

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ. 2016–2017 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

**Задания, ответы, критерии оценивания**

**Общие указания:** если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается.

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

**1. (10 баллов) Ионные реакции**

Завершите приведённые ниже сокращённые ионные уравнения реакций с коэффициентами. Все неизвестные частицы обозначены многоточиями.

- а)  $\dots + 2\dots \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$   
б)  $\dots + 2\text{OH}^- + \dots \rightarrow \text{BaSO}_3\downarrow + \dots$   
в)  $\text{Pb}^{2+} + \dots \rightarrow \dots + 2\text{H}^+$   
г)  $\text{H}^+ + \dots \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \dots$   
д)  $3\text{H}^+ + \dots \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\dots$

Для каждого сокращённого ионного уравнения приведите по одному уравнению в молекулярной форме.

**Решение.**

- а)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$   
 $\text{CuCl}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KCl}$   
б)  $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{SO}_2 \rightarrow \text{BaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{BaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$   
в)  $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{PbS}\downarrow + 2\text{H}^+$   
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{PbS}\downarrow + 2\text{HNO}_3$   
г)  $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{HCl} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
д)  $3\text{H}^+ + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$   
 $3\text{HCl} + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

**Критерий оценивания.**

Каждое уравнение (сокращённое ионное или молекулярное) – по 1 баллу.

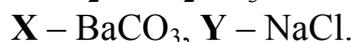
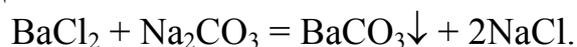
**Всего за задачу – 10 баллов.**

## 2. (10 баллов) Взаимодействие растворов

При смешении равных масс растворов хлорида бария и карбоната натрия образовалось 13,79 г осадка **X** и раствор вещества **Y**. Определите неизвестные вещества и запишите уравнение реакции. Найдите массу вещества **Y** и его массовую долю в конечном растворе, если известно, что при добавлении к нему серной кислоты никаких изменений не наблюдается, а массовая доля карбоната натрия в исходном растворе в 1,7 раза больше массовой доли вещества **Y** в конечном растворе.

### Решение.

При взаимодействии растворов хлорида бария и карбоната натрия протекает реакция:



Так как фильтрат не реагирует с серной кислотой, он не содержит ни избытка карбонат-ионов, ни избытка ионов бария. Это означает, что оба вещества прореагировали полностью. Проведём расчёт по уравнению реакции:

$$n(\text{BaCO}_3) = 13,79 / 197 = 0,07 \text{ моль},$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,07 \text{ моль}, m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,07 \cdot 106 = 7,42 \text{ г},$$

$$n(\text{NaCl}) = 0,14 \text{ моль}, m(\text{NaCl}) = 0,14 \cdot 58,5 = 8,19 \text{ г}.$$

Пусть масса каждого из двух смешанных растворов равна  $x$  г, тогда масса конечного раствора равна  $(2x - 13,79)$  г (осадок  $\text{BaCO}_3$  не входит в состав раствора). Массовая доля карбоната натрия в исходном растворе:

$$\omega_1 = 7,42 / x,$$

а массовая доля хлорида натрия (вещества **Y**) в конечном растворе:

$$\omega_2 = 8,19 / (2x - 13,79).$$

По условию задачи,  $\omega_1 = 1,7\omega_2$ ,

$$7,42 / x = 1,7 \cdot 8,19 / (2x - 13,79),$$

$$x = 111,6 \text{ г},$$

$$\omega_2 = 8,19 / (2 \cdot 111,6 - 13,79) = 0,039, \text{ или } 3,9 \text{ \%}.$$

**Ответ:**  $m(\text{NaCl}) = 8,19 \text{ г}$ ,  $\omega(\text{NaCl}) = 3,9 \text{ \%}$ .

### Критерии оценивания.

Определение веществ <b>X</b> и <b>Y</b> –	<b>2 балла</b> (по 1 баллу за каждое вещество),
уравнение реакции –	<b>2 балла</b> ,
вывод о том, что вещества прореагировали полностью –	<b>1 балл</b> ,
расчёт по уравнению реакции и определение массы солей натрия –	<b>2 балла</b> ,
составление уравнения для массы растворов –	<b>1 балл</b> ,
массовая доля $\text{NaCl}$ –	<b>2 балла</b> .

