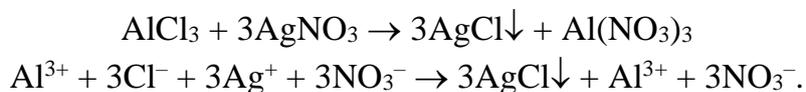


Решения заданий отборочного тура олимпиады «Ломоносов» по химии 5 – 9 классы

Задание 1 (6 баллов)

1.1. Реакция

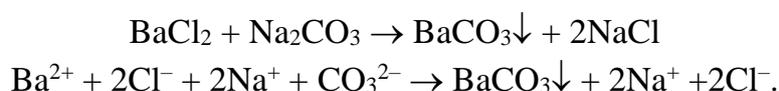


При стехиометрическом соотношении солей из десяти ионов остается четыре:

$$10 / 4 = 2.5.$$

Возможны и другие уравнения.

1.2. Реакция

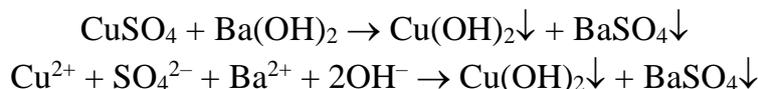


При стехиометрическом соотношении солей из шести ионов остается четыре:

$$6 / 4 = 1.5.$$

Возможны и другие уравнения.

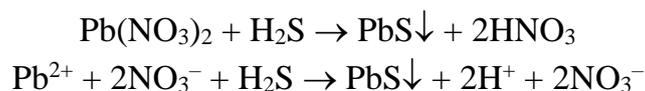
1.3. Реакция



При стехиометрическом соотношении солей ионов в растворе практически не останется.

Возможны и другие уравнения.

1.4. Реакция



При стехиометрическом соотношении соли и кислоты вместо трех ионов образуется четыре:

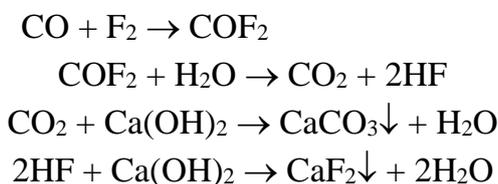
$$4 / 3 = 1\frac{1}{3}.$$

Возможны и другие уравнения.

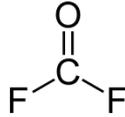
Задание 2 (12 баллов)

2.1. Ключ к решению – газы, дающие осадок с известковой водой. Таких газов – продуктов гидролиза может быть всего три: CO_2 , SO_2 , HF . Вещество **X** – это COF_2 .

Уравнения реакций:



Структурная формула COF₂



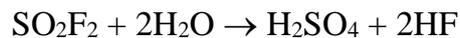
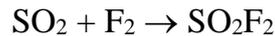
Гибридизация атома углерода sp^2 , молекула – плоская, равнобедренный треугольник.

Ответ: COF₂.

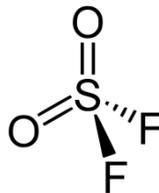
2.2. Ключ к решению – молярная масса и гидролиз с образованием кислот.

$$M(\mathbf{X}) = 3.52 \cdot 29 = 102 \text{ г/моль.}$$

Вещество **X** – SO₂F₂. Уравнения реакций:



Структурная формула SO₂F₂



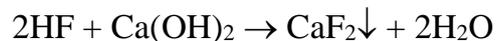
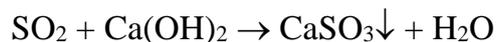
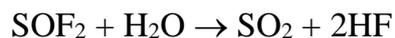
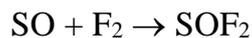
Молекула SO₂F₂ имеет форму неправильного тетраэдра с атомом серы в центре.

Ответ: SO₂F₂.

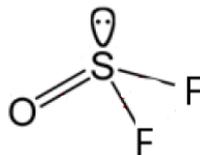
2.3. Ключ к решению – молярная масса и газы, дающие осадок с известковой водой (выбор между CO₂, SO₂, HF).

$$M(\mathbf{X}) \approx 3 \cdot 29 = 87 \text{ г/моль.}$$

Вещество **X** – SOF₂ ($M = 86$ г/моль). Уравнения реакций:



Структурная формула SOF₂:



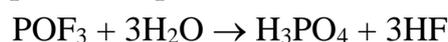
Атом серы имеет неподеленную пару электронов и связи с тремя атомами. Молекула SOF₂ – неправильный тетраэдр.

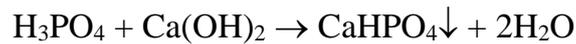
Ответ: SOF₂.

2.4. Ключ к решению – молярная масса и гидролиз с образованием кислот.

