

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТНОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ 5-8 КЛАССОВ

**ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
5-8 КЛАССОВ**

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННЫХ
ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ**

**регионального этапа Оренбургской областной олимпиады школьников
5-8 классов**

по химии

2024/25 учебный год

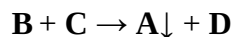
8 класс

Оренбург 2025

ЗАДАНИЕ 1.

В середине XX века в некоторых странах обсуждалось производство так называемой «красной X» — загадочного вещества, якобы обладающего особыми свойствами. Однако на самом деле под этим названием могли скрываться сульфиды элемента X, такие как вещество A, которое использовалось в качестве пигмента в ряде промышленных процессов.

Вещество A в лабораторных условиях может быть получена в результате реакции:



Вещество B содержит элемент X с массовой долей 73,9% и представляет собой соль сильной кислоты D. Известно, что D можно получить реакцией газа желто-зеленого цвета и водорода. Вещество C имеет неприятный запах, и в газообразном виде можно встретить в местах вулканической активности и на горячих источниках.

1. Назовите загадочное вещество «красная X».
2. Определите вещества X, A, B, C, D.
3. Рассчитайте массу A, которая образуется при взаимодействии 500 г B с избытком C, если выход реакции составляет 90%.
4. Определите объём (в литрах) C при нормальных условиях, необходимый для полного превращения B.
5. В начале XX века A использовалась как сырьё для получения X путём нагревания. Напишите уравнение этой реакции и объясните, почему она перестала использоваться в промышленности.

Решение

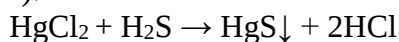
Решение начинается с поиска ключей. Характерными ключами является цветной газ, который является хлором, следовательно, D – Соляная кислота HCl. Газ C исходя из указанных свойств является сероводород H₂S. Основываясь на вышеуказанных умозаключениях, вещество B является хлоридом. Тогда вычислить атомную массу можно по следующему уравнению:

$$0.739 = \frac{Ar}{Ar + 35.5x}$$

Преобразуя получаем:

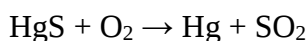
$$Ar = 100,5x$$

Методом подбора определяем, что элемент X – Ртуть, вещество A – Сульфид ртути или киноварь HgS, B – Хлорид ртути (II).



Используя реакцию определяем массу практического сульфида ртути массой 385,5 г. Объём сероводорода необходимый для реакции 41,18 л.

Ртуть получали по реакции:



Данную реакцию перестали использовать в промышленности ввиду большой токсичности ртути и ее летучести.

Оценка задания

1. Приведено название «Красная X»	1 балл
2. Определены вещества X, A, B, C, D. По 1 баллу за вещество	5 баллов
3. Определена практическая масса A. 2 балла за правильный ответ, 1 балл если допущена ошибка в расчетах, но ход решения верный	2 балла
4. Определен объем C. 2 балла за правильный ответ, 1 балл если допущена ошибка в расчетах, но ход решения верный	2 балла
5. Приведена реакция промышленного способа получения X и объяснена причина отказа ее использования	2 балла
Итого	12 баллов

ЗАДАНИЕ 2. Галогены – одна из интересных и химически активных групп элементов в таблице Менделеева. Их название происходит от греческого "галос" – соль и "генос" – рождающий, ведь они образуют соли с металлами.

- А был открыт в 1774 году Карлом Шееле, но долгое время считался соединением кислорода. Лишь Гей-Люссак и Дэви в 1810 году доказали, что это самостоятельный элемент.
- Б открыл в 1811 году Бернар Куртуа, работая с водорослями, а Гей-Люссак дал ему название.
- В был обнаружен в 1826 году французом Антуаном Баларом при исследовании воды соляных озер.
- Г был выделен только в 1886 году Анри Муассаном – из-за его высокой реакционной способности эксперименты с ним были опасны, а многие исследователи получили тяжелые отравления.
- Д – радиоактивный элемент, открытый только в 1940 году.

Химик Колбочкин решил проверить на практике свойства галогенов, однако реактивы с галогенами были не подписаны. Чтобы не утилизировать неподписанные реактивы, Колбочкин провел серию экспериментов. Ниже приведены его наблюдения.

Эксперимент 1: В пробирку с раствором неизвестного калийного галогенида **X** добавили хлорную воду. Раствор изменил цвет на бурый (**Реакция 1**), а при добавлении раствора крахмала окраска изменилась на синюю.

Эксперимент 2: К раствору другого галогенида **Y** также добавили хлорную воду, в результате появилась желтая окраска раствора (**Реакция 2**), а добавление раствора крахмала ничего не изменило.

Эксперимент 3: В третьем опыте химик нагрел твердое вещество неизвестного галогенида **Z** с концентрированной серной кислотой (**Реакция 3**). Появился газ с резким запахом, окрашивающий влажную синюю лакмусовую бумагу в красный цвет, а при пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок (**Реакция 4**).

Эксперимент 4: В пробирку с раствором галогенида **Q** добавили раствор нитрата серебра однако признаки реакции отсутствовали.