**Всего за задачу – 10 баллов.**

### 3. (10 баллов) Электроны химических связей

Приведите по одному примеру молекул, у которых в образовании ковалентных химических связей участвуют:

- все электроны молекулы;
- больше половины электронов молекулы;
- ровно одна треть от общего числа электронов молекулы.

Ответы обоснуйте. Для каждой молекулы опишите электронную конфигурацию атома с наибольшим порядковым номером.

#### Решение.

а) Только в одном элементе, способном к образованию химических связей, нет внутренних электронов – это водород H. В молекуле H<sub>2</sub> оба электрона (т. е., все электроны молекулы) участвуют в образовании связи H–H. Других таких молекул нет.

Электронная конфигурация атома водорода:  $1s^1$ .

б) Чем больше в молекуле атомов водорода, тем большая доля электронов от их общего числа в молекуле участвует в ковалентных связях. Кроме водорода имеет смысл рассматривать только элементы 2-го периода, так как у них относительно немного внутренних электронов. Перечислим летучие водородные соединения неметаллов 2-го периода (за исключением бора) с указанием числа электронов:

CH<sub>4</sub> – всего 10 электронов, 4 химические связи, образованные 8 электронами.

$8/10 > 1/2$ , подходит.

NH<sub>3</sub> – всего 10 электронов, 3 химические связи, образованные 6 электронами.

$6/10 > 1/2$ , подходит.

H<sub>2</sub>O – всего 10 электронов, 2 химические связи, образованные 4 электронами.

$4/10 < 1/2$ , не подходит.

HF – всего 10 электронов, 1 химическая связь, образованная 2 электронами.

$2/10 < 1/2$ , не подходит.

Таким образом, возможные правильные ответы – CH<sub>4</sub> или NH<sub>3</sub>.  
Электронные конфигурации центральных атомов:

C –  $1s^2 2s^2 2p^2$ , N –  $1s^2 2s^2 2p^3$

(принимается также распределение по энергетическим уровням: 2 – 4 для углерода и 2 – 5 для азота).

в) Число электронов, участвующих в образовании ковалентных связей, чётное. Тогда общее число электронов в молекуле должно быть кратным 6: 6, 12, 18 и т. д. Молекул с 6 электронами нет (BeH<sub>2</sub> имеет немолекулярное строение). 12 электронов имеет неустойчивая молекула C<sub>2</sub>, связь в которой –

двойная. Формально,  $C_2$  – правильный ответ. 18 электронов и 3 ковалентные связи – в молекуле  $PH_3$ , которая и является основным правильным ответом. Электронная конфигурация атома P:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  (или 2 8 5).

**Ответ.** а)  $H_2$ ; б)  $CH_4$  или  $NH_3$ ; в)  $PH_3$ .

**Критерии оценивания:**

а) **3 балла** – из них 2 балла за формулу с подсчётом электронов и 1 балл за электронное строение (только формула без подсчёта электронов – 0 баллов).

б) **3 балла** – из них 2 балла за формулу с подсчётом электронов и 1 балл за электронное строение (только формула без подсчёта электронов – 0 баллов).

в) **4 балла** – из них 3 балла за формулу с подсчётом электронов и 1 балл за электронное строение (только формула без подсчёта электронов – 0 баллов).

**Всего за задачу – 10 баллов.**

**4. (10 баллов) Цветные реакции**

Бирюзовый осадок **X** массой 7,74 г, выделившийся при добавлении небольшого количества раствора гидроксида натрия к водному раствору сульфата меди(II), при прокаливании образует 4,80 г чёрного порошка **Y**, который при нагревании в токе водорода изменяет окраску, превращаясь в розово-красный порошок **Z** массой 3,84 г.

1. Определите вещества **X**, **Y**, **Z** и назовите их. Ответ подтвердите расчётами.

2. Приведите уравнения всех описанных выше реакций.

3. Запишите уравнения реакций **X** с серной кислотой и с гидроксидом калия.

