

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**Химический факультет**

*Утверждено методической комиссией  
кафедры неорганической химии  
химического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова*

**ВОПРОСЫ БАЗОВОГО УРОВНЯ  
К КОЛЛОКВИУМАМ  
ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**Часть I**

**Методическое пособие по неорганической химии  
для студентов I курса  
химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова**

**Москва, 2011**

Вопросы для настоящего пособия составлены преподавателями кафедры неорганической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова на основе многолетнего опыта. Вопросы базируются на материале, который рассматривается студентами 1 курса на лекциях и семинарах по неорганической химии, а также практических занятиях. Для систематизации материала и облегчения восприятия, вопросы представлены отдельными главами. Каждая глава обычно посвящена одной группе Периодической таблицы или одной из основных теоретических тем, рассматриваемых в курсе. Перечисленные вопросы являются необходимыми требованиями к студентам для сдачи коллоквиумов по соответствующим темам.

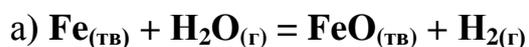
Составители: к.х.н., доц. Е.И. Ардашникова, к.х.н., доц. Е.В. Карпова, к.х.н., доц. Г.Н. Мазо, к.х.н., доц. М.Е. Тамм, д.х.н., проф. А.В. Шевельков.

Под редакцией д.х.н., проф. А.В. Шевелькова

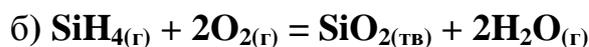
## ВОПРОСЫ К ТЕМЕ

### «НАЧАЛА ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ, ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ»

1. Система, представляющая собой надутый водородом воздушный шарик, является открытой, закрытой или изолированной? Приведите пример системы другого типа.
2. Сформулируйте первый закон термодинамики. Запишите выражение I-го начала термодинамики.
3. Сформулируйте закон Гесса. Можно ли определить  $\Delta_r H^\circ_{298}$  приведенных ниже реакций? Если да, то как, а если нет, то каких данных не хватает?



Если известно, что:

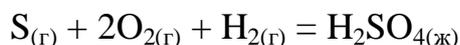
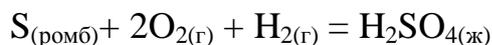
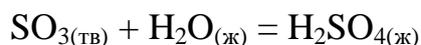


Если известно, что:



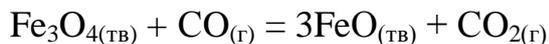
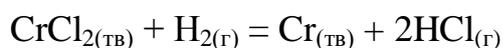
Для реакции а) приведите расчет, для реакции б) дайте ответ в общем виде.

4. Какие условия в термодинамике называют стандартными? Можно ли сказать, что значение  $\Delta H^\circ_{400}$  относится к стандартным величинам?
5. Дайте определение термину «энтальпия образования». Из приведенных ниже уравнений реакций укажите, изменение энтальпии какой реакции называется энтальпией образования серной кислоты.





6. Рассчитайте  $\Delta_r H^{\circ}_{298}$  следующих реакций, используя табличные значения  $\Delta_f H^{\circ}$  соответствующих веществ:



7. Напишите уравнения процессов, изменение энтальпии которых называют:

а) энергией кристаллической решетки KCl;

б) энергией гидратации  $K^+$

в) потенциалом ионизации K;

г) энергией сродства к электрону Cl;

д)  $\Delta H$  атомизации K;

е)  $\Delta H$  диссоциации  $Cl_2$ ;

ж) энергией связи C-H в молекуле  $CH_4$ .

8. Рассчитайте энергию связи C-H в молекуле  $CH_4$ , если известно, что

$$\Delta_f H^{\circ}_{298} CH_{4(г)} = -77.2 \text{ кДж/моль}; \quad \Delta_{ат} H^{\circ}_{298} C_{(тв)} = 714.8 \text{ кДж/моль};$$

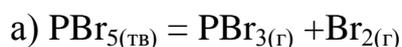
$$\Delta_{дис} H^{\circ}_{298} H_{2(г)} = 431.6 \text{ кДж/моль}.$$

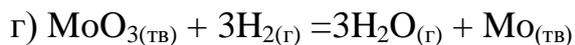
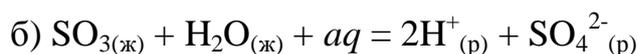
9. Каким образом, согласно представлениям классической термодинамики, энтропия связана с теплотой и температурой? Рассчитайте изменение энтропии при плавлении и кипении серы, если  $\Delta H^{\circ}_{пл} = 1.59 \text{ кДж/моль}$  (при  $T_{пл} = 386\text{K}$ ),  $\Delta H^{\circ}_{кип} = 9.21 \text{ кДж/моль}$  (при  $T_{кип} = 718\text{K}$ ).

10. Как объяснить тот факт, что при плавлении энтропия вещества увеличивается меньше, чем при испарении?

11. Почему, в отличие от энтальпии, для энтропии возможно определение абсолютного значения?