Эксперимент 5: Для точного определения **Y** Колбочкин нагрел неизвестный твердый галогенид с оксидом марганца(IV) и концентрированной серной кислотой (**Реакция 5**) выделился бурый газ с резким зловонным запахом.

Вопросы к задаче:

1. Расшифруйте какие галогены скрываются под буквами А-Д?
2. Какие галогениды **X, Y, Z, Q** были использованы в каждом эксперименте?
3. Напишите уравнения реакций 1-5, объясняющие наблюдаемые явления.
4. Как можно отличить ионы хлора, брома и иода в растворе с помощью качественных реакций?

Решение

1) Ответ на первый вопрос основывается на подсказках. Галогены являются элементами VIIA группы, соответственно говорится о фторе, хлоре, броме иоде и астате. Упоминание водорослей сразу наталкивает что **Б** – иод. Радиоактивный **Д** может быть только астат. Высокореакционный **Г** явно фтор. Неопределённые элементы **А** и **В** можно различить лишь, основываясь на том что хлор газ и его путали с кислородом, а бром жидкость. Следовательно, **А** – хлор, а **В** – бром.

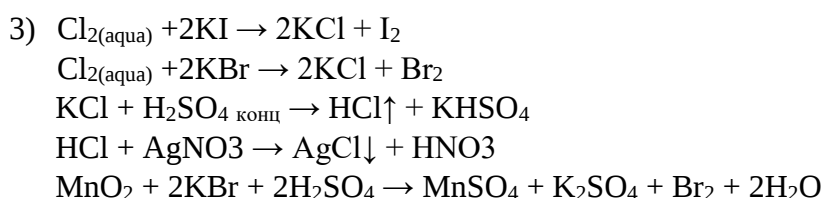
2) Эксперимент 1: пропускание хлорной воды образует бурый раствор только с ионами иода, и как подтверждение реакция с крахмалом, **X – KI**.

Эксперимент 2: образование желтого раствора при реакции с хлорной водой и отсутствие реакции с крахмалом указывает на ионы брома **Y – KBr**:

Эксперимент 3: белый творожистый осадок с ионами серебра образует хлор **Z – KCl**.

Эксперимент 4: единственный из ионов галогенов кто не образует осадка с нитратом серебра — это фтор **Q – KF**.

Эксперимент 5: В подтверждение **Y – KBr** качественный признак пары брома рыжие или бурые.



4) Ионы хлора, брома и иода можно отличить с помощью нитрата серебра, за счет разной окраски осадков.

Оценка задания

1. Определены элементы А-Д. По 1 баллу за каждый определённый элемент	5 баллов
2. Определены вещества X, Y, Z, Q. По 1 баллу за вещество	4 балла
3. Приведены уравнения реакций. По 1 баллу за реакцию	5 баллов
4. Предложен способ различия ионов хлора, брома и иода	1 балл
Итого	15 баллов

ЗАДАНИЕ 3. В 16 веке алхимики описали минеральное вещество **X**, которое из-за своего блеска называли «золотом дураков». Позднее это соединение активно использовали для получения серной кислоты. Впервые его химический состав был точно установлен только в XVIII веке.

Неизвестное бинарное соединение **X** массой 14,4 г подвергли обжигу в избытке кислорода, в результате чего выделился газ **A** объемом 5,87 л при 25°C и 1 атм, а на дне тигля остался твердый оксид металла **B**. После поглощения газа **A** раствором гидроксида натрия образовалась натриевая соль **C**. Известно, что твердый остаток после обжига составляет 9,6 г, газ **A** является кислотным оксидом, а натриевая соль **C** содержит 36,5 % натрия по массе. Определите химическую формулу соединения **X**. Ответ подтвердите расчетом.

Решение

Историческая справка может сразу наталкивать на пирит – FeS_2 . Однако задача подразумевает расчетный подход. Тот факт, что, из минерала **X** получали серную кислоту говорит нам о том, что он содержит серу. Тогда следует что натриевая соль либо сульфит, либо сульфат. Оба случая говорят о том, что в соли два иона натрия. Тогда используя формулу массовой доли элемента вычислим:

$$0,365 = \frac{23 \cdot 2}{Mr}$$

$Mr=126$, вычитая массу натрия остается 80, что соответствует сульфит иону. Следовательно, газ пропущенный через щелочь SO_2 . Используя закон Менделеева-Клайперона можно определить количество газа, которое равно 0,24 моль, а масса 15,36 г.

На основе закона сохранения массы составляется материальный баланс:



$$14,4 \quad x \quad 9,6 \quad 15,36$$

$$\text{X} = m(\text{O}_2) = 10,56 \text{ г}$$

Исходя из количества сернистого газа количество кислорода в нем 0,48 моль, а количество атомарного кислорода в O_2 0,66 моль, тогда $11\text{O}_2=8\text{SO}_2$ и реакция приобретает вид:



По реакции определим, что масса оставшегося кислорода в оксиде металла составляет 2.88 г, тогда массовая доля кислорода 30%, переходя к формуле массовой доле элемента можно определить следующее выражение $Ar(\text{Me}) = \frac{37.33y}{x}$.

