

Комитет образования и науки Курской области
Решения заданий для муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии в 2017/2018 учебном году

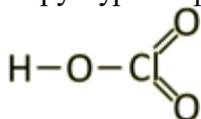
Задание 9-1 (8 баллов)

Приведите структурную формулу кислоты, в состав которой входит анион ЭO_3^- , содержащий 42 электрона. Укажите степень окисления атома Э. Приведите название кислоты и ее аниона.

Решение

Число электронов в атоме элемента равно порядковому номеру элемента в таблице Менделеева: $N(e) = 42 - (3 \cdot 8 + 1) = 17$, №=17. Неизвестный элемент Э – хлор, анион – ClO_3^- . **3 балла**

Структурная формула кислоты:



2 балла

В состав кислоты HClO_3 входит Cl^{+5} .

1 балл

HClO_3 - хлорноватая кислота, ClO_3^- - хлорат-ион.

2 балла

Итого 8 баллов

Задание 9-2 (12 баллов)

Углерод образует два чрезвычайно устойчивых оксида (CO и CO_2). Монооксид углерода при обычных условиях горючий газ без цвета и запаха, токсичный из-за его способности образовывать комплекс с гемоглобином, который примерно в 300 раз устойчивее, чем комплекс кислород-гемоглобин. Дioxid углерода при обычных условиях – бесцветный газ, примерно в 1,5 раза тяжелее воздуха, благодаря чему его можно переливать, как жидкость, из одного сосуда в другой.

Вычислите объемные доли газов в смеси оксидов углерода, если данная смесь занимает объем 1,68 л (н.у.) и содержит $8,73 \cdot 10^{23}$ электронов.

Решение

Число электронов в 1 молекуле CO : $6+8=14$

Число электронов в 1 молекуле CO_2 : $6+8 \cdot 2 = 22$

2 балла

$$n(\text{газов}) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,68}{22,4} = 0,075 \text{ моль}$$

$$n(\text{электронов}) = \frac{N}{N_A} = \frac{8,73 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,45 \text{ моль}$$

2 балла

Пусть в смеси x моль CO и y моль CO_2 . Тогда можем составить систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,075 \\ 14x + 22y = 1,45 \end{cases}$$

Откуда $x = 0,025$, $y = 0,05$

4 балла

$$V(\text{CO}) = n \cdot V_m = 0,025 \cdot 22,4 = 0,56 \text{ л}$$

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_m = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{V(\text{CO})}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{0,56}{1,68} \cdot 100\% = 33,3\%$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{1,12}{1,68} \cdot 100\% = 66,7\%$$

4 балла

(Аналогично, если расчет объемной доли выполнен по молям, т.к. для газов $\varphi = \chi$)

Итого 12 баллов

Задание 9-3 (8 баллов)

При взаимодействии 1,67 г карбоната двухвалентного металла с азотной кислотой образовалось 2,07 г его нитрата. Определите формулу карбоната металла.

Решение

Дано:

$$m(\text{MeCO}_3) = 1,67\text{г}$$

$$m(\text{Me}(\text{NO}_3)_2) = 2,07\text{г}$$

Найти:

$$\text{MeCO}_3 - ?$$

Решение:



Пусть Mr (MeCO₃) = x + 12 + 3 · 16 = x + 60, тогда

$$\text{Mr} (\text{Me}(\text{NO}_3)_2) = x + 2 \cdot (14 + 48) = x + 124$$

$$\begin{array}{ccc} 1,67 & & 2,07 \\ \text{MeCO}_3 & \rightarrow & \text{Me}(\text{NO}_3)_2 \\ x + 60 & & x + 124 \end{array}$$

$$1,67 \cdot (x + 124) = 2,07 \cdot (x + 60)$$

$$207,08 + 1,67x = 2,07x + 124,2$$

$$2,07x - 1,67x = 207,08 - 124,2$$

$$0,4x = 82,88$$

$$x = 207,2$$

$$\text{Ar}(\text{Pb}) = 207,2$$

Ответ: PbCO₃

Количество баллов:

- составлена схема реакции 2 балла
- определены молекулярные массы карбоната и нитрата металла 2 балла
- рассчитана атомная масса металла 2 балла
- определена формула карбоната металла 2 балла

Итого 8 баллов

Задание 9-4 (10 баллов)

Для получения раствора сульфата калия рассчитанное количество карбоната калия растворили в 5%-ной серной кислоте. Определите массовую долю сульфата калия в полученном растворе, если это единственное растворенное вещество.