12. Предскажите, не проводя вычислений, как изменится энтропия (увеличится, уменьшится или останется неизменной) в результате протекания следующих процессов:





13. Какие факторы надо учитывать, чтобы судить о самопроизвольности процесса в неизолированных системах? Какая термодинамическая функция связывает энтальпию и энтропию системы?

14. Каково должно быть значение  $\Delta G$  системы при постоянной температуре и давлении, чтобы процесс протекал самопроизвольно? Будет ли в стандартных условиях при  $T = 298 \text{ K}$  протекать реакция разложения оксида меди (II) с образованием оксида меди (I)? Рассчитайте температуру, при которой такая реакция проходит самопроизвольно (считать  $\Delta_f H^\circ$  и  $\Delta_f S^\circ$  независимыми от температуры). При расчетах используйте следующие данные:

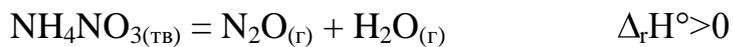
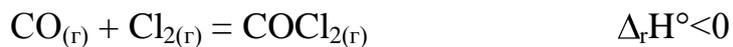
	$\text{Cu}_2\text{O}_{(\text{тв})}$	$\text{CuO}_{(\text{тв})}$	$\text{O}_{2(\text{г})}$
$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	-173.2	-162.0	0
$S^\circ_{298}$ , Дж/моль·К	92.93	42.63	205

15. Как изменение энергии Гиббса зависит от реальных условий – активности? Как рассчитать, зная парциальные давления и концентрации, активность: а) газов; б) чистых твердых веществ и жидкости; в) растворов?

16. При каких условиях самопроизвольное протекание процесса завершится? Какое состояние системы называется равновесием? Что такое константа равновесия? Используя данные предыдущей задачи, рассчитайте давление кислорода в равновесной системе  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{CuO}$  при температуре  $800^\circ\text{C}$ .

17. От каких факторов зависит константа равновесия? Каким образом можно изменить соотношение компонентов реакции, находящихся в равновесии? Напишите выражения для константы равновесия для этих реакций. Не проводя расчетов, предскажите, как изменится количество исходных

веществ в равновесии, если: а) увеличить температуру, б) увеличить давление.



18. Определите, будет ли оксид марганца  $\text{MnO}$  окисляться до  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  при  $T = 800 \text{ K}$  и  $p(\text{O}_2) = 10^{-2} \text{ атм}$ ? При расчетах используйте следующие данные:

	$\text{MnO}_{(тв)}$	$\text{Mn}_3\text{O}_{4(тв)}$	$\text{O}_{2(г)}$
$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	-385.1	-1387.6	0
$S^\circ_{298}$ , Дж/моль·К	61.5	154.8	205

## ВОПРОСЫ К ТЕМЕ

### «ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ, ФАЗОВЫЕ ДИАГРАММЫ И РАСТВОРЫ»

1. Дайте определения терминам «фаза», «независимый компонент», «степень свободы»? Может ли число фаз, независимых компонентов, степеней свободы быть произвольными в равновесной системе, как они связаны между собой? Определите число фаз, независимых компонентов и степеней свободы в системах, состоящих из:
  - а) насыщенного раствора KCl, кристаллов KCl и водяного пара над раствором;
  - б) насыщенного раствора  $K_2Cr_2O_7$ , льда, кристаллов  $K_2Cr_2O_7$  и водяного пара над раствором;
  - в) смеси твердых кристаллогидратов  $CaCl_2 \cdot 6H_2O$  и  $CaCl_2 \cdot 4H_2O$ , раствора хлорида кальция и насыщенного водяного пара;
  - г) смеси твердых оксидов CuO и  $Cu_2O$  и газообразного кислорода;
  - д) карбоната магния и продуктов его разложения;
2. Изобразите схему P-T фазовой диаграммы воды. Укажите на диаграмме:
  - а) линии, соответствующие зависимости давления насыщенного пара над жидкостью, над твердым веществом;
  - б) тройную точку;
  - в) область существования твердой фазы. Какое равновесие осуществляется при T и P, соответствующих тройной точке? Что такое температура кипения, от каких факторов она зависит?
3. На рис. 1 представлена T-x диаграмма системы  $H_2O - NH_4HF_2$ .
  - а) Для каждой области диаграммы укажите фазовый состав. Какие зависимости представляют собой линия *a-e-c*, *b-e-d*?
  - б) Определите состав эвтектики.
  - в) Нарисуйте кривые охлаждения для расплавов состава 30 мол.%  $H_2O$ . Для каждого излома на кривой укажите, как меняется число степеней свободы системы при этих температурах.

г) Определите по диаграмме максимальную растворимость (концентрацию насыщенного раствора) соли при  $T = 50^\circ\text{C}$ .

д) Можно ли очистить эту соль от примеси незначительного количества  $\text{NaCl}$  методом перекристаллизации. Ответ поясните.

