

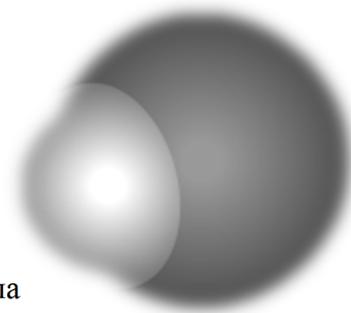
**Задания II (заключительного) этапа  
Северо-Восточной олимпиады школьников  
по химии 2016-2017 уч. год**

**9 класс**

**ЗАДАНИЕ 9-1**

**«Таинственный газ»**

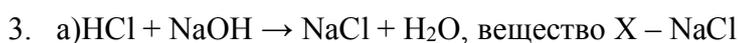
Бесцветный газ с резким запахом с плотностью по воздуху 1,259 состоит из двух атомов. Его получили действием концентрированной серной кислоты на сухую бесцветную соль натрия и пропустили через 250 г 4% раствора гидроксида натрия. Газ был полностью поглощен раствором. Капля лакмуса, добавленная в полученный раствор, окрасила его в фиолетовый цвет.



1. Установите формулу таинственного газа.
2. Напишите уравнение реакции получения газа
3. Определите вещество X, которое было получено при пропускании газа через раствор гидроксида натрия. Вычислите массовую долю вещества X в полученном растворе.
4. Укажите какие вещества будут в растворе, если лакмус окрасит раствор в другие цвета. Какие цвета? Достаточно ли будет данных, приведенных в условии задачи, для расчета концентрации вещества X, если лакмус окрасит раствор в отличный от фиолетового цвет.

**Решение**

1. Вычислим молярную массу газа:  $M(\text{газа}) = 1,259 \cdot 29 = 36,51$  г/моль. Таинственный газ – хлороводород (HCl).



б) Лакмус окрасил раствор в фиолетовый цвет, значит среда нейтральная и реакция прошла в эквивалентных соотношениях реагирующих веществ  $\nu(\text{HCl}) = \nu(\text{NaOH})$ . В водном растворе будет находиться только соль – NaCl.

Вычисляем количество молей NaOH, вступившее в реакцию:

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{250 \cdot 0,04}{40} = 0,25 \text{ моль, тогда } m(\text{NaCl}) = 0,25 \cdot 58,5 = 14,625 \text{ г.}$$

Масса вступившего в реакцию хлороводорода  $m(\text{HCl}) = 0,25 \cdot 36,5 = 9,125$  г

в) Найдем массу полученного раствора:

$m(\text{раствора}) = m(\text{раствора NaOH}) + m(\text{HCl}) = 250 + 9,125 = 259,125 \text{ г}$  (по закону сохранения массы веществ).

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{14,625}{259,125} \cdot 100 = 5,64\%$$

4. Если лакмус окрасит раствор в красный цвет, то среда кислая - хлороводород в избытке. В растворе: NaCl и HCl.

Если лакмус окрасит раствор в синий цвет, то среда щелочная. В этом случае гидроксид натрия будет в избытке. В растворе: NaCl и NaOH.

Данных, приведенных в условии задачи, будет недостаточно, если NaOH в избытке.

**Система оценивания:**

1. Установление формулы газа	1 балл
2. Уравнение реакции	1 балл
3. Определение вещества X	1 балл
Рассуждение степени протекания реакции по окраске раствора лакмусом	1 балл
Вычисление массовой доли NaCl в растворе	3 балла
4. Указание цвета раствора лакмуса в кислой и щелочной средах.	1·2 = 2 балл
Указание веществ в растворе при избытке HCl	1 балл
Указание веществ в растворе при избытке NaOH	1 балл
Указание достаточности данных в условии задачи	1 балл
<b>Итого</b>	<b>12 баллов</b>

**ЗАДАНИЕ 9-2**

**«Элементы-соседи»**

Элементы **А**, **В**, **С** располагаются в одной группе Периодической системы химических элементов. Элемент **А** образует водородное соединение, содержащее 11,1% водорода. **А** и **В** образуют два соединения, в которых содержание **А** составляет 50 и 60%.

