

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ  
КУРГАНСКАЯ ОБЛАСТЬ**

**2016-2017 учебный год**

**9 класс**

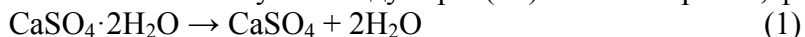
**РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

**Задача 9-1**

1. Распространенные в природе минералы кальция – это сульфаты кальция, фосфаты кальция и карбонаты кальция. При нагревании всех этих веществ до 1000°C в твердом остатке будет оксид кальция. Это соответствует условиям задачи, так как оксид кальция бурно реагирует с водой с образованием плохо растворимого гидроксида. Остается определиться с кислотным остатком соли. При нагреве до 200°C из возможных вариантов терять массу могут только гидрокарбонаты и кристаллогидраты. Сделаем предположение, что у нас загадан кристаллогидрат, тем более, что кристаллогидрат сульфата кальция (гипс) намного распространеннее гидрокарбоната кальция. Количество вещества соли равно  $17,2/172 = 0,1$  моль. В таком случае при нагреве улетает:

$$3,6\text{г}/18\text{ г/моль} = 0,2\text{ моль воды.}$$

То есть на 1 моль соли приходится два моль воды. Это соответствует гипсу. Проверим, является ли кислотный остаток сульфатом. Масса улетевшего при нагреве до 1000°C вещества равна  $17,2 - 3,6 - 5,6 = 8\text{ г.}$ , а его молярная масса равна  $8\text{г}/0,1\text{моль} = 80\text{г/моль}$ . Это соответствует оксиду серы (VI). Таким образом, формула соли  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .



2. Наибольшее применение минерал получил в производстве связующих материалов для строительства и медицины.

3. Согласно уравнению (3), оксид кальция и вода реагируют друг с другом в соотношении 1 к 1. Количество вещества оксида кальция и воды равно  $5,6/56 = 0,1$  (моль). Масса воды равна  $0,1 \cdot 18 = 1,8\text{ г.}$

*Распределение баллов (максимум 20)*

1. *Определение формулы минерала – 10 баллов*
2. *Уравнения реакций: по одному баллу за уравнение, итого – 3 балла.*
3. *Определение массы прореагировавшей с оксидом кальция воды – 3 балла.*
4. *Применение гипса – 4 балла.*

**Задача 9-2.**

1, 2. Поскольку вещество А с водой дает метафосфорную кислоту, это оксид фосфора (III)  $\text{P}_4\text{O}_6$ . Реакция с водой:

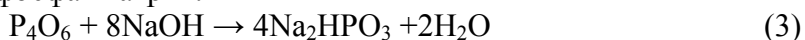


При окислении кислородом оксид фосфора (III) дает оксид фосфора (V):



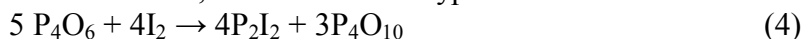
Таким образом, вещество В -  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ .

4. При взаимодействии с гидроксидом натрия оксид фосфора (III) дает гидрофосфат натрия:

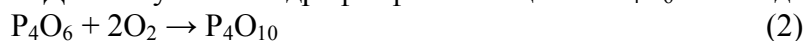


Таким образом, вещество С – гидроксид натрия.

Реакция с йодом ученикам 9 класса, возможно, не знакома, но в условии она написана полностью, остается только уравнять:



3. Для получения гидрофосфата кальция из  $P_4O_6$  необходимо провести 2 реакции:



*Распределение баллов (максимум 20)*

1. Формулы веществ А, В и С: по 2 балла за формулу, итого – 6 баллов.

2. Уравнения реакций 1, 2: по 2 балла за уравнение.

3. Уравнения 3 и 4: по 3 балла за уравнение.

4. Верный способ получения гидрофосфата кальция – 4 балла.

*Примечание: если участник пишет мономерные формулы оксидов фосфора ( $P_2O_3$  и  $P_2O_5$ ), ответ считать **верным**.*

Задача 9-3.

1. Рассчитаем массу серного ангидрида, полученного из 1 т. серы.

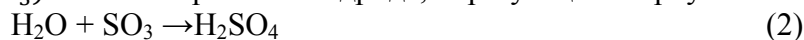


$$m(SO_3) = \frac{m(S)}{M(S)} M(SO_3) = \frac{10^6}{32} 80 = 2,5 \text{ (т)}$$

Часть серного ангидрида идет на реакцию с серной кислотой, другая часть является растворенным веществом в олеуме:

$$m(SO_3) = m'(SO_3) + m''(SO_3)$$

Здесь  $m'(SO_3)$  – масса серного ангидрида, являющегося растворенным веществом,  $m''(SO_3)$  – масса серного ангидрида, образующего серную кислоту в реакции с водой:



Таким образом, массу олеума можно расписать как сумму  $m(SO_3) + m(H_2O)$ .

