура и свойства простых веществ, взаимодействие с неметаллами, кислотами, щелочами; оксиды и гидроксиды; многообразие степеней окисления ванадия и марганца; ОВР; оксокатионы и оксоанионы; изополи- и гетерополисоединения; соединения с кластерной структурой.

*Упражнения и задачи:*

- Используя ТКП опишите строение иона  $[\text{TaF}_6]^{2-}$ , укажите геометрическую форму иона, магнитные свойства.
- Рассмотрите кислотно-основные свойства диоксида титана на примере взаимодействия с дисульфатом и карбонатом калия при сплавлении. Составьте уравнения гидролиза сульфата титана в холодной и горячей воде. Как должна изменяться активность в ряду  $\text{TiO}_2 - \text{TiO}(\text{OH})_2 - \text{Ti}(\text{OH})_4$ ? Какая реакция используется в анализе для определения титана в растворах?
- Используя диаграммы Латимера:  
 $\text{TiO}^{2+} \xrightarrow{0,1} \text{Ti}^{3+} \xrightarrow{-0,37} \text{Ti}^{2+} \xrightarrow{-1,63} \text{Ti}; \text{ZrO}^{2+} \xrightarrow{-1,57} \text{Zr}; \text{HfO}^{2+} \xrightarrow{-1,7} \text{Hf}$   
 объясните, почему Ti, Zr и Hf при обычных условиях не взаимодействуют водой и разбавленными кислотами, а в присутствии фторид-ионов растворяются даже в уксусной кислоте? Почему металлы легче всего растворяются в смеси азотной и плавиковой кислот? Могут ли ионы  $\text{Ti}^{2+}$  существовать в водном растворе? Составьте уравнения реакций.
- Осуществите превращения:  $\text{NH}_4\text{VO}_3 \rightarrow \text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{VOCl}_2 \rightarrow \text{VO}_2 \rightarrow \text{VOSO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{V}_4\text{O}_9; \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{K}_3\text{CrO}_3$ .
- Ниобий и тантал при обычных условиях практически не взаимодействуют с водой и кислотами, но растворяются в плавиковой кислоте или ее смеси с азотной кислотой. При взаимодействии ниобия с 30%-ной HF образуется комплексный ион  $[\text{NbOF}_5]^{2-}$ , при увеличении концентрации HF могут быть получены  $[\text{NbF}_6]^-$  и  $[\text{NbF}_7]^{2-}$ . Оксиды ниобия и тантала также взаимодействуют с плавиковой кислотой. Составьте уравнения реакций.
- Какой из двух восстановителей – магний или алюминий – можно использовать для получения гафния из его оксида при 1200 К?
- Какую массу антимонита, содержащего 75% сульфида сурьмы (III), необходимо взять для получения 1 т сурьмы путем обжига антимонита и последующего восстановления образующегося двойного оксида  $\text{Sb}_2\text{O}_4$  углем. Практический выход 1-й реакции 60%, 2-й – 100%.

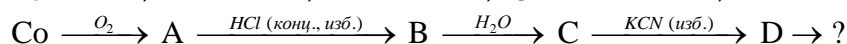
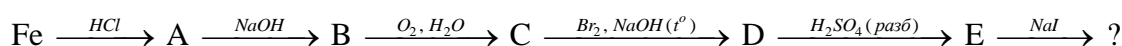
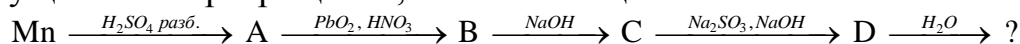
## Занятие 8. Переходные элементы. Ч.2.

*Теоретические вопросы для предварительной подготовки к занятию:* металлы семейств железа и платины, подгрупп меди и цинка; строение атомов; структура и свойства простых веществ, полиморфизм железа; взаимодействие с неметаллами, кислотами, щелочами; оксиды и гидроксиды; комплексные соединения; разделение платиновых металлов;

### Упражнения и задачи:

1. Объясните строение ионов  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$  и  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$ . Какой из них имеет более интенсивную окраску и почему?

2. Осуществите превращения, назовите вещества:



Для комплексов кобальта и никеля отметьте окраску. Направление ОВР в данных схемах превращений подтвердите значениями  $\varphi^\circ$ .

3. Приведите качественные реакции на железо, кобальт и никель в растворах.

4. Изменится ли окраска раствора роданидного комплекса железа (+3) при добавлении к нему избытка фторида калия; цианида калия? Объясните причины. Вычислите концентрацию ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в 0,1 М растворе гексафтороферрата (III) калия.

5. Образуется ли осадок при сливании растворов 0,001 М  $\text{CoCl}_2$  и 0,01 М  $\text{NaOH}$ ?

6. Возможно ли окисление гидроксида кобальта (+2) пероксидом водорода, бромом (среда щелочная)? Составьте полуреакции.

7. Определите массы пиролюзита (85 %  $\text{MnO}_2$ ) и магнетита (95 %  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), необходимых для выплавки 1 т ферромарганца (60% Mn) путем восстановления оксидов коксом. Практический выход сплава – 90 %.

8. Опишите строение молекулы гексакарбонила ванадия; укажите тип гибридизации, геометрическую форму молекулы, магнитные свойства.

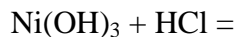
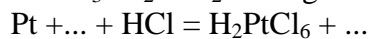
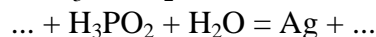
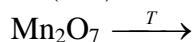
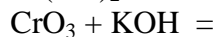
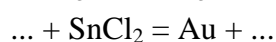
9. На основе ВС опишите строение молекулы  $\text{OsO}_4$ , укажите тип гибридизации, геометрическую форму молекулы.

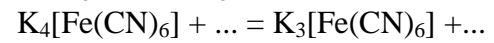
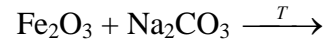
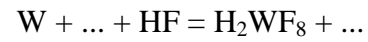
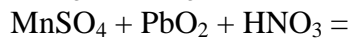
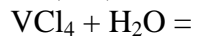
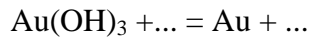
10. Определите концентрацию ионов серебра в 0,1 М растворе  $\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ .

11. Могут ли в растворе существовать одновременно ионы:  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Sn}^{2+}$ ?  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{MnO}_4^-$ ? Какие комбинации невозможны и почему? Подтвердите ответ на основе значений ОВ-потенциалов.

12. Какой объем такого 20%-ного раствора  $\text{KOH}$  ( $\rho = 1,19$ ) можно получить при электролизе раствора хлорида калия в течение суток, если сила тока 40 А и выход по току 90%? Написать схемы электродных процессов и общую реакцию электролиза.

13. Дописать уравнения реакций:





14. Определите массу молибденита, содержащего 8% примесей, необходимого для получения 1 т молибдена, если выход реакции обжига 90% (выход второй реакции – наиболее вероятной – принять за 100%).