

# Московская олимпиада школьников по химии 2011-2012 учебного года.

## Задания. 9 класс.

**Задание:** Вам выданы 7 пробирок, в которых находятся растворы индивидуальных веществ:  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ .

Используя эти растворы и универсальную индикаторную бумагу, определите, в какой пробирке находится каждое из веществ. Решение представьте в виде таблицы. Напишите уравнения реакций, подтверждающие открытие веществ.

*Ответьте на теоретические вопросы:*

*1. Из предложенного набора солей выберите те соли, катионы которых обладают амфотерными свойствами.*

*2. Для гидроксидов этих металлов напишите уравнения реакций, подтверждающие их амфотерность.*

**Оборудование:** штатив с 7-ю пронумерованными пробирками, содержащими растворы веществ, пустые пробирки для проведения реакций (6 шт), пипетка, водяная баня (1 шт. на 2-3 чел.), предметное стекло (1 шт.).

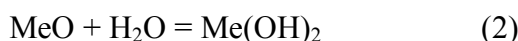
### Задача 9-1 (автор Ю.С. Головки)

Бинарными соединениями металла с кислородом могут быть оксиды, пероксиды, надпероксиды и озониды.

Масса полученного раствора равна  $998 \cdot 1,049 = 1046,9$  г. Это меньше суммы реагирующих веществ ( $998 + 55 = 1055$  г. Разница в массе – выделяющийся газ ( $1055 - 1046,9 = 8,1$  г). Следовательно оксид исключается, т. к. при реакции оксида с водой газ не выделяется:

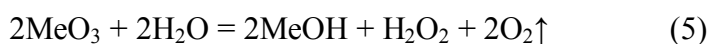
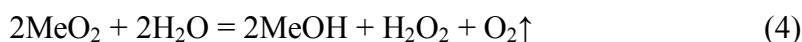
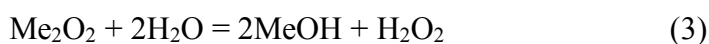


или



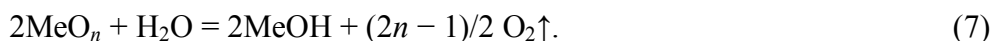
Пероксиды образуют металлы I и II А групп, надпероксиды и озониды – металлы I А группы.

Рассмотрим щелочные металлы:



Образующийся пероксид водорода при кипячении разлагается:  $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow$  (6).

В общем виде:



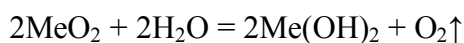
Составим пропорцию: 
$$\frac{2(M_{\text{Me}} + 16n)}{55} \text{ ————— } \frac{(2n - 1)32/2 \text{ г кислорода}}{8,1}$$

Решая пропорцию, получаем:  $M_{\text{Me}} = 94n - 55$

При  $n = 1$  получаем  $M_{\text{Me}} = 39$ . Это KO или  $\text{K}_2\text{O}_2$  – пероксид калия

При  $n = 2$  получаем  $M_{\text{Me}} = 132$ . Это  $\text{CsO}_2$  – надпероксид цезия.

Рассмотрим пероксиды щелочноземельных металлов:



Составим пропорцию: 
$$\frac{2(M_{\text{Me}} + 32)}{55} \text{ ————— } \frac{32 \text{ г кислорода}}{8,1}$$

Решая пропорцию получаем:  $M_{\text{Me}} = 76,6$  – щелочноземельного металла с такой массой нет.

### Система оценивания:

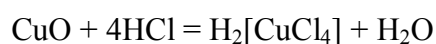
Перечень 4-х возможных соединений металла с кислородом

0,5·4 = 2 балла

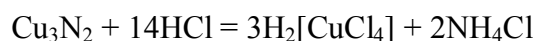
Вывод на основании расчетов, что выделяется газ + кол-во газа балла	2,5
Вывод об исключении оксида, подтвержденный уравнениями реакции (1 и 2)	0,5+1·2 = 2,5 балла
Уравнения 3, 4, 5 и 6 или одно суммарное уравнение 7	4 балла
Определение $K_2O_2$ + название	2,5 + 0,5 = 3 балла
Определение $CsO_2$ + название	2,5 + 0,5 = 3 балла
Исключение пероксидов щелочноземельных металлов	3 балла
<b>ИТОГО:</b> баллов	<b>20</b>

### Задача 9-2 (автор А.А. Дроздов)

Окраска разбавленного водного раствора обусловлена гидратированными ионами металлов. Голубой цвет раствору придают аквакомплексы ионы меди (II), а розовый – аквакомплексы ионы кобальта (II). В концентрированной соляной кислоте катионы многих металлов образуют устойчивые хлоридные комплексы, имеющие иную окраску, чем акваионы. Так, хлоридные комплексы меди (например,  $[CuCl_4]^{2-}$ ) имеют желто-зеленую окраску, а аналогичные комплексы кобальта (например,  $[CoCl_4]^{2-}$ ) – синюю. При разбавлении водой комплексы разрушаются. В банках могли находиться какие-либо бинарные соединения меди (II) и кобальта, растворимые в кислотах. Например, оксид меди (II)  $CuO$ , нитрид меди (II)  $Cu_3N_2$ , оксиды кобальта  $CoO$  и  $Co_3O_4$ <sup>1</sup>. Все они имеют черную окраску, а при действии концентрированной соляной кислоты разлагаются:

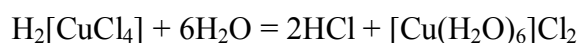


Черный            желто-зеленый

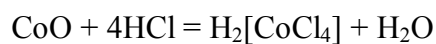


Черный            желто-зеленый

При разбавлении:

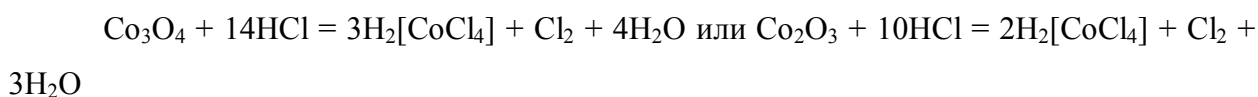


желто-зеленый            голубой



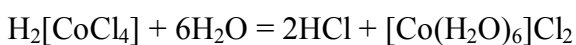
черный            синий

<sup>1</sup> Можно засчитывать  $Co_2O_3$ .



черный                      синий

При разбавлении:



синий                                      розовый

*Система оценивания:*

*Оценивается как правильный любой из четырех вариантов:*

*SiO и CoO,*

*SiO и Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (или Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),*

*Si<sub>3</sub>N<sub>2</sub> и CoO,*

*Si<sub>3</sub>N<sub>2</sub> и Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (или Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).*

***Система оценивания:***

*За правильное определение каждого*

*из катионов металлов (меди, кобальта)*

*2x2 б = 4 б,*

*За правильную формулу каждого*

*из двух соединений в банках*

*2x4 б = 8 б*

*За каждое из двух уравнений растворения*

*исходных веществ в кислоте*

*2x2 б = 4 б*

*За верное объяснение причины*

*изменения окраски при разбавлении водой*

*2x2б = 4 б*

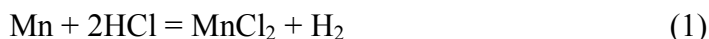
***ИТОГО:***

***20 б***

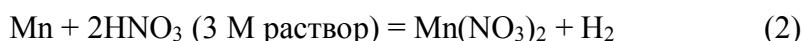
### ***Задача 9-3 (автор А.А. Дроздов)***

В реакцию вводят либо чистый марганец, либо металл, содержащий примесь меди и железа. Концентрация ионов водорода в растворе соляной кислоты ( $C(\text{H}^+) = 3 \text{ M}$ ) больше, чем в растворе серной кислоты ( $C(\text{H}^+) = 2 \text{ M}$ ). Более энергично металл будет растворяться в соляной кислоте из-за большей концентрации ионов водорода и частичного образования в растворе хлоридных комплексов. Бесцветный горючий газ, взрывающийся при поднесении спички с хлопком – это водород. Он выделяется у Буратино, Мальвины и Кота Базилио. Бурное выделение водорода у Буратино и Кота говорит об использовании ими соляной кислоты, в то время как Мальвина работала с серной кислотой. Итак, обратимся к журналам персонажей.

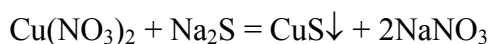
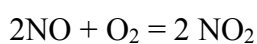
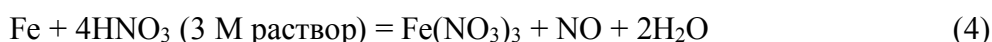
Буратино. Реакция с соляной кислотой, растворение без остатка свидетельствует об отсутствии меди (нерастворимой в соляной кислоте), то есть о чистом марганце.



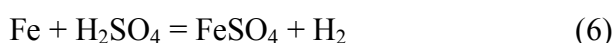
Пьеро. Выпадение черного осадка при добавлении сульфида натрия говорит о наличии в растворе соли меди, сульфид которой окрашен в черный цвет и нерастворим в кислотах. Значит, металл содержал примеси. Из предложенных кислот медь растворяет только азотная. В то же время выделение горючего газа, содержащего лишь примесь окрашенного диоксида азота, свидетельствует об использовании разбавленной азотной кислоты. Известно, что 15–20 %-ная азотная кислота реагирует с марганцем преимущественно с выделением водорода.



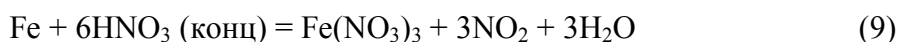
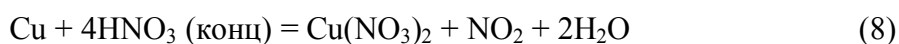
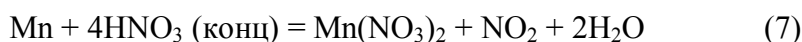
(См. Учебник Химия-10, профильный уровень, автор Еремин В.В. и др., Дрофа 2008 г, с. 166; Неорганическая химия, т. 2. под ред. акад. Ю.Д.Третьякова, М., Академия, 2008г, с. 199–200). За правильный ответ можно принимать уравнения реакций, в которых продуктами восстановления азотной кислоты являются NO, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O.



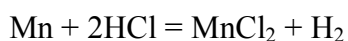
Мальвина. Работает с серной кислотой, металл содержит примеси (Cu), нерастворимые в разбавленном растворе серной кислоты.



Лиса Алиса. Покрытие образца металла белесым налетом соли и энергичное протекание реакции при разбавлении говорят в пользу дымящей 100 %-ной азотной кислоты. Об этом же свидетельствует и выделение окрашенного газа – диоксида азота. Зеленовато-желтая окраска раствора, не исчезающая при кипячении (когда весь диоксид азота улетучивается), говорит о наличии примесей железа и меди.



Кот Базилио. Энергичное протекание реакции говорит об использовании соляной кислоты. Твердый остаток в пробирке свидетельствует о наличии примеси меди, нерастворимой в соляной кислоте.





Ответы представим в виде таблицы:

Персонаж	Образец марганца (чистый или с примесями)	Формула и концентрация кислоты
Буратино	чистый	3 М HCl
Пьеро	С примесями	3 М HNO <sub>3</sub>
Мальвина	С примесями	1 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Лиса Алиса	С примесями	Дымящая HNO <sub>3</sub> (100%)
Кот Базилио	С примесями	3 М HCl

**Система оценивания:**

За каждую строку таблицы при правильном ее заполнении – 2 б (по одному баллу за каждый из двух столбцов) 5x2 = 10 баллов

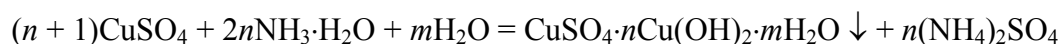
За каждое уравнение реакций – по 1 б (каждое уравнение оценивается только один раз, даже если оно повторяется у разных кукол) 10x1 = 10 баллов

За правильный ответ можно принимать уравнения реакций, в которых продуктами восстановления 3М азотной кислоты марганцем являются NO, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O.

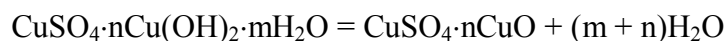
**ИТОГО:** 20  
баллов

**Задача 9-4 (автор А.А. Дроздов)**

При действии аммиака на раствор сульфата меди (II) образуются основные соли общего состава CuSO<sub>4</sub>·nCu(OH)<sub>2</sub>·mH<sub>2</sub>O, которые в избытке реагента растворяются с образованием аммиачных комплексов.



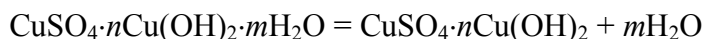
При прокаливании основной соли протекает реакция:



Увеличение массы колонки связано с поглощением воды, так как разложение сульфата меди (II) происходит при более высокой температуре.

$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г}$ ,  $n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль}$ , следовательно, на 1 моль основной соли по уравнению приходится 5 моль воды, т. е.  $m + n = 5$ .

При высушивании в эксикаторе основная соль теряет кристаллизационную воду:

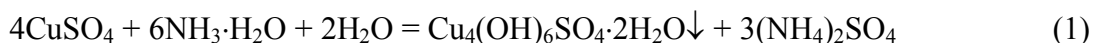


$m(\text{H}_2\text{O}) = 7,2 \text{ г}$ ,  $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,4 \text{ моль}$ , следовательно, на 1 моль основной соли приходится 2 воды, т. е.  $m = 2$ .

Таким образом,  $n = 3$ .



Уравнение реакции образования соли:



При прокаливании получена оксосоль – сульфат триоксомеди(II):

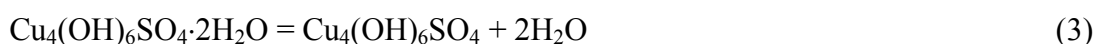


$$n(\text{CuSO}_4) = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Cu}_4\text{O}_3\text{SO}_4) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}_4\text{O}_3\text{SO}_4) = 20 \text{ г}$$

Уравнение реакции обезвоживания в эксикаторе:



### **Система оценивания:**

За расчет $n(\text{CuSO}_4)$	1,5 б
За расчет $n(\text{H}_2\text{O})$ , выделившейся при прокаливании	1,5 б
За расчет $n(\text{H}_2\text{O})$ , поглощенной серной кислотой	1,5 б
За указание на факт образования основной соли	2 б
За нахождение правильной формулы соли	3,5 б
За уравнения реакций (1–3) – по 2 б, всего	6 б
За название соли	2 б
За расчет массы соли	2 б
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 б</b>

### **Задача 9-5 (автор С.И. Каргов)**

1.  $Q = Q_{\text{f}}\text{H}_2\text{SO}_4(\text{ai}) - Q_{\text{f}}\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l}) = 909.27 - 813.99 = 95.28 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

2. Выделяющаяся теплота расходуется на нагревание  $n$  моль воды с теплоёмкостью  $C_p$  от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$ , т. е.

$$Q = nC_p(T_2 - T_1), \text{ откуда } n = \frac{Q}{C_p(T_2 - T_1)} = \frac{95280}{75.3 \cdot 75} = 16.9 \text{ моль.}$$

Тогда  $m(\text{H}_2\text{O}) = 16.9 \cdot 18 = 304$  г.

3. Выделяющаяся теплота расходуется на нагревание  $n$  моль воды с теплоёмкостью  $C_p$  от  $T_1$  до температуры  $T_2$  и испарение  $n$  моль воды с теплотой испарения  $Q_{\text{исп}}$ , т. е.

$$Q = nC_p(T_2 - T_1) + nQ_{\text{исп}}, \quad \text{откуда} \quad n = \frac{Q}{C_p(T_2 - T_1) + Q_{\text{исп}}} = \frac{95280}{75.3 \cdot 75 + 40660} =$$

2.06 моль.

Тогда  $m(\text{H}_2\text{O}) = 2.06 \cdot 18 = 37$  г.

4. При добавлении небольших порций концентрированной серной кислоты к большому количеству воды кислота, имеющая бóльшую плотность, тонет в воде, а выделяющаяся теплота поглощается большим количеством окружающей воды. Если добавлять воду к кислоте, то вода, имеющая меньшую плотность, останется на поверхности и может закипеть, что может привести к выбросу кислоты.

**Система оценивания:**

1. За правильный расчёт	2 балла
2. За правильный расчёт	6 баллов
3. За правильный расчёт	8 баллов
4. За правильное объяснение	4 балла
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>