Элемент **С** был предсказан Д.И. Менделеевым, который дал ему название путем присоединения приставки «двн-» к названию элемента той же группы. Открыт же элемент **С** двумя великими учеными – нобелевскими лауреатами.

При взаимодействии с какой концентрированной кислотой с **В** образуется бинарное соединение, состоящее из атомов **А** и **В**. При взаимодействии той же кислоты с **С** образуется соль розового цвета, состоящая из элементов **А**, **В**, **С** с содержанием элемента **А** - 31,92%, а также бинарное соединение, состоящее из атомов **А** и **В**.

1. Определите вещества **А**, **В**, **С**. Обоснуйте расчетами.
2. Как назвал Д.И. Менделеев элемент **С**? Назовите ученых, открывших элемент **С**. Почему элемент **С** получил свое название? При изучении какого явления произошло это открытие?
3. Укажите формулу кислоты при взаимодействии с которой **В** и **С** образуют указанные вещества. Напишите уравнения реакций.



## Решение

1. Вещества **A**, **B**, **C** относятся к группе халькогенов. **A** – кислород (O), **B** – сера (S), **C** – полоний (Po).

Подтверждение расчетами:

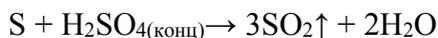
$$\text{H}_2\text{O}: \omega(\text{H}) = \frac{2}{18} \cdot 100 = 11,1\% \text{ (согласуется с условием задачи),}$$

$$\text{SO}_2: \omega(\text{O}) = \frac{32}{64} \cdot 100 = 50\% \text{ (согласуется с условием задачи),}$$

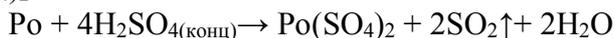
$$\text{SO}_2: \omega(\text{O}) = \frac{48}{80} \cdot 100 = 60\% \text{ (согласуется с условием задачи).}$$

2. Д.И. Менделеев назвал элемент двителлумом. Полоний открыт в 1898 году супругами Пьером Кюри и Марией Склодовской-Кюри при изучении явления радиоактивности. Название элемента - в честь родины Марии Склодовской-Кюри – Польши.

3. Кислота – серная.



Соль из всех элементов **A**, **B**, **C** может образовывать только полоний, который может в этом случае проявлять степень окисления +2 и +4. По условию задачи содержание элемента **A** (кислорода) в соли – 31,92%. Этому условию удовлетворяет соль  $\text{Po}(\text{SO}_4)_2$ .



### Система оценивания

1. Установление элементов <b>A</b> , <b>B</b> , <b>C</b> Подтверждение расчетами	3·1= 3 балла 3·0,5= 1,5 балла
2. Название элемента <b>C</b> , данное Д.И. Менделеевым Указание ученых – открывателей элемента <b>C</b> Указание происхождения названия элемента <b>C</b> Указание явления, при изучении которого открыт элемент <b>C</b>	0,5 балл 0,5 балл 0,5 балла 0,5 балла
3. Указание формулы кислоты Уравнения реакции Расчет состава соли полония	0,5 балла 2·2=4 балла 1 балл
Итого	12 баллов

## ЗАДАНИЕ 9-3

### «Неизвестный оксид»

Азот способен образовывать оксиды, в которых степень окисления его может варьироваться от +1 до +5. В старину для определения формулы оксида азота, а также для количественного расчета состава смеси оксидов азота их длительное время нагревали в замкнутой предварительно вакуумированной емкости со стружками меди. Охладив емкость, измеряли объем привеса твердой фазы.

В журнале химика XIX века обнаружили записи следующего содержания:



«Взяли 0,7 л (при н.у.) смеси оксидов азота **A** и **B** с плотностью паров по воздуху 1,192. Поместили ее в сосуд, в который добавлена в избытке медь, и прокалили. Прибавка массы твердой фазы по достижению равновесия составила 0,643 г...»

