

Ставропольский край
Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
2017/18 учебный год

Химия
Теоретический тур
10 класс

Задание 1.

Белый порошок X_1 разлагается при нагревании с образованием простых веществ: металла X_2 и газа X_3 .

X_1 сильный восстановитель, при взаимодействии с CO_2 в соотношении 1:1 образует соль карбоновой кислоты X_4 , которая способна осаждать серебро из аммиачного раствора оксида серебра.

X_2 – очень активный металл, серебристо-белого цвета, способный растворяться в жидком аммиаке с образованием темно-синего раствора, который проводит электрический ток, а с газообразным аммиаком образует соединение X_5 .

При сгорании X_2 на воздухе образует бинарное соединение X_6 оранжево-желтого цвета, сильный окислитель, с массовой долей X_2 54,93%, которое взаимодействует со светло-синим газом X_7 , плохо растворимом в воде, но хорошо растворимом в тетрахлоруглероде, обладающим сильными окислительными свойствами, и образует оранжево-красное кристаллическое вещество X_8 , разлагающееся при слабом нагревании с выделением X_9 – аллотропной модификации X_7 . При нагревании X_6 до 290 °С разлагается с выделением простого газообразного вещества X_9 и бинарного соединения X_{10} белого цвета с массовой долей X_2 70,91%. Нагревание до 530 °С приводит к дальнейшему разложению с выделением того же газа и образованию бинарного соединения X_{11} , которое так же может быть получено при нагревании X_2 с его гидроксидом, при этом выделяется X_3 . X_8 реагирует с жидким аммиаком с образованием X_5 .

Задания:

1. Определить и назвать все упомянутые вещества X .
2. Написать уравнения всех описанных реакций.
3. Привести 2 примера, характеризующих восстановительных свойств X_1 .
4. Привести 2 примера, характеризующих окислительных свойств X_6 .
5. Описать природу «синего раствора» X_2 в аммиаке.

Решение.

1. К бинарным соединениям, обладающим сильными восстановительными свойствами, при разложении которых выделяется газ, относятся гидриды. Из описания вещества X_2 очевидно, что это щелочной металл.

Таким образом X_1 это гидрид щелочного металла.

При сгорании этого металла на воздухе, в зависимости от того, какой это металл образуются разные продукты: Li – дает оксид, Na – пероксид, K – надпероксид. Учитывая, что разложение X_5 протекает в две стадии, с потерей одного и того же газа можно предположить, что X_5 – это надпероксид калия, что подтверждается расчетом массовой доли элемента в этом соединении.

$$M(KO_2) = 71 \text{ г/моль.}$$

$$\omega = \frac{39}{71} \cdot 100\% = 54,93\%$$

При прокаливании и потере кислорода, массовая доля калия увеличивается.

$$M(K_2O_2) = 110 \text{ г/моль.}$$

$$\omega = \frac{78}{110} \cdot 100\% = 70,91\%$$

При разложении гидридов выделяется водород – X_3 .

При взаимодействии гидроксида калия с CO_2 образуется формиат калия, соль карбоновой кислоты, которая дает реакцию серебряного зеркала.

Растворение калия в аммиаке дает синий раствор, содержащий сольватированные ионы калия и электроны, за счет этого раствор проводит электрический ток.

Светло-синий газ имеющий аллотропные модификации и обладающий окислительными свойствами – озон X_7 .

X_1 – гидрид калия

X_2 – калий

X_3 – водород

X_4 – формиат калия

X_5 – амид калия

X_6 – надпероксид калия

X_7 – озон

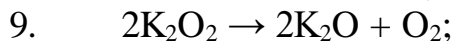
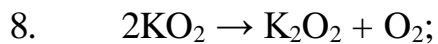
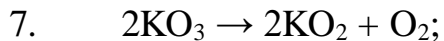
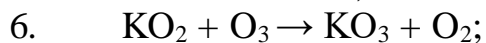
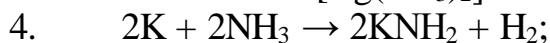
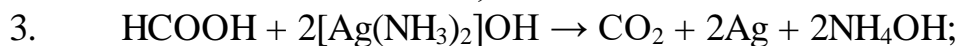
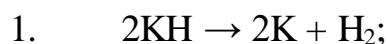
X_8 – озонид калия

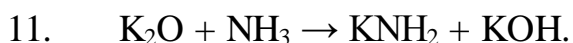
X_9 – кислород

X_{10} – пероксид калия

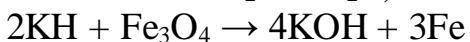
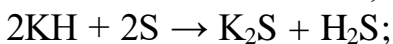
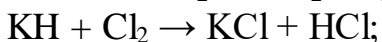
X_{11} – оксид калия

2.



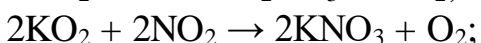
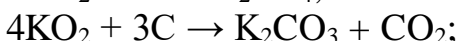
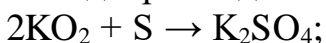


3. Гидриды сильные восстановители (например):



Могут быть приведены другие реакции, характеризующие восстановительные свойства гидридов.

4. Надпероксиды очень сильные окислители (например):



Могут быть приведены другие реакции, характеризующие окислительные свойства надпероксидов.

5. При растворении щелочных металлов в жидком аммиаке образуются катионы K^+ , сольватированные аммиаком имеющие синюю окраску и анионы $(\text{NH}_3)_x^-$.

Система оценивания:

1. Определены и названы все вещества (0,45 балла за одно вещество) – суммарно 5 баллов.
2. Проведены расчеты по массовой доле элементов (2 балла).
3. Написаны реакции (0,8 балла за реакцию) – суммарно 8 баллов.
4. Приведены примеры реакций демонстрирующие ОВ свойства веществ X_1 и X_6 (0,5 балла за реакцию) – 2 балла.
5. Описана природа раствора калия в аммиаке. (3 балла)

Итого 20 баллов.