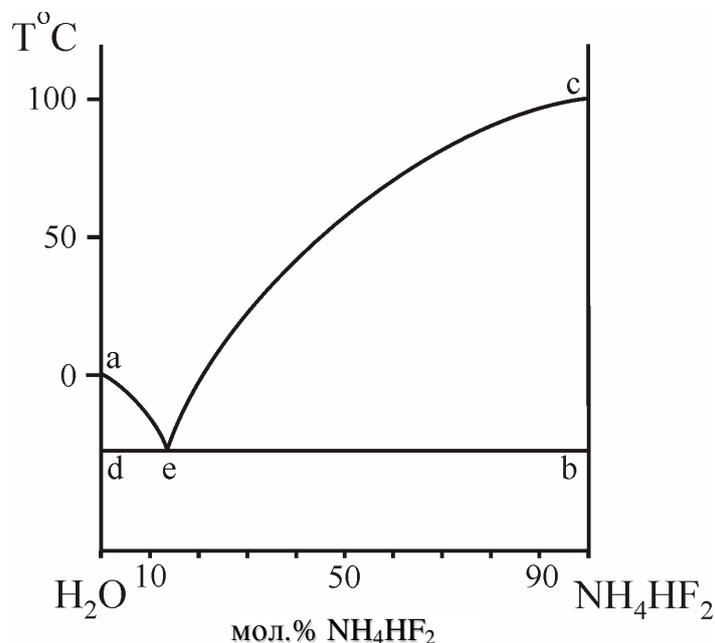
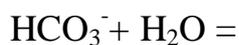
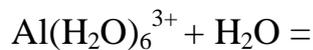
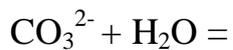
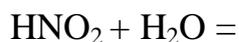


Рис. 1. Т-х фазовая диаграмма системы  $\text{H}_2\text{O} - \text{NH}_4\text{HF}_2$ .

- Какие способы выражения концентраций Вы знаете? Какие из них используются при определении величины осмотического давления, понижении давления пара над раствором (закон Рауля), изменения температур кипения и замерзания? Не проводя расчетов, определите, температура замерзания какого раствора выше 1) 0.1%-го водного раствора глюкозы или мочевины; 2) 0.01%-го раствора глюкозы или фруктозы; 3) 0.1 моляльного раствора глицерина или этиленгликоля?
- Какие свойства растворов называются коллигативными? Для каких растворов справедливы законы Рауля?
- Как соотносятся величины ( $>$ ,  $<$ ,  $=$ ) а) давления насыщенного пара воды над растворами, б) температуры замерзания и в) температуры кипения для: 1) 0.01 М раствора глюкозы; 2) 0.01М раствора  $\text{NaCl}$ ; 3) 0.01М раствора  $\text{BaI}_2$ ?

7. От каких факторов зависит степень диссоциации электролитов? Расставьте в порядке возрастания степени диссоциации следующие растворы: 0.1 М водный раствор KOH; 0.1 М спиртовой раствор KOH; 0.1 М водный раствор NH<sub>3</sub>; 0.01 М водный раствор NH<sub>3</sub>.
8. Что такое «сильные кислоты» и «слабые кислоты». Выберите из этого списка кислот - сильные: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; H<sub>2</sub>S; HCN; HNO<sub>2</sub>; HClO; HClO<sub>4</sub>; HF, HI, CH<sub>3</sub>COOH.
9. Допишите приведенные ниже реакции и запишите их в ионной, сокращенно-ионной форме. Какие равновесия сильно смещены в сторону продуктов реакции («идут практически до конца»)?
- |   |   |
|---|---|
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + HCl = | RbOH + HNO <sub>3</sub> =                                   |
| FeS + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =  | KNO <sub>3</sub> + BaCl <sub>2</sub> =                      |
| Al(OH) <sub>3</sub> + NaOH =            | Cu(OH) <sub>2</sub> + NH <sub>3</sub> =                     |
| FeCl <sub>3</sub> + KOH =               | Na <sub>2</sub> [Zn(OH) <sub>4</sub> ] + H <sub>2</sub> S = |
10. Определите значение pH среды: а) 0.01 М раствора HCl, б) 0.01 М раствора KOH, в) чистой воды, г) 0.01 М раствора HNO<sub>2</sub> (K<sub>a</sub>=5.1·10<sup>-4</sup>).
11. Напишите уравнение реакции, константой равновесия которой является ПР Ca(OH)<sub>2</sub>. Какой объем воды потребуется для растворения 1 г Ca(OH)<sub>2</sub>? Каково значение pH насыщенного раствора Ca(OH)<sub>2</sub> (ПР = 5.5·10<sup>-6</sup>)?
12. Какие процессы называются «гидролизом солей»? Приведите пример соли, гидролизующейся: а) по катиону, б) по аниону, в) подвергающуюся полному гидролизу. Напишите уравнения реакций в полной, ионной и сокращенно-ионной форме. Определите значение pH 0.01М раствора KNO<sub>2</sub>. (K<sub>a</sub>(HNO<sub>2</sub>) = 5.1·10<sup>-4</sup>).
13. От каких факторов зависит степень гидролиза? Сравните значения pH (>, <, =) растворов одинаковой молярности: а) FeCl<sub>2</sub> и FeCl<sub>3</sub>; б) KNO<sub>2</sub> и KNO<sub>3</sub>. Напишите уравнение реакции:
- AlCl<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O =
- CuSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O =

14. Дайте определения понятия кислоты и основания в теории Бренстеда-Лоури. Укажите сопряженные пары кислот и оснований в следующих реакциях:



15. Какую массу очищенной соли можно получить из 200 г 40%-го раствора  $\text{KNO}_3$ , если раствор охладить до  $10^\circ\text{C}$  (растворимость 21.2 г на 100 г воды). Будет ли соль содержать примесь  $\text{KCl}$ , если исходный раствор содержал 12г хлорида калия, а его растворимость при  $10^\circ\text{C}$  равна 31.2 г на 100 г воды. В каких случаях методом перекристаллизации можно очистить вещества от растворимых примесей?

