

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ 2014–2015 г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС**

**Решения и критерии оценивания олимпиадных заданий**

**В итоговую оценку из шести предложенных задач засчитываются пять решенных, за которые участник набрал наибольшее количество баллов. Одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.**

**1. Свойства кислотных оксидов**

Напишите уравнения реакций, в которых кислотный оксид реагирует с другим веществом в мольном соотношении:

- а) 1 : 1,
- б) 1 : 2,
- в) 2 : 1,
- г) 1 : 3,
- д) 1 : 6.

(Для каждой реакции можно выбрать свой кислотный оксид.)

Решение:

- а)  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
- б)  $\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- в)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$
- г)  $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$
- д)  $\text{P}_2\text{O}_5 + 6\text{KOH} = 2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

По 2 балла за каждое уравнение.

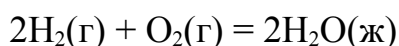
В каждом случае возможно несколько вариантов, принимаются любые разумные ответы, соответствующие условию.

**Всего за задачу – 10 баллов.**

**2. Реакции с уменьшением объёма**

Имеется смесь водорода и кислорода. Смесь поджигают электрической искрой. При каком объёмном соотношении газов объём смеси после пропускания искры уменьшится ровно на одну четверть (при постоянных температуре и давлении)? Объёмом образующейся воды можно пренебречь. Дайте два варианта ответа и подтвердите их расчётом.

Решение:



По уравнению реакции из 3 моль газов образуется 2 моль воды. Следовательно, количество вещества газов уменьшается на 3 моль, что

составляет четверть от исходного количества, т. е. до реакции было 12 моль газов.

Возможны два варианта:

- 1) в избытке – водород: 11 моль  $\text{H}_2$  и 1 моль  $\text{O}_2$ , объёмное соотношение  $\text{H}_2 : \text{O}_2 = 11 : 1$
- 2) в избытке – кислород: 2 моль  $\text{H}_2$  и 10 моль  $\text{O}_2$ , объёмное соотношение  $\text{H}_2 : \text{O}_2 = 1 : 5$

### Система оценивания:

уравнение реакции – **1 балл**,

упоминание идеи «избытка-недостатка» – **1 балл**,

каждый вариант ответа – по **4 балла**, из них **3 балла** – за расчёт состава смеси в молях, **1 балл** – за объёмное соотношение.

**Всего за задачу – 10 баллов.**

### 3. Кислород из углекислого газа

Соединение щелочного металла с кислородом – вещество **X** – вступает в реакцию с углекислым газом. Единственные продукты реакции – карбонат металла и кислород в мольном соотношении 2 : 3 и массовом соотношении 23 : 8. Установите формулу **X** и напишите уравнения его реакций с углекислым газом и водой.

#### Решение:

Металл можно определить, сравнив массовое соотношение с мольным:

$$\frac{m(\text{M}_2\text{CO}_3)}{m(\text{O}_2)} = \frac{2M(\text{M}_2\text{CO}_3)}{3M(\text{O}_2)} = \frac{2M(\text{M}_2\text{CO}_3)}{96} = \frac{23}{8},$$

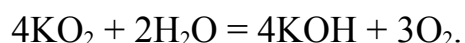
откуда  $M(\text{M}_2\text{CO}_3) = 138$  г/моль, это –  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , металл – К.

Формулу **X** определим по уравнению реакции. Обозначим формулу **X** –  $\text{K}_a\text{O}_b$  и составим сначала схему, а затем – уравнение реакции.

Схема:  $\text{K}_a\text{O}_b + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$ .

Уравнение:  $4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$ . Вещество **X** –  $\text{KO}_2$ .

Уравнение реакции с водой:



(Принимается также уравнение реакции с образованием  $\text{H}_2\text{O}_2$ :



**Система оценивания:**

определение металла – **2 балла**,  
 установление формулы **X** – **4 балла**,  
 уравнения реакций, по **2 балла** за каждое – **4 балла**.