1. Напишите формулы оксидов азота со степенью окисления азота в них от +1 до +5.
2. Приведите структурные формулы трехатомных молекул оксида азота.
3. Напишите уравнения реакций всех оксидов азота с медью.
4. Определите формулы оксидов азота **A** и **B**.

### Решение

1.  $N_2O$ ;  $NO$ ;  $N_2O_3$ ;  $NO_2$ ;  $N_2O_5$ .
- 2.



3.  $N_2O + Cu = CuO + N_2$   
 $2NO + 2Cu = 2CuO + N_2$   
 $N_2O_3 + 3Cu = 3CuO + N_2$   
 $2NO_2 + 4Cu = 4CuO + N_2$   
 $N_2O_5 + 5Cu = 5CuO + N_2$

4. Поскольку средняя молекулярная масса газовой смеси равна 34,568 г/моль, то один из газов –  $NO$ .

Пусть:  $a$  – объем  $NO$ ;  $b$  – объем второго газа;  $x$  – число атомов азота в неизвестном газе;  $y$  – число атомов кислорода в неизвестном газе.

Тогда составим систему уравнений, в котором первое уравнение выражает материальный баланс твердой фазы, а второе уравнение показывает вычисление средней молекулярной массы газовой смеси:

$$\begin{cases} 80a/22,4 + 160yb/44,8 - 64a/22,4 - 128yb/44,8 = 0,643 \\ 30(100a/0,7) + (14x + 16y)(100b/0,7) = 34,568 \end{cases}$$

Упростив выражение, получаем уравнение с двумя неизвестными –  $x$  и  $b$ , причем  $x$  по условию может быть равным 1 или 2, а  $b < 0,7$ . Путем подбора получаем  $x = 2$ .

Следовательно, состоит из  $NO$  и  $N_2O_5$ .

### Система оценивания

1. Формулы оксидов азота	0,5 баллов*5 = 2,5
2. Структурные формулы оксидов азота	1 балл*2 = 2
3. Уравнения реакций	0,5 баллов*5 = 2,5
Верно расставленные коэффициенты	0,5 баллов*5 = 2,5
4. Указание на то, что один из газов – $NO$ . Верное определение путем математических расчетов качественного состава газовой смеси. Метод расчета учащегося может отличаться от предложенного авторами задачи.	0,5 баллов 2 балла
Итого	12 баллов

## ЗАДАНИЕ 9-4

### «Древний элемент»

Элемент **A** в чистом виде был известен еще жителям Древнего Египта. Они, а также затем древние римляне были крупнейшими производителями этого элемента,



выплавляя до 80 тыс. тонн в год. **A** и ряд его соединений играют большую роль в современной жизни человека.

**A** образует ряд оксидов: оксид **B** содержит 90,66% **A** по массе, используется в качестве яркой оранжево-красной краски; оксид **C** темно-бурого, почти черного цвета, является очень сильным окислителем. Например, **C** в азотнокислой среде переводит нитрат марганца в марганцевую кислоту (*реакция 1*).

Известно, что **D** содержит в два раза меньше кислорода, чем **C**. Если длительно прокалить минерал церуссит на воздухе, то сначала образуется **D** (*реакция 2*), причем потеря массы составляет 16,48%, затем переходит в **B** (*реакция 3*). Если **B** прокипятить в разбавленной азотной кислоте, то получается осадок вещества **C** (*реакция 4*).

При кипячении избытка **D** в уксусной кислоте образуется раствор вещества **E** (*реакция 5*). Если раствор **E** слегка подщелочить раствором аммиака и пропустить избыток углекислого газа, выпадает плотный белый осадок вещества **F** (*реакция 6*), который раньше часто использовали в качестве белой краски. Однако у такой краски был весомый недостаток – со временем он чернел. Однако реставраторы нашли способ восстановить белую краску на полотнах.