## ВОПРОСЫ К ТЕМЕ

### «СТРОЕНИЕ АТОМА, ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН, ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ»

1. Что такое атом? Из чего он состоит? Что такое массовое число? Что такое радиоактивность и период полураспада? Приведите пример реакции радиоактивного распада.
2. Что такое квантовые числа, какие значения они принимают и какие свойства определяют?
3. Дайте определение понятию «орбиталь». Какими квантовыми числами полностью определяется орбиталь и электроны на ней? Как изменяется относительная энергия орбиталей, в чем смысл правила Клечковского?
4. Что определяется принципом Паули и правилами Хунда? Приведите электронную конфигурацию S, Cr, Ge, Br, Rb,  $Ti^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $P^{3+}$ , начиная от предшествующего благородного газа.
5. Чем определяется периодичность свойств элементов? Приведите современную формулировку Периодического закона. Укажите места расположения металлов и неметаллов, s-, p-, d-, и f-элементов в Периодической системе.
6. Обсудите следующие основные свойства химических элементов: атомный радиус, первый потенциал ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность. Каковы основные тенденции изменения этих величин в группах и периодах?
7. Что такое химическая связь? Какие силы объединяют атомы в молекулы? Каковы основные параметры химической связи? Назовите основные типы химической связи.
8. Что такое ковалентная связь? Каковы основы метода валентных связей (МВС)? Как определяется взаимодействие атомов в схеме Льюиса? Что такое донорно-акцепторное взаимодействие? Приведите структуры Льюиса для молекул HF,  $PF_3$ ,  $CCl_4$ ,  $COCl_2$ .

9. Обсудите понятия «кратность связи», «правило октета», «насыщаемость связи», «поляризуемость связи»? Что такое направленность ковалентной связи, гибридизация? Приведите примеры молекул с  $sp^3$  и  $sp^2$  гибридизацией. В чем проявляются недостатки МВС?
10. Приведите основные положения метода Гиллеспи. Примените метод для определения геометрической конфигурации молекул  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{SOCl}_2$ . Каковы ограничения метода Гиллеспи?
11. Каковы основы метода МО-ЛКАО? Что такое связывающие и разрыхляющие молекулярные орбитали и как они образуются из атомных орбиталей? Что такое  $\sigma$ -связь,  $\pi$ -связь,  $\sigma$ -орбитали,  $\pi$ -орбитали?
12. Постройте энергетические диаграммы МО следующих двухатомных молекул и ионов:  $\text{H}_2^-$ ,  $\text{Be}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CN}^-$ , определите кратность связи в них; для ионов предложите формулы изоэлектронных молекул. Определите, какие из указанных ионов и молекул парамагнитны.
13. Дайте определение понятию «ионная связь»? Каковы основные особенности ионных соединений? Приведите примеры соединений с преимущественно ионной связью, укажите основные характерные для них типы кристаллической структуры. В чем смысл константы Маделунга?
14. Что такое водородная связь? В каких молекулах и ионах она образуется и как влияет на их физические свойства? Как меняются температуры плавления и кипения в ряду галогенов и галогеноводородов?
15. Каковы основные особенности Ван-дер-ваальсовой связи? Укажите три типа Ван-дер-ваальсовых взаимодействий и обсудите их относительную энергию.
16. Как осуществляется связь в металлах? Сравните  $\text{Li}_{2(\text{r})}$  и  $\text{Li}_{(\text{тв})}$ : есть ли разница в связи в этих веществах?