**Всего за задачу – 10 баллов.**

**4. Электроны тоже имеют массу – 2**

В каком веществе, состоящем из двух элементов, массовая доля электронов – наибольшая? Кратко обоснуйте свой ответ с помощью расчётов или аргументированных рассуждений.

Решение:

Атом состоит из протонов, нейтронов и электронов. Число электронов в атоме равно порядковому номеру элемента  $Z$ . Примем, что массы протона и нейтрона примерно равны, и запишем выражение для массовой доли электрона:

$$\begin{aligned} \omega(e) &= \frac{N(e)m(e)}{N(e)m(e) + N(p)m(p) + N(n)m(n)} = \frac{N(e)m(e)}{N(e)m(e) + (N(p) + N(n))m(p)} = \\ &= \frac{Zm(e)}{Zm(e) + Am(p)} = \frac{1}{1 + \frac{A}{Z} \frac{m(p)}{m(e)}} \end{aligned}$$

Здесь  $N$  обозначает число частиц данного вида в атоме,  $A$  – массовое число. Для того, чтобы массовая доля электрона была наибольшей, отношение  $A / Z$  должно быть наименьшим. Оно равно 1 для атома  ${}^1\text{H}$ , у всех остальных атомов оно равно 2 или больше. Таким образом, в состав соединения должны входить атомы  $\text{H}$  и атомы другого элемента с минимальным (по возможности) отношением  $A / Z$ .

При этом водорода должно быть как можно больше. Из всех водородных соединений наибольшая массовая доля водорода – в  $\text{CH}_4$ . Атом углерода  ${}^{12}\text{C}$  подходит в качестве второго элемента, так как у него  $A / Z = 2$ .

*Ответ:*  $\text{CH}_4$ .

**Система оценивания:**

соображения о том, что в состав соединения должен входить атом  $\text{H}$ , – **4 балла**,  
 соображения о  $\text{CH}_4$  – **6 баллов** (соединения с меньшей массовой долей водорода, например  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , – 3 балла вместо 6),  
 если дан только правильный ответ без каких бы то ни было рассуждений – **0 баллов**.

**Всего за задачу – 10 баллов.**

## 5. Исследование чёрного порошка

Юный химик исследовал доступными ему средствами порошок чёрного цвета. При длительном прокаливании порошка на воздухе и в токе кислорода цвет вещества стал более темным, при этом выделялся газ с резким запахом, похожим на запах загорающейся спички. Масса вещества при прокаливании не изменилась.

Дальнейшие исследования показали, что исходное исследуемое вещество не растворяется в разбавленной серной кислоте даже при нагревании, зато продукт прокаливании хорошо растворяется в кислоте, образуя при этом раствор голубого цвета.

На основе этих наблюдений юный химик пришел к правильному выводу – вещество состоит из двух элементов.

- а) Какие элементы входят в состав исследуемого вещества?
- б) Какова формула исследуемого вещества?
- в) Запишите уравнение реакции, протекающей при прокаливании вещества в присутствии кислорода.
- г) Объясните с помощью расчёта, почему масса твёрдого вещества при прокаливании не изменяется.

### Решение:

- а) В состав исследуемого вещества входят медь и сера (по **1,5 балла** за каждый элемент – всего **3 балла**).
- б) Формула вещества –  $\text{Cu}_2\text{S}$  (**3 балла**; за  $\text{CuS}$  – **0 баллов**).
- в)  $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{O}_2 = 2\text{CuO} + \text{SO}_2$  (**3 балла**; 3 балла ставится и в том случае, если будет приведено правильное уравнение сгорания  $\text{CuS}$ ).
- г) Масса 1 моля  $\text{Cu}_2\text{S}$  (160 г) равна массе 2 моль  $\text{CuO}$ , продукт реакции  $\text{SO}_2$  – газообразное вещество (**1 балл**).

**Всего за задачу – 10 баллов.**

## 6. Химический фонтан

На уроке химии был проведён следующий эксперимент.