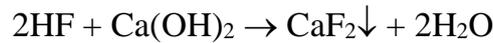
$$M(\mathbf{X}) = 3.59 \cdot 29 = 104 \text{ г/моль.}$$

Вещество **X** – POF₃. Уравнения реакций:

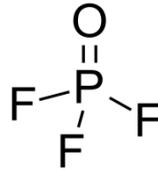




(принималось и уравнение с образованием $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$),



Структурная формула POF_3



Молекула POF_3 имеет форму неправильного тетраэдра с атомом фосфора в центре.

Ответ: POF_3 .

Задание 3 (12 баллов)

3.1. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.55 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 1.66 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 1.66 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 25.0 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Тогда молярная масса равна

$$M = 25.0 \cdot 3.464 = 86.7 \text{ г/моль} \approx 87 \text{ г/моль} - \text{это LiBr}.$$

Ответ: LiBr.

3.2. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.536 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 1.54 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 1.54 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 23.2 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Тогда молярная масса равна

$$M = 23.2 \cdot 2.49 = 57.7 \text{ г/моль} \approx 58 \text{ г/моль} - \text{это KF}.$$

Ответ: KF.

3.3. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.690 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 3.285 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 3.285 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 49.4 \text{ см}^3.$$

Тогда молярная масса равна

$$M = 49.4 \cdot 3.35 = 165.6 \text{ г/моль} - \text{это RbBr}.$$

Ответ: RbBr.

3.4. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.602 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 2.18 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 2.18 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 32.8 \text{ см}^3.$$

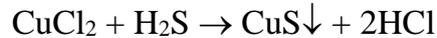
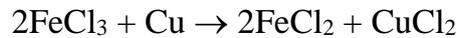
Тогда молярная масса равна

$$M = 32.8 \cdot 4.64 = 152.3 \text{ г/моль} - \text{это CsF}.$$

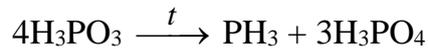
Ответ: CsF.

Задача 4 (14 баллов)

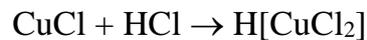
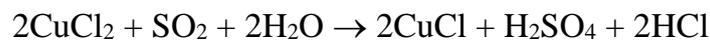
4.1. а) X – CuCl₂:



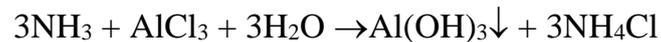
б) Y – H₃PO₄:



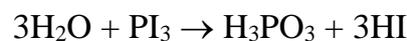
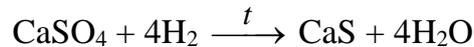
4.2. а) X – CuCl:



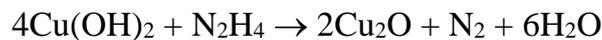
б) Y – NH₃:



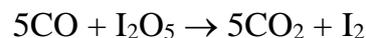
4.3. а) X – H₂O:



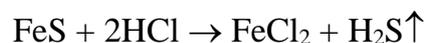
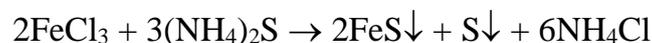
б) Y – Cu₂O:



4.4. а) X – CO:

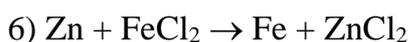
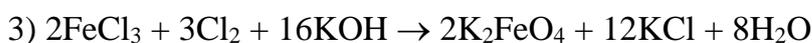
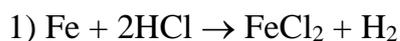


б) Y – FeS:

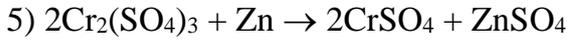
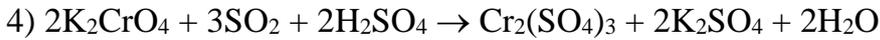
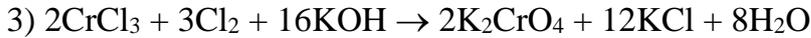
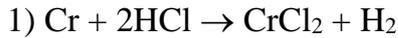


Задание 5 (18 баллов)

5.1. Fe → FeCl₂ → FeCl₃ → K₂FeO₄ → FeCl₃ → FeCl₂ → Fe



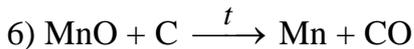
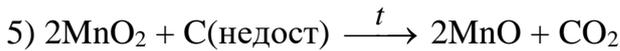
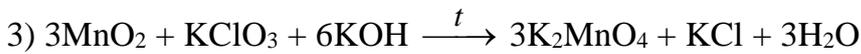
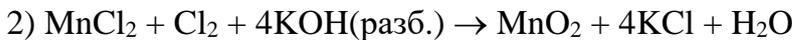
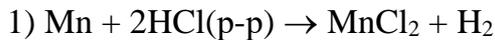
Возможны и другие решения.