## ВОПРОСЫ К ТЕМЕ

### «ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ»

1. Что такое степень окисления? Рассчитайте степень окисления элементов в следующих частицах:  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{VO}_2\text{NO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_3^-$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ,  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ .
2. Из перечисленных ниже веществ выберите соединения, у которых преобладают окислительные свойства, и соединения, у которых преобладают восстановительные свойства. Приведите примеры реакций, подтверждающих Ваш выбор.  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{ICl}_3$ .
3. Какие продукты могут быть получены при взаимодействии  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ? Какие факторы влияют на протекание реакции? Напишите уравнения соответствующих реакций.
4. Уравняйте следующие окислительно-восстановительные реакции методом электронно-ионного баланса:
  - а.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - б.  $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow$
  - в.  $\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - г.  $\text{PbS} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow$
  - д.  $\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - е.  $\text{I}_2 + \text{HNO}_{3(100\%)} \rightarrow \text{HIO}_3 +$
  - ж.  $\text{FeBr}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow$
  - з.  $\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
5. Что такое ЭДС реакции? Что такое стандартный электродный потенциал и как его можно определить экспериментально? Ответ подтвердите примерами реакций, протекающих: а) в кислой среде, б) в щелочной среде.
6. Укажите, какому процессу соответствует значение  $E^\circ(\text{Ca}^{2+}/\text{Ca})$  :
  - а.  $\text{Ca}_{(\text{p-p})}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Ca}_{(\text{кр})}$
  - б.  $\text{Ca}_{(\text{кр})} + 2\text{H}_{(\text{p-p})}^+ \rightarrow \text{Ca}_{(\text{p-p})}^{2+} + \text{H}_{2(\text{г})}$
  - в.  $\text{Ca}_{(\text{кр})} - 2e \rightarrow \text{Ca}_{(\text{p-p})}^{2+}$



окислительную способность хлорит- и хлорат-анионов. Рассчитайте значения  $E^\circ(\text{ClO}_3^-/\text{Cl}_2)$  и  $E^\circ(\text{ClO}_3^-/\text{Cl}^-)$ . Изменится ли значение  $E(\text{ClO}_3^-/\text{Cl}^-)$  при изменении pH среды от 0 до 14?

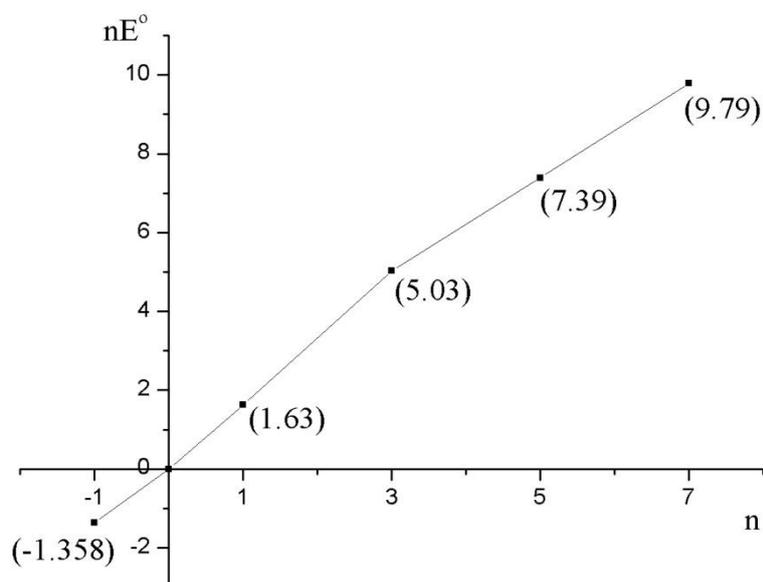
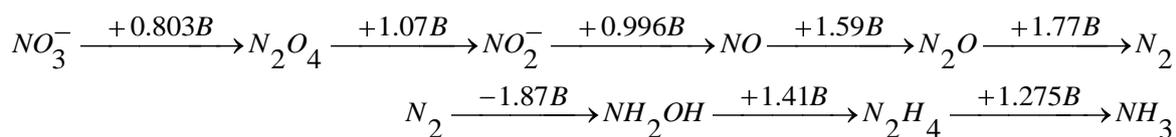


Рис. 2. Диаграмма Фроста для хлора при pH=0.

13. На основании приведённой диаграммы Латимера (pH = 14) рассчитайте значение  $E^\circ(\text{NO}_3^-/\text{NO})$ . Сравните со значением, полученным в №11, объясните отличие рассчитанных значений стандартных электродных потенциалов. Рассчитайте  $E(\text{NO}_3^-/\text{NO})$  при pH=10.



14. Приведите примеры реакций, в которых водород выступает как окислитель, как восстановитель.
15. Сравните строение и химические свойства кислорода и озона, приведите примеры окислительно-восстановительных реакций с их участием.

## 16. ВОПРОСЫ К ТЕМЕ

### «ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ 17-Й ГРУППЫ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 17-й группы? Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры соединений этих элементов в различных степенях окисления.
2. Как меняются по группе F-Cl-Br-I: а) радиусы атомов, б) первый потенциал ионизации, в) электроотрицательность атомов?
3. Какие из перечисленных соединений встречаются в природе: NaF, CaF<sub>2</sub>, NaCl, HCl, KClO<sub>3</sub>, Br<sub>2</sub>, NaBr, NaBrO<sub>4</sub>, NaI, NaIO<sub>3</sub>? Как получают галогены в виде простых веществ в промышленности и в лаборатории? Напишите уравнения соответствующих реакций.
4. Как изменяются окислительные свойства в ряду галогенов F<sub>2</sub>-Cl<sub>2</sub>-Br<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>? Проиллюстрируйте эту закономерность примерами химических реакций. В чем проявляются особенности фтора по сравнению с другими галогенами? Для окислительно-восстановительных процессов напишите электронно-ионные уравнения полуреакций.
5. Как изменяется в ряду галогеноводородов HF-HCl-HBr-HI: а) межатомное расстояние H-Hal, б) прочность связи, в) кислотные свойства их растворов в воде?
6. Как изменяются восстановительные свойства в ряду галогеноводородов HF-HCl-HBr-HI? Проиллюстрируйте эту закономерность примерами химических реакций. Как получают галогеноводороды? Для окислительно-восстановительных процессов напишите электронно-ионные уравнения полуреакций.
7. Как галогены реагируют с водой? Напишите уравнения соответствующих реакций. Дайте определение реакции диспропорционирования.
8. Каково пространственное строение анионов оксокислот хлора HClO, HClO<sub>2</sub>, HClO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub> и название кислот и их солей. Как меняется сила кислот в