1. Определите вещества **A-F**.
2. Напишите уравнений реакций 1-6.

## Решение

Традиционно металлами древности называют семь металлов: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо и ртуть. По условию задачи металл имеет три оксида, два из которых имеют яркий оранжево-красный и темно-бурый цвет. Кроме того, нерастворимая соль металла, имеет белый цвет и применялась как белая краска. Поэтому делаем вывод, что:

- неизвестный металл **A** – свинец Pb;
- оксид **B** – сурик, яркий оранжево-красный  $Pb_3O_4$ ,
- оксид **C** темно-коричневый  $PbO_2$ ,
- оксид **D** – красный  $PbO$ ,
- белый осадок **F** – цинковые белила  $PbCO_3$  (в природе встречается как минерал церуссит).

Из всех оксидов содержание свинца 90,66% у сурика  $Pb_3O_4$ :  $\omega(Pb) = \frac{207 \cdot 3}{685} \cdot 100 = 90,66\%$  (совпадает с условием задачи).

*Реакция 1:*  $5PbO_2 + 2Mn(NO_3)_2 + 6HNO_{3(разб)} \rightarrow 5Pb(NO_3)_2 + 2HMnO_4 + 2H_2O$

*Реакция 2:* минерал церуссит  $PbCO_3 \xrightarrow{t} PbO + CO_2 \uparrow$

Потеря массы происходит за счет улетучивания углекислого газа. Пусть  $m(PbCO_3) = 100$  г,  $\nu(PbCO_3) = \frac{100}{267} = 0,375$  моль,  $\nu(PbCO_3) = \nu(CO_2)$ , тогда  $m(CO_2) = 0,375 \cdot 44 = 16,48$  г. Т.к. расчет проведен на 100 г  $PbCO_3$ , то потеря массы – 16,48% (удовлетворяет условию задачи).

*Реакция 3:* на воздухе  $6PbO + O_2 \xrightarrow{t} 2Pb_3O_4$

*Реакция 4:*  $Pb_3O_4 + 4HNO_{3(разб)} \rightarrow PbO_2 \downarrow + 2Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$

*Реакция 5:*  $PbO + 2CH_3COOH \rightarrow Pb(CH_3COO)_2 + H_2O$ , вещество **E** – ацетат свинца (II)  $Pb(CH_3COO)_2$ .

*Реакция 6:*  $Pb(CH_3COO)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow PbCO_3 \downarrow + 2CH_3COOH$ , вещество **F** – цинковые белила  $PbCO_3$ .

**Система оценивания**

1. Установление <b>A, B, C, D, E, F</b>	1·6= 6 баллов
2. Уравнения реакций 1-6	1·6= 6 баллов
Итого	12 баллов

**ЗАДАНИЕ 9-5**

Напишите 12 уравнений химических реакций, в которых исходными являются два из перечисленных ниже реагентов. Укажите условия осуществления каждого из процессов.

- гидрокарбонат калия;
- гидроксид калия;
- карбонат калия;
- 10% раствор серной кислоты;
- алюминий;
- оксид железа (II, III).

**Решение**

1.  $\text{KHCO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2.  $2\text{KHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$
3.  $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
4.  $\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
5.  $\text{KHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
6.  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
7.  $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2$
8.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
9.  $\text{FeO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
10.  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{KHSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
11.  $8\text{Al} + 3\text{Fe}_3\text{O}_4 = 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{Fe}$  (нагревание)
12.  $2\text{Al} + 2\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$  (нагревание)

**Система оценивания**

Верно написанные исходные вещества (2 шт) и продукты для реакций 1-10	0,5 баллов*10
Верно написанные исходные вещества (2 шт) и продукты для реакций 11-12	0,3 баллов*2
Верно расставлены коэффициенты для реакций 1-10	0,5 баллов*10
Верно расставлены коэффициенты для реакций 11-12	0,5 баллов*2
для реакций 5 и 10 верно указаны условия осуществления	0,2 баллов*2
Итого	12 баллов