

8 класс

Задача 1. Элементы-соседи

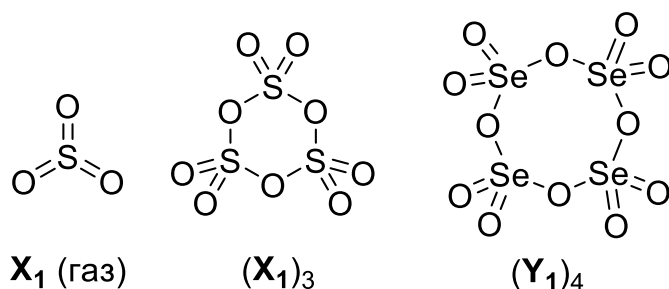
Решение

1. 4 типичных неметалла содержат только 16 и 17 группы таблицы Менделеева. Значит, **U** – либо кислород, либо фтор, а их соединения – либо оксиды, либо фториды. Тогда **Y₁** – оксид или фторид среднего по массе из оставшихся в группе элементов в высшей степени окисления, то есть либо SeO₃, либо BrF₇ (в действительности, последний не существует). Расчетом массовой доли кислорода можно убедиться, что речь о SeO₃:

$$w(O) = \frac{48}{48 + 78.97} = 0.378$$

Тогда **X** – S, **Y** – Se, **Z** – Te, **U** – O, **X₁** – SO₃, **Y₁** – SeO₃, **Z₁** – TeO₃.

2. Структурные формулы веществ:



3. Очевидно, **X₂** – H₂SO₄, **Y₂** – H₂SeO₄.

Формулу **Z₂** можно в общем виде записать как H_xTeO_y. В соответствии с общим числом атомов, $y = 13 - x - 1 = 12 - x$, то есть формула преобразуется в H_xTeO_{12-x}. С учетом степеней окисления элементов: $+1 \cdot x + 6 - 2(12 - x) = 0$, откуда находим $x = 6$. То есть **Z₂** – H₆TeO₆.

4. Чем более кислотный характер оксида, тем активнее он взаимодействует с водой. Исходя из этого, *наименее* активно с водой взаимодействует TeO₃.

Система оценивания:

1. Элементы **X**, **Y**, **Z**, **U** и вещества **X₁**, **Y₁**, **Z₁** по 1 баллу. Всего 7 баллов.
2. 3 структуры по 3 балла. Всего 9 баллов.
3. Формулы веществ **X₂**, **Y₂** и **Z₂** по 2 балла. Всего 6 баллов.
4. Ответ с обоснованием – 3 балла. Без обоснования – 1 балл.

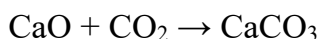
Задача 2. Эксперименты в лаборатории

Решение

1. В поглотителе с P_2O_5 поглощается вода.

Судя по описанию реакции с соляной кислотой, исходное вещество – карбонат, тогда в поглотителе с CaO поглощается образующийся при прокаливании карбоната CO_2 .

Уравнения реакций:



2. Как уже было сказано, разложение при нагревании и взаимодействие с соляной кислотой с выделением газа характерно для карбонатов, сульфитов и сульфидов, при этом газ без запаха выделяется только в случае **карбонатов**.

3. При разложении карбонатов образуются **оксиды**.

4. Это осадок фторида, его общая формула MF_n .

5. В первом опыте из 200 порций **X** получается 109–110 порций оксида M_2O_n , во втором опыте – из 300 порций **X** получается 197–198 порций фторида MF_n . В расчете на 100 порций исходного **X** – образуется либо 54.5–55 порций M_2O_n , либо 65.667–66 порций MF_n . Две указанные массы оксида и фторида образуются из одинаковой навески **X**, а значит, содержат равные количества металла:

$$\begin{aligned} \frac{m(M_2O_n)}{2M+16n} \cdot 2 &= \frac{m(MF_n)}{M+19n} \\ M+19n &= (M+8n) \cdot \frac{m(MF_n)}{m(M_2O_n)} = \frac{m(MF_n)}{m(M_2O_n)} M + \frac{m(MF_n)}{m(M_2O_n)} \cdot 8n \\ \left(\frac{m(MF_n)}{m(M_2O_n)} - 1 \right) M &= \left(19 - 8 \frac{m(MF_n)}{m(M_2O_n)} \right) n \\ M &= \frac{19 - 8 \frac{m(MF_n)}{m(M_2O_n)}}{\frac{m(MF_n)}{m(M_2O_n)} - 1} n \end{aligned}$$

Отношение масс фторида и оксида лежит в пределах от $66/54.5 = 1.2110$ до $65.667/55 = 1.1939$. Подстановкой этих граничных значений в полученное выражения получаем, что молярная масса металла лежит в пределах от $44.13n$ до $48.73n$.