ряду  $\text{HClO}-\text{HClO}_2-\text{HClO}_3-\text{HClO}_4$ ? Для какой соли,  $\text{KClO}$  или  $\text{KClO}_3$ , значение pH растворов с одинаковой концентрацией будет больше, почему?

9. Как меняются окислительные свойства в ряду  $\text{HClO}-\text{HClO}_2-\text{HClO}_3-\text{HClO}_4$ ?

10. Сопоставьте по ряду оксокислот  $\text{HClO}_3-\text{HBrO}_3-\text{HIO}_3$ : а) окислительные свойства, б) кислотные свойства, в) термическую устойчивость. Приведите примеры взаимодействия этих кислот с  $\text{I}_2$ . Напишите уравнения соответствующих реакций.

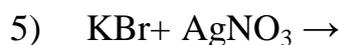
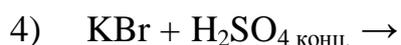
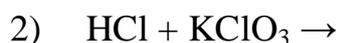
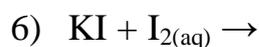
11. Предложите способ получения  $\text{KICl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , используя в качестве единственного источника хлора  $\text{KCl}$ , а в качестве единственного источника иода –  $\text{KI}$ .

а) Напишите уравнения всех реакций и укажите условия их проведения.

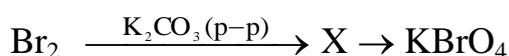
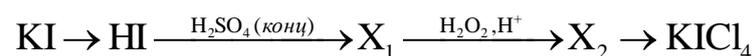
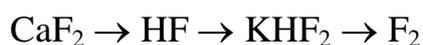
б) Напишите уравнения реакций взаимодействия этого соединения с избытком воды и с раствором  $\text{KOH}$ .

в) Каково геометрическое строение иона  $\text{ICl}_4^-$  и валентные углы ( $>$ ,  $<$ ,  $= 90^\circ$ ,  $109.5^\circ$ ,  $120^\circ$ )? Ответ поясните, используя метод Гиллеспи.

12. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения:



13. Напишите уравнения реакций следующих превращений, укажите условия их проведения:



## ВОПРОСЫ К ТЕМЕ

### «ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ 16-Й ГРУППЫ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 16-й группы? Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры соединений этих элементов в различных степенях окисления.
2. Как меняются по группе O–S–Se–Te: а) радиусы атомов, б) первый потенциал ионизации, в) электроотрицательность атомов?
3. Что такое аллотропия и полиморфизм? Какие аллотропные и полиморфные модификации кислорода и серы Вы знаете? Как их получают?
4. Как меняются физические и химические свойства простых веществ в ряду O–S–Se–Te?
5. Как изменяется в ряду H<sub>2</sub>O–H<sub>2</sub>S–H<sub>2</sub>Se–H<sub>2</sub>Te: а) межатомное расстояние Н-Э, б) прочность связи, в) угол Н-Э-Н, г) полярность связи, д) Δ<sub>f</sub>H°<sub>298</sub>? Как получают эти соединения?
6. Как изменяются кислотные свойства растворов в воде в ряду H<sub>2</sub>S–H<sub>2</sub>Se–H<sub>2</sub>Te?
7. Как изменяются восстановительные свойства в ряду H<sub>2</sub>O–H<sub>2</sub>S–H<sub>2</sub>Se–H<sub>2</sub>Te? Проиллюстрируйте эту закономерность примерами химических реакций H<sub>2</sub>O и H<sub>2</sub>S.
8. Предложите способ получения диоксида серы, используя в качестве единственного источника серы BaSO<sub>4</sub>. Напишите уравнения всех реакций и условия их проведения.
9. Используя в качестве единственного источника серы газообразный H<sub>2</sub>S, предложите способ получения Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> и Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Напишите уравнения соответствующих реакций и условия их проведения. Напишите уравнение реакции взаимодействия избытка Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> с MnSO<sub>4</sub> в подкисленном водном растворе.

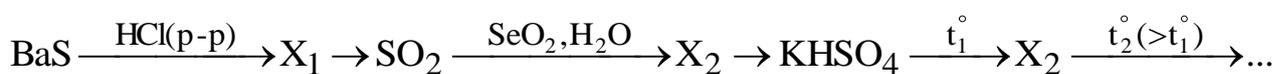
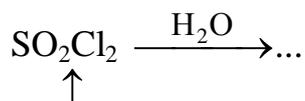
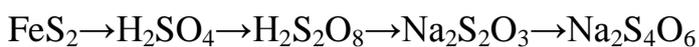
10. В бьюксах без этикеток находятся в виде порошков  $\text{SeO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Определите содержимое бьюксов, используя характерные химические реакции. Напишите уравнения всех предложенных Вами реакций и условия их проведения.