Решение

$$1) \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow \quad \text{1 балл}$$

2) В каждом 100 г раствора серной кислоты содержится 5 г или

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5/98 = 0,051 \text{ моль} \quad \text{1 балл}$$

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{CO}_2) = 0,051 \text{ моль} = 0,051 \text{ моль} \quad \text{1 балл}$$

3) Массы веществ:

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = nM = 0,051 \cdot 138 = 7,04 \text{ г};$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = nM = 0,051 \cdot 174 = 8,87 \text{ г};$$

$$m(\text{CO}_2) = nM = 0,051 \cdot 44 = 2,24 \text{ г} \quad \text{3 балла}$$

4) Масса раствора и массовая доля сульфата калия в нем:

$$m(\text{полученного раствора}) = m(\text{исходного раствора}) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) - m(\text{CO}_2) = 100 + 7,04 - 2,24 = 104,8 \text{ г}$$

3 балла

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = (8,87/104,8) \cdot 100\% = 8,5\%$$

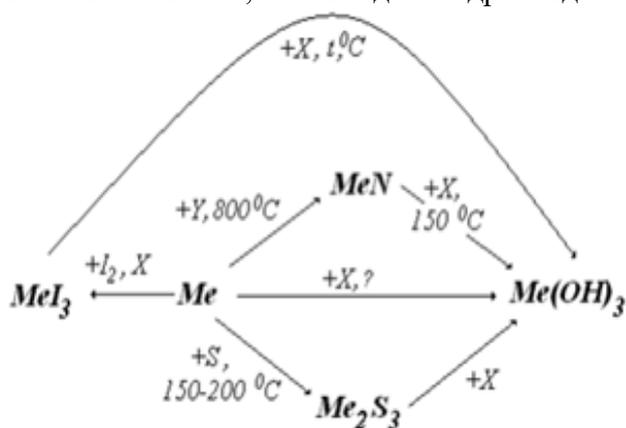
1 балл

Итого 10 баллов

Задание 9-5 (16 баллов)

Вещество **X** представляет собой бесцветную, летучую, химически активную жидкость. **Me** - белый, мягкий, легкий, пластичный металл, который при определенных условиях взаимодействует с веществом **X**; его оксид и гидроксид проявляет амфотерные свойства. Вещество **Y** - бесцветный газ, химически активный, очень хорошо растворяется в веществе **X**.

- 1) Установите формулы веществ.
- 3) Составьте уравнения всех реакций.
- 4) Подтвердите амфотерные свойства **Me**, его оксида и гидроксида.

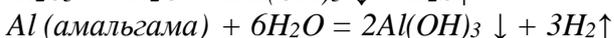
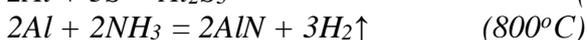


Решение

Металл **Me** - **Al**; вещество **X** - вода **H₂O**; вещество **Y** - аммиак **NH₃**

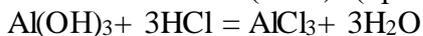
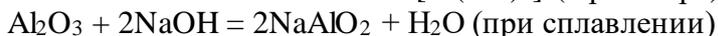
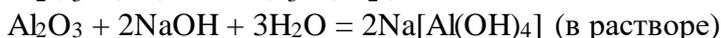
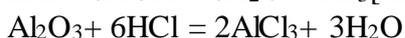
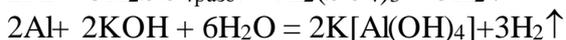
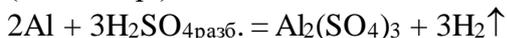
3 балла

В схеме зашифрованы следующие уравнения реакций:



7 баллов

В доказательство амфотерных свойств металла, его оксида и гидроксида учащиеся могут привести реакции взаимодействия указанных веществ с раствором кислоты и щелочи (конц., гор.), с кислотными и основными оксидами и т.п. Например:



И т.п.

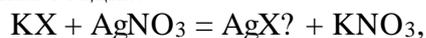
6 баллов

Задание 9-6 (18 баллов)

Смесь двух галогенидов калия общей массой 5,00 г растворили в воде. При добавлении к полученному раствору избытка раствора нитрата серебра было получено 8,58 г осадка. Определите, какие галогениды калия могли быть взяты в смеси, качественный состав и возможную окраску осадка.

Решение

Уравнение реакции образования осадка:



где X = Cl, Br, I.

Фторид калия осадка не дает, т.к. AgF хорошо растворим в воде (172 г на 100 г воды при 20° С). **2 балла**

Если осадок образован двумя галогенидами можно определить общее количество галогенидов:

$$n = (8,58 - 5) : (Ar(Ag) - Ar(K)) = 3,58 : (108 - 39) = 0,0507 \text{ (моль)}$$

7 баллов

1 случай - Пусть смесь галогенидов включает KF

Тогда второй компонент смеси:

а) $n(KCl) = 0,0507$ моль, $m(KCl) = 74,5 \cdot 0,0507 = 3,78$ (г) < 5 г, может быть такая пара;

б) $n(KBr) = 0,0507$ моль, $m(KBr) = 119 \cdot 0,0507 = 6,03$ (г) > 5 г, не может быть такой пары;

в) $n(KI) = 0,0507$ моль, $m(KI) = 166 \cdot 0,0507 = 8,42$ (г) > 5 г, не может быть такой пары.

Т.о., если в смеси был фторид калия, то с ним в паре мог находиться только хлорид калия, т.к. бромид и иодид калия не могли бы дать такую массу осадка.