Задание 2.

Смешали по 3 моль веществ А, В, С. После установления равновесия $\text{A} + \text{B} = 2\text{C}$ в системе обнаружили 4.5 моль вещества С. Рассчитайте константу равновесия. Определите равновесный состав (мольные доли %), полученной смесью А, В, С в мольном соотношении 2:3:1 при той же температуре.

Решение:

Определение равновесных концентраций.

Образовалось в результате реакции $x(\text{C}) = 4.5 - 3 = 1.5$ моль.

Вступило в реакцию $x(\text{A}) = x(\text{B}) = x(\text{C})/2 = 0.75$ моль.

Равновесные концентрации:

$$\begin{aligned}
c(\text{A}) &= c_{\text{исх}} - x = 3 - 0.75 = 2.25; \\
c(\text{B}) &= 2.25 \text{ моль}; \\
c(\text{C}) &= 4.5 \text{ моль}; \text{ (4 балла)} \\
K_c &= \frac{c^2(\text{C})}{c(\text{A})c(\text{B})} = \frac{4.5^2}{2.25 \cdot 2.25} = 4. \quad \text{(3 балла)}
\end{aligned}$$

Для второго соотношения концентраций равновесные концентрации будут равны:

$$\begin{aligned}
c(\text{A}) &= 2 - x; \quad c(\text{B}) = 3 - x; \quad c(\text{C}) = 1 + 2x \text{ (4 баллов)} \\
4 &= \frac{(1 + 2x)^2}{(2 - x)(3 - x)}
\end{aligned}$$

$$23 - 24x = 0; \quad x = 0.96.$$

$$v(\text{A}) = 2 - 0.96 = 1.04$$

$$v(\text{B}) = 3 - 0.96 = 2.04$$

$$v(\text{C}) = 1 + 1.9 = 2.92 \text{ (4 балла)}$$

$$v(\text{смеси}) = 1.04 + 2.04 + 1.92 = 6.$$

Мольные доли будут определяться по формуле: $N_i = v_i / \sum v_i$.

$$N(\text{A}) = 1.04/6 \cdot 100\% = 17.33\%$$

$$N(\text{B}) = 2.04/6 \cdot 100\% = 34\%$$

$$N(\text{C}) = 2.92/6 \cdot 100\% = 48.67\% \text{ (5 баллов)}$$

Система оценивания:

1. Определение равновесных концентраций в первом случае – 4 балла.
2. Рассчитана константа равновесия - 3 балла.
3. Рассчитаны равновесные концентрации для второго случая – 8 баллов.
4. Рассчитаны мольные доли компонентов смеси – 5 баллов.

Итого 20 баллов.

Задание 3.

Химическое соединение состоит из 16,67% углерода, 41,67% водорода, 8,33% азота (по молям) и кислорода. Соединение является солью.

1. Определите молекулярную формулу соединения, если известно, что она совпадает с простейшей.
2. Дайте название соединению.

Р е ш е н и е (20 б.)

1. Вычислим мольный процент кислорода (4 б.):

$$\chi(\text{O}) = 100 - 16,67 - 41,67 - 8,33 = 33,33\%.$$

Брутто-формулу соединения можно представить в общем виде: $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z\text{O}_k$ (4 б.)

$$x: y: z: k = 16,67: 41,67: 8,33: 33,33 = 2: 5: 1: 4,$$

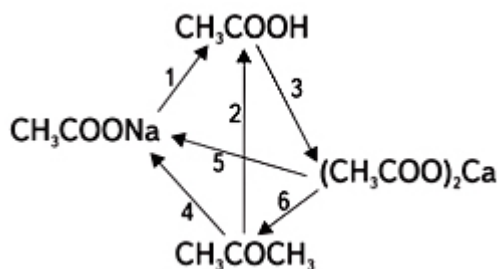
отсюда следует, что брутто-формула определяемого соединения – $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_4$. (4 б.)

Поскольку по условию задачи это соединение – соль, то в качестве катиона может быть только ион NH_4^+ , следовательно, на кислотный остаток приходится один атом водорода, два атома углерода и четыре атома кислорода (4 б.). Молекулярная формула соединения – $\text{NH}_4\text{HC}_2\text{O}_4$ (2 б.)

2. Гидрооксалат аммония (2 б.).

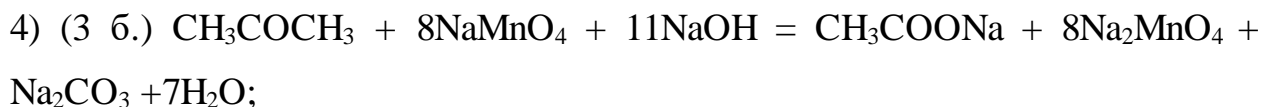
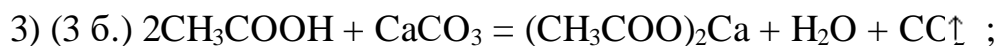
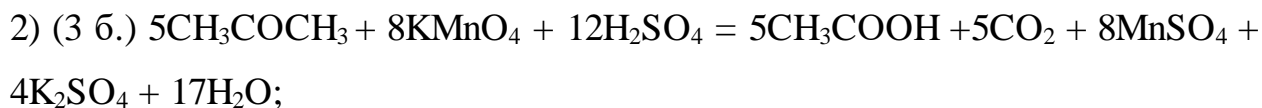
Задание 4.

Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Р е ш е н и е (20 б.)

Уравнения реакции:



или