В колбу Вюрца 1 (см. рис. 1) поместили кристаллическое вещество белого цвета, которое окрашивает пламя в жёлтый цвет. С помощью капельной воронки 2 в колбу 1 прилили концентрированную серную кислоту, тотчас начал выделяться бесцветный газ в 1,26 раза тяжелее воздуха. Образующийся газ собрали в круглодонной колбе 3.

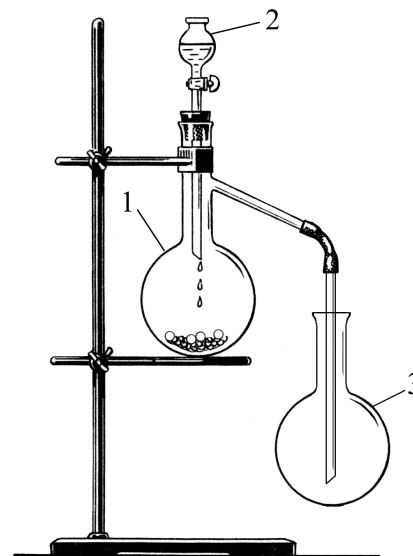


Рисунок 1

1) Какой газ получили в приборе, изображённом на рис. 1? Ответ обоснуйте, подтвердите расчётом и уравнением реакции.

2) Почему данный газ собирали методом вытеснения воздуха, а не воды?

3) Что нужно сделать с колбой 3, заполненной газом, чтобы внутри её начал «бить фонтан»

(см. рис. 2)? Ответ поясните.

4) Что будет наблюдаться (см. рис. 2), если в кристаллизатор 4 налить: а) водный раствор метилового оранжевого; б) раствор нитрата серебра?

5) Почему для «фонтанчика» следует брать круглодонную, а не плоскодонную колбу?

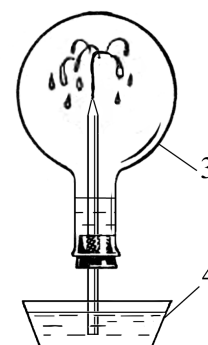


Рисунок 2

### Решение:

1) В приборе получили хлороводород.

$$M = 1,26 \cdot 29 \text{ г/моль} = 36,5 \text{ г/моль} \text{ (2 балла)}$$

Серную кислоту приливали к хлориду натрия. Известно, что ионы натрия окрашивают пламя в жёлтый цвет, что доказывает наличие натрия в составе этой соли. (1 балл)

В колбе Вюрца 1 протекает реакция:



(Допускается уравнение:  $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}\uparrow$ )

2) Хлороводород нельзя собрать методом вытеснения воды, так как он в ней хорошо растворяется. (1 балл)

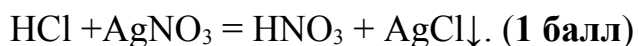
3) Для того, чтобы в колбе начал «бить фонтан», необходимо, не выпуская газа, закрыть её пробкой с газоотводной трубкой. Затем ввести в колбу небольшое количество воды, в котором растворится хлороводород,

и в колбе создается разрежение. Если конец газоотводной трубки опустить в воду, то она под действием атмосферного давления начнет подниматься в колбу. (2 балла)

4) При растворении хлороводорода в колбе образуется соляная кислота.

а) В соляной кислоте оранжевая окраска индикатора изменится на красную. (1 балл)

б) При взаимодействии соляной кислоты с раствором нитрата серебра образуется осадок белого цвета, смесь помутнеет:



5) При демонстрации «фонтанчика» внутри колбы создается разрежение, поэтому её стенки испытывают значительное давление снаружи. В случае круглодонной колбы давление на её стенки распределяется равномерно. Таким образом, при использовании круглодонной колбы меньше вероятность, что она лопнет, не выдержав разницы давления. Важно отметить, что стенки колбы должны быть совершенно ровными и целыми, на них не должно быть ни трещин, ни царапин, ни сколов. (1 балл)

**Всего за задачу – 10 баллов.**