Запишем формулу для нахождения массовой доли серного ангидрида в олеуме.

$$w(SO_3) = \frac{m'(SO_3)}{m(SO_3) + m(H_2O)} * 100\%$$

Здесь  $m'(SO_3)$  – масса серного ангидрида, Распишем массу  $m'(SO_3)$  как

$$m'(SO_3) = m(SO_3) - m''(SO_3) = m(SO_3) - n(H_2O) * M(SO_3)$$

Распишем массу  $m(H_2O)$  как

$$m(H_2O) = n(H_2O) * M(H_2O)$$

После подстановок получившихся выражений в формулу для нахождения  $w(SO_3)$  и выразим из нее  $n(H_2O)$  и проведем его расчет.

$n(H_2O) = 23924$  моль. Тогда  $m(H_2O) = 23924 * 18 = 0,435$  (т). Отсюда масса олеума равна  $2,5 + 0,435 = 2,935$  т.

2. Формула для расчета массовой доли серной кислоты

$$w(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m_{\text{р-ра}}(H_2SO_4)} * 100\%$$

Определим, сколько воды нужно, чтобы превратить олеум в 100% серную кислоту.

$$m'(SO_3) = 0,2 * m(\text{олеума}) = 0,2 * 2,935 = 0,587(\text{т})$$

$$\text{Тогда масса воды равна } \frac{0,587}{80} * 18 = 0,132(\text{т}).$$

Тогда

$$m_{\text{р-ра}}(H_2SO_4) = \frac{0,132 + 2,935}{0,76} = 4,04 \text{ (т)}$$

Масса прибавленной к олеуму воды равна  $4,04 - 2,935 = 1,105$  (т). Объем воды равен  $1,105 \text{ м}^3$ .

3. В условиях реактора при растворении серного ангидрида в воде образуется трудноулавливаемый туман серной кислоты (при взаимодействии  $SO_3$  с парами воды), который вредит оборудованию, создает вредные условия труда. Поэтому серный ангидрид растворяют в чистой серной кислоте.

*Распределение баллов (максимум 20)*

1. Верное определение массы олеума – 8 баллов.
2. Уравнения (1) и (2) по 1 баллу за уравнение. Если уравнение (2) расписано в виде двух реакций с промежуточным продуктом  $SO_2$ , то ставится по 0,5 балла за каждую реакцию.
3. Расчет объема прибавляемой воды – 8 баллов.
4. Ответ на вопрос 3 – 2 балла.

*Задача 9-4.*

1. При пропускании воздуха через раскаленную медь происходит поглощение кислорода по уравнению



Многократное пропускание над раскаленным магнием приводит к поглощению азота.



Свежепрокаленным оксидом кальция поглощается углекислый газ



2. Объем поглощенного кислорода составил  $10 - 7,905 = 2,05$  л, объемная доля кислорода равна:  $\eta = \frac{V(O_2)}{V(\text{возд})} * 100\% = \frac{2,05}{10} * 100\% = 20,5\%$ .

Объемная доля азота равна  $\frac{7,802}{10} * 100\% = 78,02\%$ .

Объемная доля углекислого газа равна  $\frac{0,003}{10} * 100\% = 0,03\%$

Объемная доля инертных газов равна  $\frac{0,1}{10} * 100\% = 1\%$ .

3. Ученые охлаждали смесь газов при повышенном давлении. Из-за разности температур кипения разных газов их сжижение происходило последовательно. Таким образом в земной атмосфере был обнаружен гелий.

4. Экспериментальная техника и методические приемы проведения газового анализа того времени не позволяли произвести точное определение.

Можно было посчитать, что большая атомная масса получается из-за наличия других инертных газов, но криптон и ксенон находятся в воздухе в следовых количествах и их наличие практически не влияет на атомную массу аргона.

*Распределение баллов (максимум 20)*

1. Уравнения реакций: по 1 баллу за каждое уравнение.
2. Определение состава воздуха – 10 баллов.
3. Ответ на вопрос 3 – 4 балла. Если, кроме сжижения газов представлен другой обоснованный и верный метод разделения их смеси, ответ считать правильным.
4. Ответ на вопрос 4 – 3 балла.

*Задача 9-5.*

1. По уравнению Клапейрона-Менделеева определим количество вещества углекислого газа.

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 * 1,6 * 10^{-4}}{8,314 * 296} = 0,0066 \text{ моль}$$

Тогда масса углерода равна

$$m(C) = 0,0066 * 12 = 0,0792 \text{ г}$$

Массовая доля углерода в стали равна

$$w(C) = \frac{0,0792}{5} * 100\% = 1,58\%$$

2. Содержание углерода в стали после прокаливания составило

$$w(C)_2 = \frac{2 * 0,0792 - 0,043}{10} * 100\% = 1,15\%$$

3. Уравнения реакций.



*Распределение баллов (максимум 20)*

*1. Определение массовой доли углерода в исходной стали – 10 баллов.*

*2. Определение массовой доли углерода после прокаливания – 8 баллов.*

*3. Уравнения 1 и 2 – по одному баллу за каждое уравнение.*