**Решение.**

1. Розово-красный порошок **Z**, образовавшийся при восстановлении водородом, – это простое вещество медь.

$$n(\text{Cu}) = 3,84/64 = 0,06 \text{ моль.}$$

Вещество **Y** представляет собой оксид меди. Если предположить, что в формульной единице оксида содержится один атом меди, то

$$n(\text{Y}) = n(\text{Cu}) = 0,06 \text{ моль,}$$

тогда  $M(\text{Y}) = 4,8/0,06 = 80$  г/моль, что соответствует оксиду меди  $\text{CuO}$ .

Используя такое же предположение, рассчитаем молярную массу **X**. Она равна  $7,74/0,06 = 129$  г/моль, что не соответствует молярной массе гидроксида меди.

Тогда разумно предположить, что **X** представляет собой основную соль. Если в формульной единице **X** содержится два атома меди, то

$$M(\text{X}) = 7,74/0,03 = 258 \text{ г/моль,}$$

что соответствует формуле  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$ .

Итак, **X** –  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$ , сульфат дигидроксидимеди(II), или основной сульфат меди(II), или сульфат гидроксомеди. Принимается любое из этих названий.

**Y** –  $\text{CuO}$ , оксид меди(II).

**Z** –  $\text{Cu}$ , медь.

2.  $2\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$   
 $2\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4 = 4\text{CuO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = 2\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4.$

### Критерии оценивания.

1. Формула **X** – 1,5 балла, название **X** – 0,5 балла,  
формулы **Y** и **Z** – по 1 баллу, названия **Y** и **Z** – по 0,5 балла.  
Всего – **5 баллов**.
2. За каждое уравнение – по 1 баллу (по 0,5 балла, если не уравнено), всего –  
**3 балла**.
3. За каждое уравнение – по 1 баллу (по 0,5 балла, если не уравнено), всего –  
**2 балла**.

**Всего за задачу – 10 баллов.**

### 5. (10 баллов) Анализ жидкости

В две колбы с тёплой водой поместили по 13,5 г бесцветной кислородсодержащей жидкости, состоящей из трёх элементов. Через некоторое время, когда реакция закончилась, растворы подвергли анализу. Полученные растворы имели кислую реакцию. В первую колбу прилили избыток раствора хлорида бария, при этом выделилось 23,3 г белого кристаллического осадка. Во вторую колбу добавили избыток раствора нитрата серебра. Масса выпавшего творожистого осадка составила 28,7 г.

Определите формулу неизвестной жидкости. Запишите уравнения протекающих химических реакций.

### Решение и критерии оценивания.

Из условия задачи можно предположить, что в результате взаимодействия неизвестной жидкости с водой образовались серная и соляная кислоты. Белый кристаллический осадок – сульфат бария. Белый творожистый осадок – хлорид серебра. Поэтому исходное вещество состояло из трёх элементов – серы, хлора и кислорода. **(2 балла)**

Количество вещества серы в составе сульфата бария:

$$n(\text{S}) = n(\text{BaSO}_4) = 23,3 \text{ г} / 233 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

Количество вещества хлора в составе хлорида серебра:

$$n(\text{Cl}) = n(\text{AgCl}) = 28,7 \text{ г} / 143,5 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

Количество вещества кислорода в составе неизвестной жидкости:

$$m(\text{O}) = 13,5 - (m(\text{S}) + m(\text{Cl})) = 13,5 - (0,1 \cdot 32 + 0,2 \cdot 35,5) = 3,2 \text{ г}$$

$$n(\text{O}) = 3,2 / 16 = 0,2 \text{ моль} \quad \text{(2 балла)}$$

Отношение чисел атомов в соединении:

$$n(\text{S}) : n(\text{Cl}) : n(\text{O}) = 0,1 : 0,2 : 0,2 = 1 : 2 : 2$$

Формула соединения  $\text{SCl}_2\text{O}_2$  или  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ . (1 балл)

