

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии 2023–2024 гг.

Решения

Инструкция для жюри

Жирным шрифтом выделены правильные ответы, за которые начисляются баллы, и разбалловка.

Во многих расчетных задачах оцениваются промежуточные шаги. Школьник может решать задачу не так, как в авторском решении, при этом, если он получил верный конечный ответ, решение должно быть оценено полным баллом как за этот ответ, так и за все шаги, ведущие к нему в авторском решении.

В многоступенчатых расчетных задачах за одну чисто арифметическую ошибку, приведшую к численно неверному ответу, суммарный балл за весь расчет не должен снижаться более чем наполовину.

Уравнения реакций с неверными или отсутствующими коэффициентами, как правило, оцениваются в половину от максимального количества баллов, а в тех случаях, когда уравнения без коэффициентов приведены в самом условии, в 0 баллов.

Школьники могут использовать при решении как округленные до целого числа, так и точные (1–3 знака после запятой) атомные массы элементов. В последнем случае ответ может содержать больше значащих цифр, чем приведено в данном решении.

При проверке работ одну и ту же задачу у всех участников должен проверять один человек.

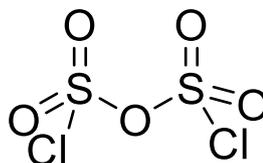
Максимальный балл за каждую задачу различен и указан в конце решения. Максимальный балл за все задачи в 8 классе 51 балл, в 9 классе 54 балла, в 10 классе 50 баллов, в 11 классе 62 балла.

8 класс

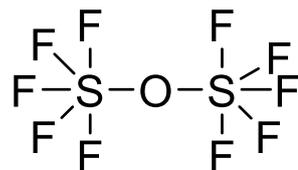
Задание 1.

1. Такие оксогалогениды имеют общую формулу SOHal_2 (4 различных оксогалогенида – по количеству галогенов) либо $\text{SOHalHal}'$ (различных пар галогенов 6). Итого 10 различных возможных молекул.

2. Структурная формула:



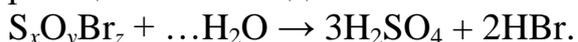
3. Такой оксофторид имеет состав S_2OF_{10} .



$$4. n(\text{H}_2\text{SO}_4) = cV = 7.81 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{HBr}) = cV = 5.21 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Видно, что количества H_2SO_4 и HBr соотносятся как $7.81:5.21 = 1.5:1 = 3:2$.
Значит, если исходный оксогалогенид имеет формулу $S_xO_yBr_z$, уравнение реакции имеет вид:



Из этой схемы Можно предположить $x = 3, z = 2$.

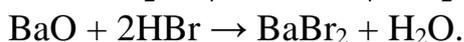
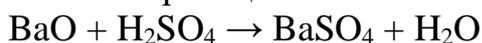
$$\text{Из уравнения реакции: } n(\text{оксогалогенида}) = n(\text{H}_2\text{SO}_4)/3 = 2.603 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$M(\text{оксогалогенида}) = 1/2.603 \cdot 10^{-3} = 384 \text{ г/моль.}$$

$$\text{За вычетом 3 атомов серы и 2 атомов брома остается } 384 - 32 \cdot 3 - 80 \cdot 2 = 128 = 16 \cdot 8.$$

Значит, $y = 8$, формула оксогалогенида – $S_3O_8Br_2$.

Запишем реакции кислот с оксидом бария:



На нейтрализацию обеих кислот понадобится следующее количество оксида:

$$n(\text{BaO}) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) + 0.5n(\text{HBr}) = 0.010415 \text{ моль.}$$

$$m(\text{BaO}) = 0.010415 \cdot 153.3 = \mathbf{1.60 \text{ г.}}$$

1	За ответ 4 – 1 балл За ответ 10 – 3 балла	3 балла
2	Структурная формула - 2 балла	2 балла
3	Молекулярная формула – 2 балла Структурная формула – 2 балла	4 балла
4	Формула оксогалогенида – 4 балла (если формула не получена, но рассчитаны количества кислот в растворе – 1 балл) Масса оксида бария – 2 балла	6 баллов

Всего максимум 15 баллов.

Задание 2.

1. Формула гидроксида хрома(III): $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Уравнение реакции разложения: $2\text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

2. Гидроксид имеет формулу $M(\text{OH})_2$. Если молярная масса металла равна M , то молярная масса гидроксида равна $M + 34$, значит, именно такую массу подвергли разложению на первой стадии. Согласно уравнению реакции

$M(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MO} + \text{H}_2\text{O}$, на первой стадии образуется 1 моль оксида MO массой $x = M + 16$ г.

На второй стадии разложению подвергли $x = M + 16$ г $M(\text{OH})_2$.

$$n(\text{MO}) = n(M(\text{OH})_2) = \frac{M + 16}{M + 34}$$

$$m(\text{MO}) = \frac{M + 16}{M + 34} \cdot (M + 16) = \frac{(M + 16)^2}{M + 34} = 64.86$$

Решением полученного уравнения является $M = 63.5$ г/моль, значит, **A – Cu(OH)₂**.

3. Гидроксид меди – синий, а оксид меди – черный.

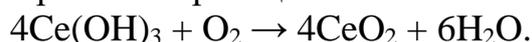
4. 42.9% соответствует примерно 3/7, то есть продукт – Fe₃O₄.

Уравнение реакции:



Реакцию с гидроксидом церия необходимо записать с участием кислорода, поскольку, во-первых, иначе она не уравнивается с продуктами CeO₂ и H₂O, во-вторых, реакция проводится на воздухе.