11. Какая из кислот, серная или сернистая, является более сильным окислителем? Ответ подтвердите примерами уравнений реакций.

12. Что произойдет при взаимодействии  $\text{SeO}_2$  с сульфитом натрия в кислой среде? Напишите уравнение реакции. Какое из упомянутых соединений Э(IV) является более сильным восстановителем? Приведите примеры соединений Э(VI), в которых соединение селена является более сильным окислителем.

13. В двух пробирках без этикеток находятся растворы, полученные в результате гидролиза  $\text{SOCl}_2$  и  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ . Предложите химический способ определения содержимого каждой пробирки. Напишите последовательно уравнения всех реакций и укажите, на основании каких свойств Вы распознаете каждое из веществ.

14. Осуществите химические превращения, используя минимальное количество стадий:



$\text{X}_i$  – вещество, содержащее S.

15. Определите, будет ли сера диспропорционировать с образованием  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_3$  при  $\text{pH} = 3$ , если  $E^\circ(\text{S}/\text{H}_2\text{S}) = +0.14 \text{ В}$ ;  $E^\circ(\text{H}_2\text{SO}_3/\text{H}_2\text{S}) = +0.38 \text{ В}$ . Ответ подтвердите расчетом э.д.с. реакции. Считайте активности всех остальных веществ, участвующих в реакции, равными 1.

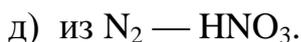
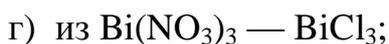
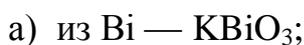
**ВОПРОСЫ К ТЕМЕ**  
**«ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ 15-Й ГРУППЫ»**

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 15-й группы? Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры соединений этих элементов в различных степенях окисления.
2. Как меняются по группе N–P–As–Sb–Bi:
  - а) радиусы атомов,
  - б) электроотрицательность атомов,
  - в) первые потенциалы ионизации?
3. Какими способами получают: аммиак, гидразин, гидроксилламин? Проиллюстрируйте примерами реакций их восстановительные свойства. Какие из этих веществ проявляют окислительную активность? Приведите примеры соответствующих реакций.
4. Используя в качестве примера цинк и медь, напишите уравнения взаимодействия металла с азотной кислотой различной концентрации: 2, 30, 60%.
5. Как изменяются восстановительные свойства в ряду  $\text{NH}_3\text{--PH}_3\text{--AsH}_3\text{--SbH}_3\text{--BiH}_3$ ? Подтвердите ответ примерами химических реакций. Как получают  $\text{PH}_3$  и  $\text{SbH}_3$ ?
6. Известно, что в ряду элементов P–As–Sb–Bi устойчивость соединений в высшей степени окисления уменьшается. Каков состав соединений, образующихся при горении на воздухе фосфора, мышьяка, сурьмы, висмута? Напишите уравнения реакций взаимодействия  $\text{KBiO}_3$  с  $\text{HCl}$  и  $\text{KBiO}_3$  с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
7. Как меняются окислительные свойства в ряду  $\text{HNO}_2\text{--HNO}_3$ ? Проиллюстрируйте ответ примерами химических реакций разбавленных растворов этих кислот с одним и тем же восстановителем. Напишите электронно-ионные уравнения полуреакций.

8. Напишите уравнения реакций и электронно-ионные уравнения полуреакций для следующих процессов:

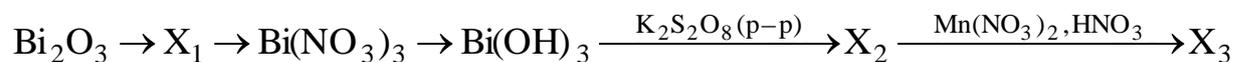
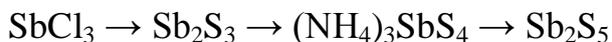


9. Предложите схему получения:



Напишите уравнения реакций.

10. Напишите уравнения реакций следующих превращений, используя для каждого превращения минимальное число стадий. Укажите условия их проведения.



$\text{X}_i$  – вещества, содержащие Bi.

11. В трех закрытых сосудах находятся продукты взаимодействия  $\text{NOCl}$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{BiCl}_3$  с водой.

1) Напишите уравнения реакций взаимодействия веществ с водой. Какова реакция среды (щелочная, нейтральная или кислая) получившихся растворов?

- 2) Какие процессы протекают при взаимодействии этих веществ с раствором NaOH? Напишите уравнения соответствующих реакций.
- 3) Приведите примеры реакций, в которых  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  проявляют окислительные свойства. Напишите уравнения реакций.
12. В трех пробирках без этикеток находятся растворы солей:  $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Предложите химический способ определения содержимого каждой пробирки. Напишите последовательно уравнения всех предложенных Вами реакций и укажите, на основании каких свойств Вы распознали каждую из солей. Укажите, как меняются окислительно-восстановительные свойства и сила кислот в ряду  $\text{H}_3\text{PO}_4$ — $\text{H}_3\text{PO}_3$ — $\text{H}_3\text{PO}_2$ . Нарисуйте графические формулы анионов этих кислот.