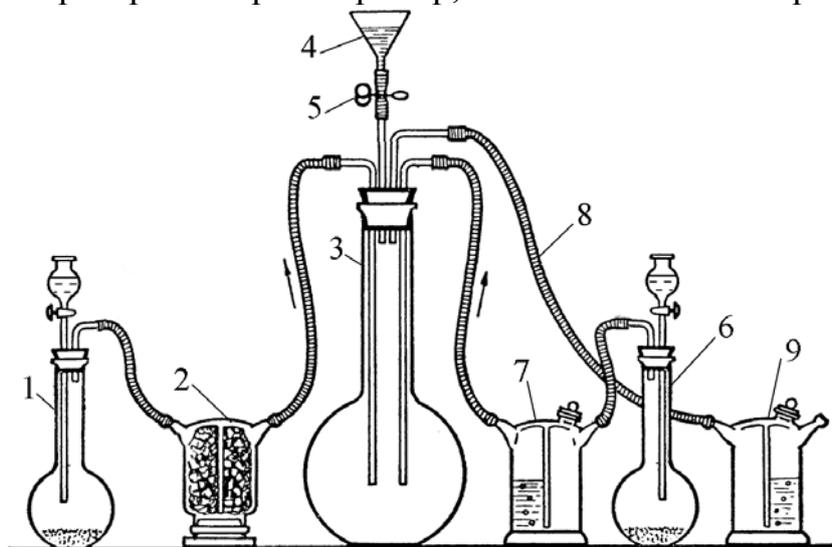
Уравнение реакции взаимодействия вещества с водой:



Всего за задачу – 10 баллов.

### 6. (10 баллов) Школьный эксперимент

В школьной лаборатории собрали прибор, как это показано на рисунке.



В колбу 1 поместили небольшие кусочки сульфида железа(II) и прилили соляную кислоту. Выделяющийся газ пропустили через склянку 2, заполненную безводным хлоридом кальция. В колбе 6 к порошку сульфита натрия прилили концентрированную серную кислоту. Выделяющийся газ пропускали через склянку 7 с концентрированной серной кислотой. Оба газа поступали в колбу-реактор 3, направление движения газов показано на рисунке стрелками. Избыток газов поступал по газоотводной трубке 8 в поглотительную склянку 9.

Когда колба-реактор 3 была заполнена смесью газов, никаких изменений не наблюдалось. Однако после того, как открыли зажим 5 и прилили небольшое количество воды из воронки 4, в колбе 3 началась реакция. Пространство в этой колбе заполнилось дымом, а через некоторое время на её стенках образовался плотный налёт жёлтого цвета.

1. Какие газы получали в колбах 1 и 6? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

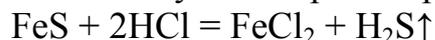
2. С какой целью выделяющиеся газы пропускали через склянки 2 и 7? Допустимо ли склянку 2 тоже заполнить концентрированной серной кислотой? Ответ поясните.

3. Какая реакция протекала в колбе 3 после того, как туда была добавлена вода? Какое вещество осело на стенках колбы? Напишите соответствующее уравнение.

4. Какие вещества можно использовать для заполнения поглотительной склянки 9? Приведите два примера таких веществ и обоснуйте свой ответ.

**Решение и критерии оценивания.**

1. В колбе 1 получали сероводород:



**2 балла**

В колбе 6 получали сернистый газ:



**2 балла**

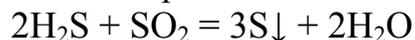
2. Проходя через склянки 2 и 6, газы осушались, т. е. освобождались от водяных паров.

**1 балл**

Склянку 2 нельзя заполнять концентрированной серной кислотой, т. к. Выделяющийся сероводород будет окисляться.

**1 балл**

3. В колбе-реакторе 3 в присутствии воды протекает реакция между сероводородом и сернистым газом:



На стенках колбы образуется налёт элементарной серы.

**2 балла**

4. Склянка 9 необходима для поглощения избытка сероводорода и сернистого газа. Оба вещества проявляют кислотные свойства, поэтому для их поглощения следует использовать сильные основания, например, раствор гидроксида натрия. Также  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{SO}_2$  проявляют выраженные восстановительные свойства, поэтому для их поглощения можно использовать сильные окислители, например, раствор дихромата калия.

**По 1 баллу за каждый правильный вариант.**

**Всего за задачу – 10 баллов.**

**Максимальное количество баллов за работу – 50.**