Для $n = 1$: M в пределах от 44.13 до 48.73 – в этих пределах нет подходящих для с.о. +1 металлов.

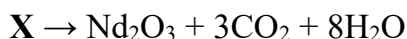
Для $n = 2$: M в пределах от 88.26 до 97.46 – в этих пределах нет подходящих для с.о. +2 металлов.

Для $n = 3$: M в пределах от 132.39 до 146.19 – в этих пределах лежат массы La, Ce, Pr, Nd. Барий, также попадающий в этот диапазон, не проявляет с.о. +3.

Итого, под численные данные о двух опытах подходят 4 металла **в степени окисления +3: La, Ce, Pr, Nd**.

6. Сиреневую окраску имеют соединения неодима +3.

При прокаливании 200 г **X** образовалось бы 47-48 г воды и 43-44 г CO_2 , и 109-110 г Nd_2O_3 . Указанные массы соответствуют количествам: 2.39-2.67 моль воды, 0.977-1 моль CO_2 , 0.324-0.327 моль Nd_2O_3 . Видно, что количество CO_2 в 3 раза больше количества оксида неодима, а количество воды – в 8 (с точностью до целых) раз больше количества оксида неодима. Тогда уравнение разложения **X** можно записать как:



Суммарно состав **X** можно записать как $\text{Nd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Система оценивания:

1. 2 вещества – **по 1 баллу**, 2 уравнения реакций – **по 1 баллу**. Всего **4 балла**.
2. Указание аниона – **2 балла**.
3. Указание класса соединений – **2 балла**.
4. Общая формула фторида – **2 балла**.
5. Определение 4 металлов – **по 2,5 балла**. Всего **10 баллов**.
6. Оценка соотношения 1:3:8 – **2 балла**, указание на неодим – **1 балл**, верная формула **X** – **2 балла**. Всего **5 баллов**.

Задача 3. Запутанные растворы

Решение

1. По-видимому, элемент **X** образует несколько кислородсодержащих кислот. Они обычно имеют формулу $\text{H}_x\text{ЭO}_y$. Тогда число молекул кислоты в растворе равно числу атомов элемента Э.

$$n(\text{кислоты}) = 2.402 \cdot 10^{23} / 6.02 \cdot 10^{23} = 0.399 \text{ моль.}$$

Если концентрация кислоты равна 201 г/л, а объем раствора 200 мл = 0.2 л, то:

$$m(\text{кислоты}) = 0.2 \cdot 201 = 40.2 \text{ г}$$

$$M(\text{кислоты}) = 40.2 / 0.399 = \mathbf{100.8 \text{ г/моль.}}$$

Если в указанной порции раствора 1 содержится N молекул воды, то:

$$1.244 \cdot 10^{25} = 2N + x \cdot 2.402 \cdot 10^{23}$$

$$7.062 \cdot 10^{24} = N + y \cdot 2.402 \cdot 10^{23}$$

Домножим второе уравнение на 2 и вычтем из результата первое уравнение:

$$2 \cdot 7.062 \cdot 10^{24} - 1.244 \cdot 10^{25} = (2y - x) \cdot 2.402 \cdot 10^{23}$$

$$2y - x = 7.$$

Такое соотношение между индексами в формуле кислоты возможно, если $x = 1$, $y = 4$ (или при более экзотических соотношениях, например $x = 3$, $y = 5$). Если формула кислоты HЭO_4 , вычитая из молярной массы фрагмент HO_4 , получаем, что на 1 атома

неизвестного элемента приходится 35.8 г/моль – это очень близко к хлору. Итого, в **растворе 1** содержится **HClO₄**.

2. 200 мл раствора содержат 0.399 моль HClO₄, а также молекулы воды, количество которых равно:

$$N = 7.062 \cdot 10^{24} - 4 \cdot 2.402 \cdot 10^{23} = 6.101 \cdot 10^{24}.$$

$$\text{Или } n(\text{H}_2\text{O}) = 6.101 \cdot 10^{24} / 6.02 \cdot 10^{23} = 10.135 \text{ моль воды.}$$

Масса раствора равна:

$$m = 0.399 \cdot 100.45 + 10.135 \cdot 18 = 222.5 \text{ г.}$$

Массовая доля кислоты:

$$w = 0.399 \cdot 100.45 / 222.5 = 0.180 = \mathbf{18\%}.$$

Плотность раствора:

$$\rho = 222.5 / 200 = \mathbf{1.11 \text{ г/мл.}}$$

3. 1 л **раствора 2** имеет массу 1088 г. С учетом массовой доли, он содержит $1088 \cdot 0.18 = 195.84$ г растворенного вещества. С учетом молярной концентрации, количество растворенного вещества в 1 л раствора равно 5.37 моль. Значит, молярная масса растворенного вещества равна $195.84 / 5.37 = 36.46$ г/моль, что в точности соответствует **HCl**.

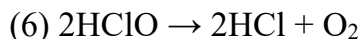
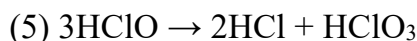
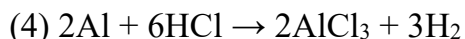
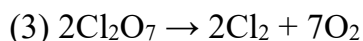
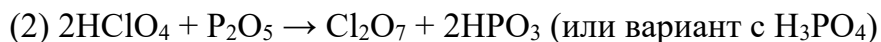
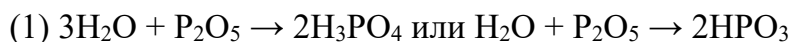
2 мл **раствора 3** содержат $2 \cdot 6.87 = 13.74$ мг = 0.01374 г растворенной кислоты. Количество NaOH, пошедшее на ее нейтрализацию, равно $0.0105 / 40 = 2.625 \cdot 10^{-4}$ моль. Поскольку реакция с кислотами хлора идет в соотношении 1:1, то молярная масса кислоты равна $0.01374 / 2.625 \cdot 10^{-4} = 52.3$ г/моль, что соответствует **HClO**.

Если растворенное вещество в **растворе 4** имеет формулу HClO_x, то на каждую молекулу HClO_x приходится 10 молекул H₂O. То есть на 21 атом водорода приходится $x + 10$ атомов кислорода. С учетом условия:

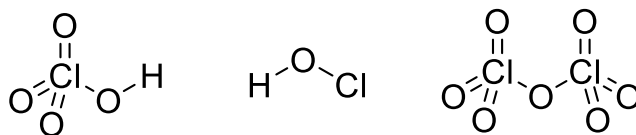
$$21 = 1.61(x + 10).$$

Получаем $x = 3$, кислота – **HClO₃**.

4. Уравнения реакций:



5. Структурные формулы:



Система оценивания:

1. Молярная масса – **1 балл**, формула – **2 балла**. Всего **3 балла**.
2. Плотность и массовая доля – **по 2 балла**. Всего **4 балла**.
3. 3 вещества **по 2 балла**. Всего **6 баллов**.
4. 6 реакций **по 1 баллу**. Всего **6 баллов**.
5. 3 структурные формулы **по 2 балла**. Всего **6 баллов**.

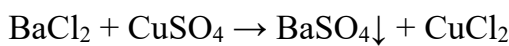
Задача 4. Немного похимичить

Решение

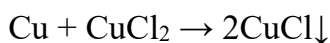
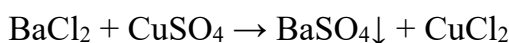
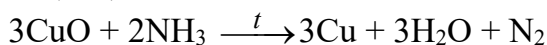
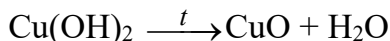
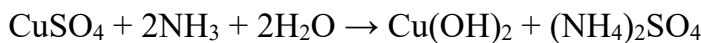
1. Формулы веществ:

- медный купорос – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
- нитрат железа(III) (в виде нонагидрата) – $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$;
- аммиак – NH_3 ;
- хлорид бария – BaCl_2 .

2. 1) Белый осадок вещества, состоящий из 3 элементов – подходит BaSO_4 .



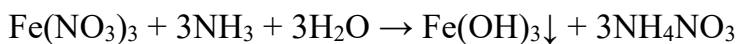
2) Белый осадок вещества, состоящий из 2 элементов – подходит CuCl .



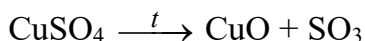
3) Бурый газ – подходит NO_2 .



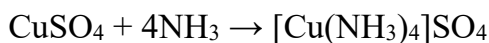
4) Бурий осадок – подходит $\text{Fe}(\text{OH})_3$.



5) Летучее бесцветное вещество, агрессивно реагирующее с водой – подходит SO_3 .

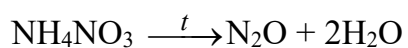


6) Фиолетово-синий раствор – подходит $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$.



7) Основной компонент воздуха – это N_2 . Один из вариантов его получения приведен выше – в (2).

8) Веселящий газ – это N_2O . Способ получить раствор нитрата аммония приведен выше.



Могут быть найдены другие варианты решения – все химически здоровые версии считаются верными!

Система оценивания:

1. 4 вещества – по **1 баллу** (неверный гидрат или отсутствие гидратной воды – **0.5 балла**). Всего **4 балла**.

2. Верно предложенное вещество в каждом пункте – **1 балл**. Верный способ получения – **1.5 балла** (кроме CuCl – за него **2.5 балла**). Всего **21 балл**.