## ВОПРОСЫ К ТЕМЕ

### «ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ 14-Й ГРУППЫ И БОРА»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 14-й группы и бора? Какие степени окисления проявляют эти элементы? Приведите примеры соединений этих элементов в различных степенях окисления.
2. Как изменяются атомные радиусы в ряду C–Si–Ge–Sn–Pb? Как изменяются по группе кислотные свойства оксидов Э(IV)?
3. Сопоставьте кислотные свойства угольной и ортокремниевой кислот. Что происходит при пропускании в раствор силиката натрия избытка углекислого газа? Как взаимодействуют при совместном прокаливании карбонат натрия с оксидом кремния (IV)? Напишите уравнения соответствующих реакций. Сопоставьте летучесть соответствующих оксидов. Как влияет строение оксида на его агрегатное состояние, химические и физические свойства?
4. Какие процессы протекают при растворении  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в воде? Напишите уравнения реакций электролитической диссоциации и гидролиза этой соли. Какова реакция среды получившегося раствора: кислая, нейтральная или щелочная? Как усилить гидролиз?
5. Какие процессы протекают при взаимодействии  $\text{BF}_3$ ,  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$  с водой? Какие комплексные частицы образуются во фторидных растворах? Напишите уравнения соответствующих реакций. Какова реакция среды получившихся растворов:  $\text{pH} < 7$ ,  $= 7$ ,  $> 7$ ?
6. Приведите примеры (галогениды, оксиды, гидриды) близких свойств соединений бора и кремния и различия в свойствах одноподобных соединений углерода. Напишите уравнения соответствующих реакций.
7. Объясните, можно ли хранить плавиковую кислоту ( $\text{HF}$ ) в стеклянной посуде? Предложите несколько способов перевода в растворимые

соединения оксида кремния  $\text{SiO}_2$ . Напишите уравнения всех предложенных Вами реакций, укажите условия их проведения.

8. Характерны ли для соединений элементов 14-й группы ОВР? Приведите примеры.
9. Известно, что в ряду элементов Si, Ge, Sn, Pb устойчивость соединений в низшей положительной степени окисления увеличивается. Подтвердите устойчивость  $\text{Pb}^{2+}$  уравнениями реакции  $\text{PbO}_2$  с  $\text{HCl}$ . Приведите пример другой группы Периодической системы, в которой существует такая же закономерность.
10. Объясните, почему для разделения смеси сульфидов  $\text{PbS}$  и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  можно использовать растворы сульфида  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  или полисульфида  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$ . Напишите уравнения соответствующих реакций.
11. Определите, будут ли соединения олова (II) восстанавливать  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  при  $\text{pH} = 14$  если известно, что  $E^\circ([\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}/[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-}) = -0.93 \text{ В}$ ;  $E^\circ(\text{Bi}(\text{OH})_3/\text{Bi}) = -0.45 \text{ В}$ . Ответ подтвердите расчетом  $E_r^\circ$ . Напишите уравнение реакции взаимодействия  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4]$  с  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ .
12. Напишите уравнения реакций, используя для каждого превращения минимальное число стадий, укажите условия их проведения:
- $$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{B}$$
- $$\text{C} \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$$
- $$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiF}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6$$
- $$\text{SnCl}_2 \rightarrow \text{SnS} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SnS}_3 \rightarrow \text{SnS}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SnCl}_6$$
- $$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{X}_1 \rightarrow \text{Pb}_3\text{O}_4 \xrightarrow{\text{HNO}_3(\text{p-p})} \text{X}_2$$
- $\text{X}_i$  – вещества, содержащие Pb.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М.Е. Тамм, Ю.Д. Третьяков. Неорганическая химия. Т.1. Физико-химические основы неорганической химии. – М.: Изд. центр «Академия», 2004.
2. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Неорганическая химия. Т.2. Химия непереходных элементов. Под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Изд. центр «Академия», 2004.
3. Н.С. Ахметов. Общая и неорганическая химия. – М.: Высш.школа. 2001.
4. Ю.Д. Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе. Неорганическая химия. Химия элементов. Учебник в 2 томах. - М. МГУ: ИКЦ «Академкнига». 2007.
5. Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон. Современная неорганическая химия: в 3 т. – М.: Мир. 1969.
6. Практикум по неорганической химии. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия». 2004.
7. Ю.М. Коренев, А.Н. Григорьев, Н.Н. Желиговская, К.М. Дунаева. Задачи и вопросы по общей и неорганической химии с ответами и решениями. – М.: Мир. 2004.
8. Е.И. Ардашникова, Г.Н. Мазо, М.Е. Тамм. Сборник задач по неорганической химии. Под ред. Ю.Д. Третьякова. М.: Изд. центр «Академия», 2008.