

Решения заданий для школьников 5-9 классов

1. Два металла, принадлежащие одной группе Периодической системы, образуют ионные соединения с водородом. В одном из этих соединений массовая доля водорода в 5 раз больше, чем в другом. Установите формулы гидридов (подтвердите расчетом). **(10 баллов)**

Решение. Ионные гидриды образуются из щелочных и щелочноземельных металлов. Начнем с щелочных. Пусть формулы гидридов – XH и YH , тогда

$$\omega_1(\text{H}) = \frac{1}{M(\text{X}) + 1},$$

$$\omega_2(\text{H}) = \frac{1}{M(\text{Y}) + 1}.$$

По условию,

$$\frac{\omega_1(\text{H})}{\omega_2(\text{H})} = \frac{M(\text{Y}) + 1}{M(\text{X}) + 1} = 5.$$

Уравнение решается подбором: $\text{X} - \text{Li}$, $\text{Y} - \text{K}$.

Ответ: LiH и KH .

2. Атом неизвестного элемента в основном состоянии имеет x d -электронов, $4x$ s -электронов и $6x$ p -электронов. Найдите x , определите элемент, запишите его электронную конфигурацию и формулу его высшего хлорида. **(10 баллов)**

Решение. Начнем с $3d$ -ряда. У этих элементов – 8 s - и 12 p -электронов, т.е. $x = 2$. Число d -электронов – два. Элемент – титан.

Электронная конфигурация: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$. Формула высшего хлорида – TiCl_4 .

Ответ: Ti , $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$. Высший хлорид TiCl_4 .

Баллы: 4 балла – элемент, 4 балла – электронная конфигурация, 2 балла – формула хлорида.

3. В некотором объеме воды растворили десятикратный объем неизвестного газа (н. у.) и получили 5.4%-ный раствор кислоты. Плотность воды равна 1000 г/л. Определите формулу газа, напишите два уравнения качественных реакций, подтверждающих ответ. **(12 баллов)**

Решение. Газ очень хорошо растворим в воде. Таким свойством обладают аммиак и галогеноводороды. При растворении последних в воде образуются кислоты.

Пусть взяли 1 л воды: $m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \cdot 1 = 1000$ г. Обозначим молярную массу неизвестной кислоты M . Количество вещества газа:

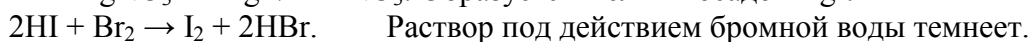
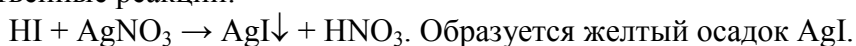
$$v = 10 / 22.4 = 0.446 \text{ моль},$$

тогда

$$\omega(\text{кислоты}) = 0.054 = \frac{0.446M}{1000 + 0.446M}$$

Решение уравнения $M = 128$ (г/моль), это иодоводородная кислота, газ – иодоводород, HI .

Качественные реакции:



Ответ: HI .

Баллы: 4 балла – молярная масса, 6 баллов – формула газа, 2 балла – качественные реакции.

4. Напишите уравнения реакций серной кислоты с металлом, неметаллом, оксидом металла и солью. Во всех реакциях выделяется одно и то же газообразное вещество. **(12 баллов)**

Решение. Есть разные варианты ответа. Основное решение: газообразное вещество – SO_2 . Уравнения реакций:

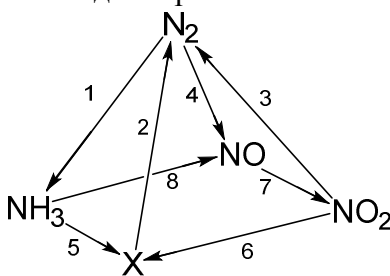
- 1) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \xrightarrow{t} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (реакция с металлом),
- 2) $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \xrightarrow{t} 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (реакция с неметаллом),
- 3) $\text{Cu}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow 2\text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (реакция с оксидом металла),
- 4) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (реакция с солью).

Возможны и другие реакции, приводящие к образованию SO_2 .

Ответ. Газ – SO_2 .

Баллы: каждое уравнение – по 3 балла (2 балла, если не уравнено).

5. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме, определите неизвестное вещество. Учтите, что каждая стрелка соответствует одной реакции. **(16 баллов)**



Решение. $\text{X} - \text{NH}_4\text{NO}_2$.