3 балла

2 случай - В смеси нет KF. Тогда возможны три варианта смесей:

1 смесь: KCl – KBr

$$n(KCl) = x \text{ моль}, n(KBr) = y \text{ моль}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,057 \\ 74,5x + 119y = 5 \end{cases}$$

$$x = 0,0237, y = 0,027$$

$$m(\text{смеси}) = 5 \text{ г}$$

$$m(\text{смеси}) = 5 \text{ г}$$

2 смесь: KCl – KI

$$n(KCl) = x \text{ моль}, n(KI) = y \text{ моль}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,057 \\ 74,5x + 166y = 5 \end{cases}$$

$$x = 0,0374, y = 0,0133$$

$$x = 0,0374, y = 0,0133$$

$$m(\text{смеси}) = 5 \text{ г}$$

3 смесь: KBr – KI

$$n(KBr) = x \text{ моль}, n(KI) = y \text{ моль}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,057 \\ 119x + 166y = 5 \end{cases}$$

$$119x + 166y = 5$$

Система уравнений решения не имеет.

Т.о. в смеси могли находиться только пары KCl – KBr, KCl – KI (5 г смеси KBr – KI не могли бы дать такую массу осадков галогенидов серебра).

3 балла

Тогда для возможных смесей:

Смесь	Осадок	Окраска
KCl – KBr	AgCl + AgBr	светло–желтая
KCl – KI	AgCl + AgI	Желтая
KF – KCl	AgCl	Белая

3 балла

Итого 18 баллов

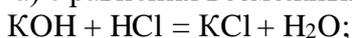
Задание 9-7 (мысленный эксперимент) 16 баллов

В 5 склянках без этикеток находятся растворы следующих веществ: гидроксид калия, карбонат калия, соляная кислота, сульфат алюминия, хлорид калия.

- а) Какие из этих веществ могут взаимодействовать между собой? Напишите молекулярные и краткие ионные уравнения соответствующих реакций.
 б) Опишите, как распознать растворы этих веществ, не используя других химических реактивов (последовательность действий, наблюдения, выводы).
 в) Один из осадков, получаемых при взаимодействии этих растворов, растворяется в избытке одного из исходных веществ. Что это за осадок и как объяснить растворение осадка (уравнение реакции).

Решение

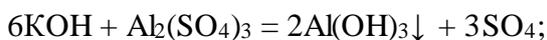
а) Уравнения возможных реакций:



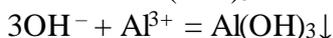
1 балл



1 балл



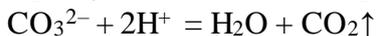
1 балл



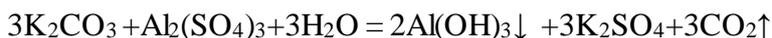
1 балл



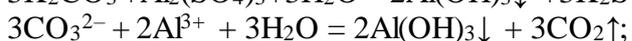
1 балл



1 балл



2 балла



1 балл

(За каждое «лишнее» уравнение реакции обмена –0,5 балла)

б) Возможные взаимодействия веществ удобно представить в виде таблицы:

	KOH	K ₂ CO ₃	HCl	Al ₂ (SO ₄) ₃	KCl
KOH		–	–	Осадок	–
K ₂ CO ₃	–		газ	осадок + газ	–
HCl	–	Газ		–	–
Al ₂ (SO ₄) ₃	осадок	осадок + газ	–		–
KCl	–	–	–	–	
<i>Итог</i>	<i>1 осадок</i>	<i>газ,</i>	<i>1 газ</i>	<i>осадок,</i>	<i>нет</i>

		<i>осадок + газ</i>		<i>осадок + газ</i>	<i>эффектов</i>
--	--	---------------------	--	---------------------	-----------------

Взяв в 4 пробирки пробы четырех растворов и испытав их пятым, можно по сумме наблюдаемых эффектов определить следующее:

если при этом ни в одной пробирке ничего не наблюдалось, пятое вещество - KCl;
1 балл

если в одной пробирке выделился газ, значит пятое вещество – HCl (1 балл), а проба в эту пробирку бралась из склянки с раствором K₂CO₃.
1 балл

если в одной пробирке выпал осадок, значит пятое вещество – KOH (1 балл), а проба в эту пробирку бралась из склянки с раствором Al₂(SO₄)₃
1 балл

Растворяться в избытке щелочи может гидроксид алюминия, вследствие своей амфотерности:
1 балл

$Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$ 1 балл

Итого 16 баллов

Максимально за всю работу - 88 баллов

Список литературы

1. <http://www.chem.msu.ru>
2. <http://www.rsr-olymp.ru/>
3. <http://www.chem.msu.ru>
4. Оригинальная задача: Сборник олимпиадных задач по химии. - Тверь: Издательство "СФК-офис", 2013. - 76с.
5. Свитанько И.В. Нестандартные задачи по химии. – М.: МИРОС, 1993. – 83с.
6. <http://www.seznaika.ru/himiya/olimpiada/2033-----9>
7. <http://www.chem.msu.ru>