Уравнение реакции:



1	Формула гидроксида хрома – 1 балл Уравнение реакции – 1 балл	2 балла
2	Состав A – 5 баллов (без расчета – 0 баллов; Если составлено квадратное уравнение, но ответ не получен – 3 балла)	5 баллов
3	Окраска оксида и гидроксида – по 1 баллу	2 балла
4	Формула Fe ₃ O ₄ – 2 балла Уравнения 2 реакций с коэффициентами – по 1 баллу	4 балла

Всего максимум 13 баллов.

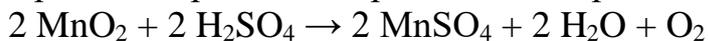
Задание 3.

1. Единственный металл, находящийся при комнатной температуре в жидком агрегатном состоянии – это ртуть (**B – Hg**). Что касается газа **X**, то, согласно теории флогистона, широко распространенной на начальных этапах становления химии как науки, он рассматривается как некая материя с отрицательной массой, которая выделяется при горении металлов (что в современных представлениях соответствует образованию оксидов при взаимодействии металлов с кислородом воздуха). Следовательно, «бесфлогистонный воздух» – вещество, которое образуется в обратном процессе – при термическом разложении оксида металла. Таким образом, **X – O₂**, **A – HgO**.

Уравнение реакции разложения оксида ртути: $2 \text{HgO} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{O}_2$

2. В опытах Шееле Mn(IV) играет роль окислителя, восстанавливаясь до Mn(II). Вполне понятно, что восстановителем при взаимодействии Mn(IV) с соляной кислотой может быть только хлорид-ион, окисляющийся до хлора Cl₂ – желто-зеленого газа Y.

Уравнения реакций пиролюзита с серной и соляной кислотами:



3. Единственный газ, подходящий по описанию и являющейся аллотропной модификацией кислорода – это озон O₃.

Система оценивания:

1.	Формулы соединений А, В и X – по 1 баллу Уравнение реакции – 1 балл	4 балла
2.	Соединение Y – 1 балл Уравнения реакций – по 1.5 балла	4 балла
3.	Соединение Z – 1 балл	2 балла

Всего максимум 10 баллов

Задание 4.

1. Масса вступившего в реакцию X равна: $m(X) = 10 - 1.09 = 8.91$ г.

Y полностью вступил в реакцию, значит, по закону сохранения массы, масса продукта составляет $m(U) = 8.91 + 5.00 = 13.91$ г.

$$w(X) = 5.00/13.91 = \mathbf{35.95\%};$$

$$w(Y) = 8.91/13.91 = \mathbf{64.05\%}.$$

2. Газ с запахом тухлых яиц – это сероводород, то есть Z – H₂S. Значит, X – сера (Y обладает металлическим блеском, что не соответствует внешнему виду серы: она желтая и не имеет характерного для металлов блеска).

Общая формула сульфидов – соединений серы с другими элементами, в которых степень окисления серы равна -2, - имеет вид X₂S_n, где +n – степень окисления X в составе U. Для данной общей формулы можно составить уравнение:

$$0.6405 = \frac{32.06n}{2M(X) + 32.06n}$$

Выразим из него молярную массу X, получим: $M(X) = 9n$.

При $n = 1$ $M(X) = 9$ г/моль – соответствует бериллию, но он не образует соединения в с.о. +1.

При $n = 2$ $M(X) = 18$ г/моль – не соответствует никаким элементам.

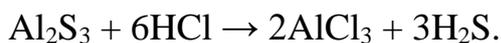
При $n = 3$ $M(X) = 27$ г/моль – соответствует алюминию в с.о. +3.

Значит, Y – алюминий, U – Al₂S₃.

Реакция получения U:



Реакция взаимодействия с HCl:



$$3. n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 13.91/150.14 = 0.09265 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 3n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0.2779 \text{ моль}$$

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 0.2779 \cdot 22.4 = \mathbf{6.23 \text{ л}}$$

4. $n_0(\text{Al}) = 10/27 = 0.370$ моль, $n_0(\text{S}) = 5/32.06 = 0.156$ моль – алюминий в избытке, значит, в итоговой смеси будет только сульфид алюминия и остаток алюминия.

$$n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0.156/3 = 0.0520 \text{ моль}$$

$$n(\text{Al}) = 0.370 - 2 \cdot 0.0520 = 0.266 \text{ моль}$$

Сульфид алюминия с HCl вновь дает H₂S, а алюминий – водород: $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 3\text{H}_2 + 2\text{AlCl}_3$.

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 3n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0.156 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) = 1.5n(\text{Al}) = 0.399 \text{ моль}$$

$$V_{\text{газов}} = (0.156 + 0.399) \cdot 22.4 = \mathbf{12.4 \text{ л}}$$

1	Расчет массы X в соединении (8.91 г) – 1 балл Значения 2 массовых долей – по 1 баллу	3 балла
2	Формула U – 1,5 балла Формула Z – 1,5 балла (если состав Z не обоснован, за Z выставляется 1 балл; если получено выражение $9n$, но не получен алюминий – 2 балла) 2 уравнения реакций – по 1 баллу	5 баллов
3	Расчет объема – 2 балла	2 балла
4	Расчет количеств сероводорода и водорода – по 1 баллу Расчет суммарного объема – 1 балл	3 балла

Всего максимум 13 баллов.