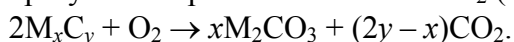
- 1) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{t, p, \text{Pt}} 2\text{NH}_3$
- 2) $\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{t} \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $2\text{NO}_2 + 2\text{C} \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$
- 4) $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$
- 5) $\text{NH}_3 + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_2$
- 6) $2\text{NO}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_2$
- 7) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
- 8) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{t, \text{Pt}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: $\text{X} - \text{NH}_4\text{NO}_2$.

Баллы: каждое уравнение – по 2 балла (1 балл, если не уравнено).

6. Один из сильнейших известных восстановителей – бинарное вещество **А** необычного состава. Его получают нагреванием графита с расплавленным щелочным металлом. При сжигании 5.40 г вещества **А** в избытке кислорода образовалось 2.76 г твердого вещества **Б** и 6.72 л (н. у.) газа **В**. При растворении **Б** в избытке кислоты выделилось еще 448 мл (н. у.) газа **В**. Определите формулы веществ **А**, **Б** и **В**, напишите уравнения реакций. **(20 баллов)**

Решение. При сжигании бинарного соединения щелочного металла с углеродом, M_xC_y , в кислороде образуются карбонат металла и CO_2 (вещество **В**).



Карбонат металла растворяется в кислоте:



$$v(\text{M}_2\text{CO}_3) = v(\text{CO}_2) = 0.448 / 22.4 = 0.02 \text{ моль}.$$

$$M(\text{M}_2\text{CO}_3) = 2.76 / 0.02 = 138 \text{ г/моль} - \text{это } \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ (вещество Б)}.$$

$$\text{При сгорании: } v(\text{CO}_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль, } v(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0.02 \text{ моль}.$$

В навеске исходного вещества **A**: $\nu_{\text{общ}}(\text{C}) = 0.3 + 0.02 = 0.32$ моль.

$m(\text{C}) = 0.32 \cdot 12 = 3.84$ г, $m(\text{K}) = 5.40 - 3.84 = 1.56$ г, $\nu(\text{K}) = 1.56 / 39 = 0.04$ моль.

$\nu(\text{C}) : \nu(\text{K}) = 0.32 : 0.04 = 8 : 1$, формула **A** – KC_8 .

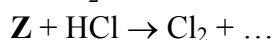
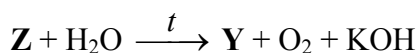
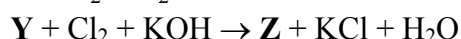
Уравнения реакций:



Ответ: **A** – KC_8 , **B** – K_2CO_3 , **B** – CO_2 .

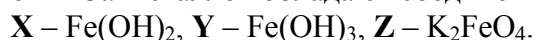
Баллы: формула **A** – 6 баллов, **B** – 4 балла, **B** – 2 балла. Уравнения реакций – по 2 балла, расчеты – 2 балла.

7. Расшифруйте схему:

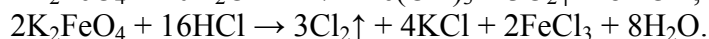
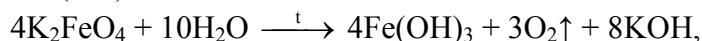
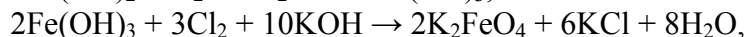
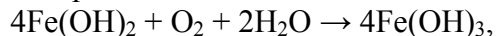


Вещества **X** и **Y** состоят из одних и тех же элементов, включая *3d*-металл. Запишите формулы веществ **X**, **Y**, **Z** и полные уравнения всех реакций. Если вы не смогли установить вещества, определите, в каком из них степень окисления металла наибольшая, а в каком – наименьшая. **(20 баллов)**

Решение. В ряду веществ **X** – **Y** – **Z** степень окисления металла увеличивается. Вещество **Z** – настолько сильный окислитель, что окисляет воду. Таким свойством из соединений *3d*-металлов обладают соединения Fe^{+6} , тогда **Y** содержит Fe^{+3} , **X** – Fe^{+2} .



Уравнения реакций:



Ответы **Z** – KMnO_4 или **Z** – K_2CrO_4 – **неправильные**, так как эти вещества не окисляют воду в нейтральном растворе.

Ответ: **X** – $\text{Fe}(\text{OH})_2$, **Y** – $\text{Fe}(\text{OH})_3$, **Z** – K_2FeO_4 .

Баллы: формулы веществ – по 4 балла, уравнения – по 2 балла (1 балл, если не уравнено). За элементы Cr и Mn ставились частичные баллы. За ответ про степени окисления – 4 балла (но только, если не определены вещества).