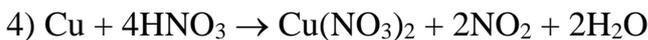
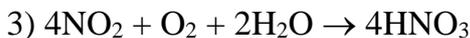
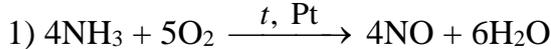
↯



Возможны и другие решения.



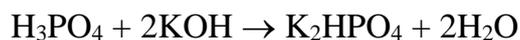
Возможны и другие решения.



Возможны и другие решения.

Задание 6 (18 баллов)

6.1. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль H_3PO_4 , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества H_3PO_4 , второе – соотношение количеств солей):

$$\begin{cases} x + y = 0.7, \\ \frac{x}{y} = 2.5. \end{cases}$$

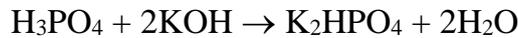
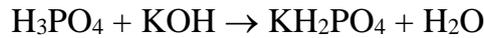
Решение системы $x = 0.5$, $y = 0.2$ (моль).

$$v(\text{KOH}) = x + 2y = 0.9 \text{ моль,}$$

$$V(\text{раствора KOH}) = v / c = 0.9 / 3 = 0.3 \text{ л} = 300 \text{ мл.}$$

Ответ: 300 мл.

6.2. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль H_3PO_4 , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества H_3PO_4 , второе – соотношение количеств солей):

$$\begin{cases} x + y = 1.4, \\ \frac{y}{x} = 2.5. \end{cases}$$

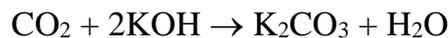
Решение системы $x = 0.4$, $y = 1.0$ (моль).

$$v(\text{KOH}) = x + 2y = 2.4 \text{ моль,}$$

$$V(\text{раствора KOH}) = v / c = 2.4 / 2 = 1.2 \text{ л.}$$

Ответ: 1.2 л.

6.3. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль KOH , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества KOH , второе – соотношение количеств солей):

$$\begin{cases} x + y = 0.7, \\ \frac{0.5y}{x} = 3.0. \end{cases}$$

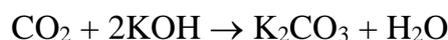
Решение системы $x = 0.1$, $y = 0.6$ (моль).

$$v(\text{CO}_2) = x + 0.5y = 0.4 \text{ моль,}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0.4 \cdot 22.4 = 8.96 \text{ л.}$$

Ответ: 8.96 л.

6.4. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль KOH , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества KOH , второе – соотношение количеств солей):

$$\begin{cases} x + y = 1.08, \\ \frac{x}{0.5y} = 3.4. \end{cases}$$

Решение системы $x = 0.68$, $y = 0.4$ (моль).

$$v(\text{CO}_2) = x + 0.5y = 0.88 \text{ моль,}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0.88 \cdot 22.4 = 19.7 \text{ л.}$$

Ответ: 19.7 л.

Задание 7 (20 баллов)**7.1. Рассмотрим реакцию**

и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{H}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PH}_3) = -20.9 - 2 \cdot (-5.5) = -9.9 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{H-H}) - 2E(\text{P-H})$$

(все связи в PH_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-9.9 = E(\text{P-P}) + 436 - 2 \cdot 322,$$

отсюда $E(\text{P-P}) = 198.1 \text{ кДж/моль}$.

Ответ: 198.1 кДж/моль.

7.2. Рассмотрим реакцию

и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{H}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PH}_3) = -20.9 - 2 \cdot (-5.5) = -9.9 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{H-H}) - 2E(\text{P-H})$$

(все связи в PH_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-9.9 = E(\text{P-P}) + 436 - 2 \cdot 322,$$

отсюда $E(\text{P-H}) = 323.5 \text{ кДж/моль}$.

Ответ: 323.5 кДж/моль.

7.3. Рассмотрим реакцию

и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{Cl}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PCl}_3) = 344 - 2 \cdot 279.5 = -215 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{Cl-Cl}) - 2E(\text{P-Cl})$$

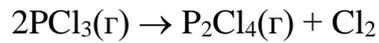
(все связи в PCl_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-215 = E(\text{P-P}) + 242 - 2 \cdot 326,$$

$$E(\text{P-P}) = 195 \text{ кДж/моль}.$$

Ответ: 195 кДж/моль.

7.4. Рассмотрим реакцию



и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{Cl}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PCl}_3) = 344 - 2 \cdot 279.5 = -215 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{Cl-Cl}) - 2E(\text{P-Cl})$$

(все связи в PCl_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-215 = 198 + 242 - 2E(\text{P-Cl})$$

$$E(\text{P-Cl}) = 327.5 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 327.5 кДж/моль.

Примечание. Одни и те же величины в разных вариантах задачи 7 имеют немного различающиеся значения. Это различие находится в пределах экспериментальной погрешности и сделано для того, чтобы сократить обмен информацией между участниками, решающими разные варианты.