

Олимпиада «Ломоносов» по химии
Решения заданий для 5-9 классов

1. Напишите уравнение реакции между двумя газами, в результате которой образуются жидкость (при обычных условиях) и газ. (4 балла)

Решение. Возможно много вариантов решения, например:

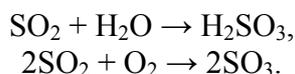


2. Заряд ядра элемента в 2 раза больше номера его группы в периодической системе. Какой это элемент? Сколько электронов в его атоме? (4 балла)

Ответ: бериллий Be ($Z = 4$, II группа). Атом бериллия содержит 4 электрона.

3. Приведите пример вещества, которое может вступать в реакции соединения и с кислородом, и с водой. Напишите уравнения этих реакций. (6 баллов)

Решение. Можно привести несколько подходящих веществ, например SO_2 , P_2O_3 , BaO . Уравнения реакций:



4. К воде добавили неизвестную жидкость и получили 10%-ный раствор. В этом растворе на одну молекулу жидкости приходится 16 молекул воды. Найдите молекулярную массу жидкости. (6 баллов)

Решение. Масса 16 моль воды $16 \cdot 18 = 288$ г, что составляет 90%, а один моль жидкости весит M г, и это 10%. Решение пропорции дает

$$M = \frac{288}{9} = 32 \text{ г/моль}.$$

Ответ: 32 г/моль.

5. Озон – очень ядовитый газ. Его предельно допустимое содержание в воздухе составляет всего 0.03 мг/м^3 . При таком содержании сколько молекул озона приходится на один миллиард молекул воздуха (н. у.)? (10 баллов)

Решение. Возьмем 1 м^3 воздуха. Количества воздуха и озона:

$$\begin{aligned}v(\text{возд}) &= 1000 / 22.4 = 44.6 \text{ моль}, \\ v(\text{O}_3) &= 0.03 \cdot 10^{-3} / 48 = 6.25 \cdot 10^{-7} \text{ моль}.\end{aligned}$$

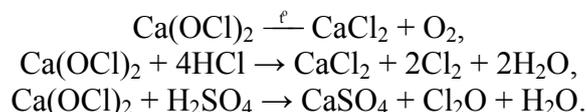
Отношение чисел молекул:

$$\begin{aligned}N(\text{O}_3) : N(\text{возд}) &= v(\text{O}_3) : v(\text{возд}), \\ N(\text{O}_3) : N(\text{возд}) &= 1.4 \cdot 10^{-8}.\end{aligned}$$

Ответ: 14 молекул озона на миллиард молекул воздуха.

6. Д.И. Менделеев в учебнике «Основы химии» писал: «Итак, в белильной извести нужно признать существование по крайней мере двух веществ: хлористого кальция и вещества, подобного водной извести, в которой водород замещен хлором. Это вещество при различных обстоятельствах может разлагаться или с выделением кислорода, или с выделением хлора, или с выделением окиси хлора». Что такое белильная известь? Какое вещество имел в виду Менделеев? Предложите уравнения реакций, характеризующих описанные превращения. (12 баллов)

Решение. Белильная известь – CaOCl_2 , или $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OCl})_2$ (хлорид-гипохлорит кальция). Уравнения реакций с этим веществом:



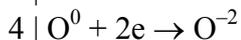
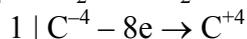
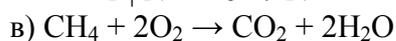
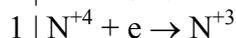
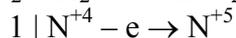
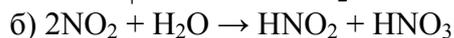
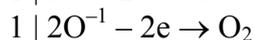
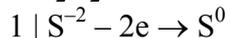
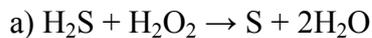
(Если вместо $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ правильные уравнения реакций записаны с CaOCl_2 , ставится полный балл).

7. Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций, в которых:

- атомы и окислителя, и восстановителя имеют отрицательную степень окисления;
- атомы и окислителя, и восстановителя имеют положительную степень окисления;
- атом восстановителя отдает больше электронов, чем принимает атом окислителя.

Для каждой реакции приведите схему электронного баланса. (12 баллов)

Решение. Возможно много вариантов решения, например:



8. В состав свинцовых белил входит неорганическая соль свинца, содержащая также углерод, водород и кислород. Содержание самого тяжелого элемента в этой соли равно 20%, а самого легкого – 13.3%. О каких процентах идет речь – о массовых или атомных? Объясните. Установите формулу соли, если доли двух других элементов отличаются в 4 раза. Напишите уравнение термического разложения соли (в инертной атмосфере) и ее реакции с азотной кислотой. (16 баллов)

Решение. Свинец намного тяжелее остальных элементов, поэтому его массовая доля должна быть большой, а в условии – всего 20%, следовательно, речь идет о мольных (атомных) долях. В неорганической соли кислорода должно быть больше, чем углерода (в 4 раза). Найдем мольные доли кислорода и углерода:

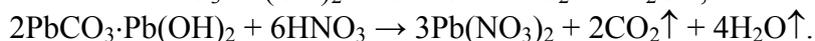
$$\chi(\text{O}) = 4/5 \cdot (100\% - 20\% - 13.3\%) = 53.3\%,$$

$$\chi(\text{C}) = 1/5 \cdot (100\% - 20\% - 13.3\%) = 13.3\%.$$

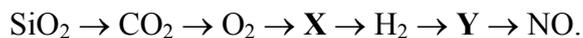
$$\text{Pb} : \text{C} : \text{O} : \text{H} = 20 : 13.3 : 53.3 : 13.3 = 3 : 2 : 8 : 2,$$

формула соли – $\text{Pb}_3\text{C}_2\text{O}_8\text{H}_2$, или $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$.

Уравнения реакций:

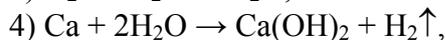
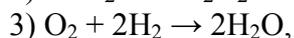
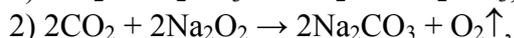
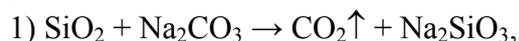


9. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно реализовать следующие превращения:



Определите неизвестные вещества. (12 баллов)

Решение.



Ответ: X – H_2O , Y – NH_3 .

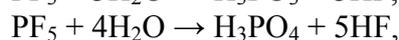
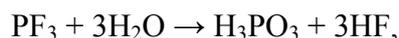
10. Элемент **X** образует три газообразных соединения со фтором. Самое легкое из них – **A** – в 2 раза тяжелее углекислого газа, два других – **B** и **C** – содержат одинаковое число атомов. Газы **A** и **C** реагируют с водой, образуя по две кислоты. **C** при сильном нагревании превращается в **A**. Газ **A** при нагревании с мелкодисперсным никелем дает летучую жидкость, пары которой в 4.67 раза тяжелее **A**. Установите элемент **X**, формулы газов **A** – **C** и напишите уравнения всех реакций, о которых идет речь в задании. (18 баллов)

Решение. Определи молярную массу самого легкого соединения со фтором:

$$M(\mathbf{A}) = 2 \cdot 44 = 88 \text{ г/моль.}$$

Такую молярную массу имеют CF_4 и PF_3 , однако CF_4 не реагирует с водой. Значит, **X** – это фосфор, а соединение **A** – PF_3 . По шесть атомов содержат PF_5 и P_2F_4 , из них при реакции с водой только две кислоты дает PF_5 , следовательно, **B** – P_2F_4 , **C** – PF_5 .

Уравнения реакций:



Установим состав легколетучего жидкого соединения никеля с PF_3 :

$$M(\text{Ni}(\text{PF}_3)_n) = 4.67 \cdot 88 = 411,$$

значит, $n = 4$:

