

# ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

Муниципальный этап

Иркутск, 2022-23 уч. г.

9 класс

## ЗАДАЧА 9-1

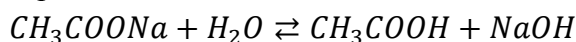
В девяти пронумерованных пробирках находятся растворы следующих солей:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$  и  $\text{KI}$ . Определите, в какой из пробирок находится раствор каждой из солей, используя в качестве реагентов индикатор метиловый оранжевый, растворы нитрата серебра, гидроксида натрия, раствор аммиака и сами соли. Результаты определения оформите в виде таблицы. Напишите все необходимые для определения реакции.

## РЕШЕНИЕ

	Метилоранж		$\text{AgNO}_3$	$\text{KI}$	$\text{NaOH}$ изб	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	розовый	$\text{pH} < 7$	-	Ярко-желтый		
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	розовый		-		Белый, растворяется в избытке	Белый, растворяется в избытке
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	розовый		-		Белый, растворяется в избытке	Белый осадок
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	розовый		-		Белый	
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	розовый		-		Запах аммиака при нагревании	
$\text{CH}_3\text{COONa}$	желтый	$\text{pH} > 7$	-			
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	оранжевый	$\text{pH} = 7$	Помутнение			
$\text{NaCl}$	оранжевый		Белый творожистый осадок			
$\text{KI}$	оранжевый		Желтый осадок			

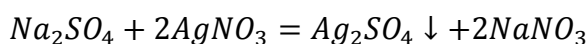
3 балла

После действия на растворы индикатора только в пробирке с  $\text{CH}_3\text{COONa}$  он меняет цвет на желтый за счет гидролиза:

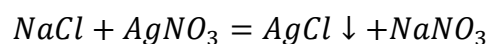


2 балла

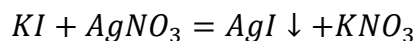
В трех пробирках среда нейтральная –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$  и  $\text{KI}$  не гидролизуются. При действии на эти соли раствором  $\text{AgNO}_3$  получим легкое помутнение раствора за счет малорастворимого  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , в пробирке с  $\text{NaCl}$  выпадет белый творожистый осадок, в пробирке с  $\text{KI}$  выпадает желтоватый осадок.



1 балл

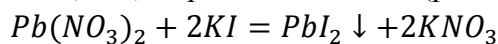


1 балл



1 балл

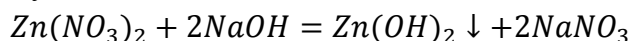
На растворы шести оставшихся солей подействовать солью KI из выданных солей. Осадок выпадет только в пробирке с  $Pb(NO_3)_2$ : ярко-желтый  $PbI_2$  (растворяется при нагревании).



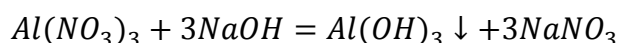
1 балл

На растворы четырех солей действуют раствором NaOH.

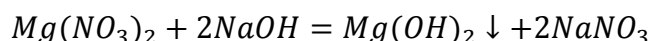
В трех пробирках выпадут белые осадки:



1 балл

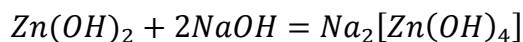


1 балл

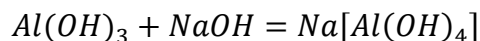


1 балл

При действии избытка NaOH осадок  $Mg(OH)_2$  не растворится, остальные осадки растворятся:

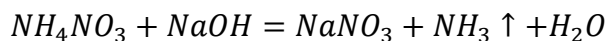


2 балла



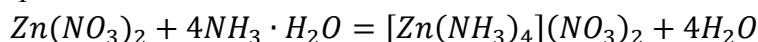
2 балла

В пробирке с нитратом аммония не будет происходить видимых изменений, но при нагревании происходит выделение газа с резким запахом аммиака:

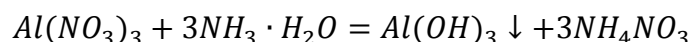


1 балл

При добавлении к растворам  $Zn(NO_3)_2$  и  $Al(NO_3)_3$  избытка раствора аммиака в одной из пробирок выпадет белый осадок – это  $Al(OH)_3$ , а в пробирке с нитратом цинка получим бесцветный раствор:



1 балл



2 балла

**Итого**

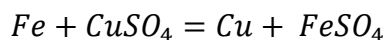
**20 баллов**

### ЗАДАЧА 9-2

Тонкую железную пластину массой 100 г погрузили в 250 г 20%-ного раствора  $\text{CuSO}_4$ . Через некоторое время пластину вынули из раствора, промыли, высушили и взвесили; ее масса оказалась равной 102 г. Рассчитайте состав раствора (в % по массе) после удаления из него металлической пластины.

### РЕШЕНИЕ

Запишем уравнение протекающей реакции:



1 балл

Происходит одновременно растворение железа и выделение меди.

По уравнению реакции  $n(\text{Fe}) = n(\text{Cu}) = 1$  моль

1 балл

При растворении 1 моль железа масса уменьшится на 56 г, при этом выпадет 1 моль меди – 64 г. Тогда разница масс

$$64 - 56 = 8 \text{ г}$$

1 балл

В нашем случае разница масс составила

$$102 - 100 = 2 \text{ г}$$

1 балл

Можно составить пропорцию:

$$8 \text{ г} - 1 \text{ моль}$$

$$2 \text{ г} - x \text{ моль}$$

2 балла

$$x = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ моль}$$

1 балл

Значит, в реакцию вступило 0,25 моль железа и выделилось 0,25 моль меди.

$$m_{\text{Fe}} = 0,25 \cdot 56 = 14 \text{ г}$$

$$m_{\text{Cu}} = 0,25 \cdot 64 = 16 \text{ г}$$

2 балла

Найдем массу  $\text{CuSO}_4$  в растворе:

$$m_{1\text{CuSO}_4} = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega = 250 \cdot 0,25 = 50 \text{ г}$$

1 балл

$$\nu_{1\text{CuSO}_4} = \frac{50}{160} = 0,3125 \text{ моль}$$

1 балл

Осталось в растворе

$$\nu_{1\text{CuSO}_4} = 0,3125 - 0,25 = 0,0625 \text{ моль}$$

1 балл

$$m_{2\text{CuSO}_4} = 0,0625 \cdot 160 = 10 \text{ г}$$

1 балл

Найдем количество образовавшегося  $\text{FeSO}_4$ :

$$\nu_{FeSO_4} = \nu_{Fe} = 0,25 \text{ моль}$$

**1 балл**

$$m_{FeSO_4} = 0,25 \cdot 152 = 38 \text{ г}$$

**1 балл**

Итоговая масса раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = 250 + 14 - 16 = 248 \text{ г}$$

**3 балла**

(В зачет идет любое обоснование, почему масса раствора составила 248 г, с учетом закона сохранения массы)

$$\omega_{CuSO_4} = \frac{10}{248} \cdot 100\% = 4,03\%$$

$$\omega_{FeSO_4} = \frac{38}{248} \cdot 100\% = 15,32\%$$

**2 балла**

**Итого**

**20 баллов**

### ЗАДАЧА 9-3

Юный химик решил подсушить среднюю соль с соотношением катиона и аниона 1:1, оставив навеску в фарфоровой чашке на плитке. Через некоторое время незадачливый химик обнаружил, что чашка пуста. Предположите, какая это была соль, если известно, что при разложении соли выделился парниковый газ, поддерживающий горение, с плотностью по воздуху 1,527. Напишите реакцию разложения соли, уравняйте методом электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя, процессов окисления и восстановления. Изобразите структурную формулу образовавшегося газа.

### РЕШЕНИЕ

1. Раз чашка оказалась пуста, значит, соль не должна содержать металл, иначе образовался бы оксид или сам металл, который остался бы в чашке. Единственным подходящим катионом является катион аммония ( $\text{NH}_4^+$ ).

**3 балла**

2. Молярная масса воздуха  $M = 29$  г/моль.

**1 балл**

3. Плотность по воздуху

$$M = D \cdot M_{\text{воздуха}}.$$

**2 балла**

4. Плотность образовавшегося газа по воздуху 1,527, значит, можно определить молярную массу парникового газа:

$$M = 29 \text{ г/моль} \cdot 1,527 = 44 \text{ г/моль}$$

**2 балла**

5. Два парниковых газа с такой молярной массой:  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ .

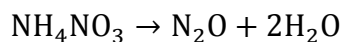
**2 балла**

6. В условиях задачи газ поддерживает горение, значит это  $\text{N}_2\text{O}$ .

**1 балл**

7. Соль, подвергшаяся разложению – нитрат аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

**5 баллов**



Восстановитель:  $\text{N}^{-3} - 4e \rightarrow \text{N}^{+1}$  процесс окисления

Окислитель:  $\text{N}^{+5} + 4e \rightarrow \text{N}^{+1}$  процесс восстановления

**2 балла**

9. Структурную формулу закиси азота можно записать как  $\text{N}^-=\text{N}^+=\text{O}$  или  $\text{N}\equiv\text{N}^+-\text{O}^-$ .

**2 балла (по 1 баллу за структуру)**

**Итого:**

**20 баллов**

### ЗАДАЧА 9-4

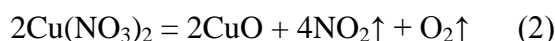
Прокалили смесь нитратов калия, меди и серебра, масса которой 18,36 г. Объём выделившихся при этом газов был равен 4,032 л (условия нормальные). Твёрдый остаток обработали водой, после чего масса его уменьшилась на 3,4 г. Вычислить количественный состав исходной смеси в процентах.

### РЕШЕНИЕ

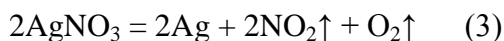
Запишем уравнения реакций разложения нитратов:



(1 балл)



(1 балл)



(1 балл)

Из образовавшихся твёрдых продуктов в воде растворится только нитрит калия.

(3 балла)

Исходя из количества этого вещества (3,4 г), вычислим содержание нитрата калия в смеси и объём выделившегося при его разложении кислорода. Масса моля  $\text{KNO}_3$  равна 101 г, масса моля  $\text{KNO}_2$  – 85 г. Согласно уравнению реакции (1):

при разложении 101 г  $\text{KNO}_3$  образуется 85 г  $\text{KNO}_2$

при разложении x г  $\text{KNO}_3$  образуется 3,4 г  $\text{KNO}_2$

$$x = 4,04 \text{ г } \text{KNO}_3$$

(1 балл)

при разложении 202 г  $\text{KNO}_3$  выделяется 22,4 л  $\text{O}_2$

при разложении 4,04 г  $\text{KNO}_3$  выделяется y л  $\text{O}_2$

$$y = 0,448 \text{ л } \text{O}_2$$

(1 балл)

Масса нитратов меди и серебра в смеси и объём выделившихся при их разложении газов соответственно равны:

$$18,36 \text{ г} - 4,04 \text{ г} = 14,32 \text{ г}$$

(1 балл)

$$4,032 \text{ л} - 0,448 \text{ л} = 3,584 \text{ л}$$

(1 балл)

Обозначим через z массу нитрата меди. Тогда масса нитрата серебра будет  $(14,32 - z)$  г.

Вычислим объём газов, выделившихся при разложении нитратов меди и серебра. Масса моля  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  равна 188 г, масса моля  $\text{AgNO}_3$  – 170 г. Согласно уравнениям реакций (2) и (3):

из 376 г  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  выделяется  $(5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль})$  л  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$

из z г  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  выделяется a л  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$

$$a = 0,298 \cdot z \text{ л газов}$$

(1 балл)

при разложении 340 г  $\text{AgNO}_3$  выделяется  $(3 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль})$  л  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$

при разложении  $(14,32 - z)$  г  $\text{AgNO}_3$  выделяется  $b$  л  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$   
 $b = 0,198 \cdot (14,32 - z)$  л газов

**(1 балл)**

$$a + b = 3,584 \text{ л}$$
$$\text{или } 0,298 \cdot z + 0,198 \cdot (14,32 - z) = 3,584 \text{ л}$$
$$\text{откуда } z = 7,49 \text{ г } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2.$$

**(1 балл)**

Нитрата серебра в смеси содержалось

$$14,32 \text{ г} - 7,49 \text{ г} = 6,83 \text{ г}$$

**(1 балл)**

Процентное содержание нитратов в смеси равно:

$$\text{KNO}_3 - 22 \text{ \%};$$

**(2 балла)**

$$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 - 40,8 \text{ \%};$$

**(2 балла)**

$$\text{AgNO}_3 - 37,2 \text{ \%}.$$

**(2 балла)**

**Итого**

**20 баллов**

### ЗАДАЧА 9-5

После пропускания газа **Б** через 200 мл 20% (по массе) водного раствора вещества **А** (барботирование) с температурой 30°C, объем газа уменьшился на 28 л (измерено при н.у.) за 9 часов.

Определите вещества **А** и **Б**, запишите уравнение протекающей реакции и назовите продукт, если известно, что в состав вещества **А** входит щелочной металл с атомной массой в 5,75 раз большей чем у атома гелия, а 300 мл (при н.у.) газа **Б** имеет массу 0,59 г. За какое время поглотится такое же количество газа этим раствором вещества **А**, если его температура будет 50°C? Коэффициент Вант-Гоффа для данной реакции равен 1,5.

Примите, что газ **Б** не реагирует с водой и не растворяется в ней. Примите, что при растворении вещества **А** в воде объем не изменяется.

### РЕШЕНИЕ

1) Определим щелочной металл, входящий в состав **А**:

$$Ar(Met) = 5,75 \cdot Ar(He) = 5,75 \cdot 4 = 23 \text{ а.е.м.}$$

Следовательно, данный металл — натрий (Na).

(1 балл)

2) Рассчитаем количество вещества поглощенного газа

$$n(B) = V(B)/22,4 \text{ моль/л} = 28/22,4 = 1,25 \text{ моль}$$

(1 балл)

Поскольку газ пропускали через раствор и его объем уменьшился, то он находится в избытке. Следовательно,  $n(A) = n(B) = 1,25 \text{ моль}$

(1 балл)

3) Определим массу и молярную массу **А**:

$$\omega(A) = \frac{m(A)}{m(H_2O) + m(A)} \cdot 100\% = 20\%$$

$$m(A) = \frac{20\%}{100\%} \cdot (m(H_2O) + m(A))$$

По условию задачи дано 200 мл раствора, следовательно, воды было 200 мл.

$$m(H_2O) = \rho(H_2O) \cdot V(H_2O) = 200 \text{ г}$$

(1 балл)

Тогда

$$m(A) = 0,2 \cdot (200 + m(A))$$

$$0,8 \cdot m(A) = 40; \quad m(A) = 50 \text{ г}$$

(1 балл)

$$M(A) = \frac{m(A)}{n(A)} = \frac{50 \text{ г}}{1,25 \text{ моль}} = 40 \text{ г/моль}$$

(1 балл)

Определяем вещество **А** = NaX,

40 г/моль – 23 г/моль = 17 г/моль, следовательно, X = OH, тогда **А** = NaOH

(1 балл)

4) Найдем молярную массу **Б**:

$$M(B) = m(B)/n(B) = m(B)/(V(B)/V_m) = 0,59 \text{ г} / (0,3 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 44 \text{ г/моль}$$

(1 балл)



Газ, который имеет такую молярную массу и способен реагировать с щелочью —  $\text{CO}_2$ .  
(1 балл)

5) Уравнение реакции:



$\text{NaHCO}_3$  — гидрокарбонат натрия

(1 балл)

*Комментарий: поскольку  $\text{CO}_2$  находится в избытке, то образование карбоната натрия считать ошибкой.*

6) Если проводить реакцию при повышенной температуре, то оценить время реакции можно с помощью уравнения Вант-Гоффа:

$$r_2 = r_1 \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$
$$r_2 = r_1 \cdot 1,5^{\frac{50 - 30}{10}} = r_1 \cdot 1,5^2 = 2,25 \cdot r_1$$

(7 баллов)

Таким образом, если реакция при  $30^\circ\text{C}$  протекала за 9 часов, то при  $50^\circ\text{C}$  она будет протекать за  $9/2,25 = 4$  часа.

(2 балла)

**Итого**

**20 баллов**