Воспользуемся методом подбора:

X	Y	Ar
2	1	19
1	1	37.33
2	3	56
1	2	74.66
2	5	93.325
1	3	112
2	7	130.665

Исходя из полученных атомных масс подходит железо и кадмий, однако кадмий не имеет шестивалентного оксида, следовательно, неизвестный металл железо. Масса железа в балансе составляет 6,72 г тогда его количество 0,12 моль. Соотношением железа и серы выходит формула FeS_2 .

Оценка задания.

1. <i>Определены вещества X, A, B, C. 1 балл за каждое вещество. По 2 балла если подтверждено расчетом и реакцией</i>	10 баллов
2. <i>Приведены уравнения реакций. По 1 баллу за реакцию</i>	2 балла
3. <i>Приведено название минерала X</i>	1 балл
Итого	13 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

В лаборатории исследовали образец минерала **A** насыщенно-зеленого цвета — природного соединения металла **X**. Чтобы определить его состав, навеску массой 75,48 г разделили на две равные части. Первую часть нагрели до 250 °С в результате образовался твердый остаток черного цвета массой 27,2 г и смесь двух газов, при данной температуре, объемом 14,6 л с относительной плотностью по воздуху 1,069. Вторую часть растворили в избытке раствора соляной кислоты и наблюдали выделение газа без цвета и запаха объемом 3,808 л (при н.у.). Полученный газ пропустили через известковую воду и раствор помутнел. Данный газ входит состав смеси, образующейся при разложении **A**. Твердый остаток, образовавшийся в ходе разложения представляет собой оксид металла **X** с массовой долей металла 80%. Металл **X** в виде простого вещества используется в электронике, а минерал **A** является ювелирно-поделочным.

1. Определите минерал **A**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Как называется минерал **A**?
3. Как металл **X** используется в электронике?

Решение

Решение начинается с расчета газов. Не трудно обратить внимание что в смеси газов неизвестным остается только один газ, так как второй газ также образуется и во втором эксперименте. Из второй навески получается газ без цвета и запаха и вызывает помутнение известковой воды. Под данное описание подходит только углекислый газ CO_2 . Ввиду того что углекислый газ образуется при реакции с соляной кислотой, то, следовательно, искомое вещество содержит карбонат-ион. В условии приведена относительная плотность смеси газов по воздуху из которой следует, что средняя молекулярная масса смеси 31 г/моль:

$$Mr = D \cdot 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1,069 \cdot 29 = 31 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Используя универсальный газовый закон определим количество смеси газов:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0.0146}{8.314 \cdot 523} = 0.34 \text{ моль}$$

В то время как количество полученного углекислого газа во второй реакции равно 0,17 моль, а порции минерала равны в обоих случаях, то следует что углекислый газ имеет точно такое же количество и в смеси, тогда количество другого газа также 0,17 моль.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТНОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ 5-8 КЛАССОВ

Используя факт, что газы относятся 1:1 вычислим молекулярную массу второго газа. Вычислить позволит закон аддитивности, а для этого возьмем за переменную молекулярную массу второго газа.

$$44 \cdot 0,5 + 0,5Mr = 31$$

Откуда вычисляем что $Mr = 18$, что может подходить только воде.

Осталось определить какой металл входит в состав оксида и минерала. Представим оксид как Me_2O_x , тогда используя формулу массовой доли элемента составим уравнение:

$$0,8 = \frac{2Ar}{2Ar + 16x}$$

Откуда $Ar = 32x$. Перебирая значения x определяется два элемента медь и молибден. Однако молибден используется в микроэлектронике в виде оксида, а в условии X является простым веществом. Следовательно, искомым металл – Медь, так как она используется в качестве проводника в электронике, а твердый черный оксид – CuO . Количество последнего 0,34 моль.

Исходя из реакции разложения, в состав минерала входят Cu , C , H , O . Найдем количество каждого атома, входящего в минерал:

$$\begin{array}{ccc} n(CuO) & : & n(Cu) & : & n(O) \\ 0,34 & & 0,34 & & 0,34 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} n(CO_2) & : & n(C) & : & n(O) \\ 0,17 & & 0,17 & & 0,34 \end{array}$$

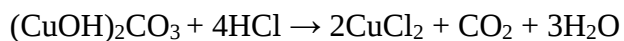
$$\begin{array}{ccc} n(H_2O) & : & n(H) & : & n(O) \\ 0,17 & & 0,34 & & 0,17 \end{array}$$

Итого $n(Cu)=0,34$ моль, $n(C)=0,17$ моль, $n(H)=0,34$ моль, а $n(O)=0,85$ моль. Соотнесем количества и используя закон кратных отношений, найдем индексы каждого атома:

$$n(Cu):n(C):n(H):n(O) = 0,34:0,17:0,34:0,85 = 2:1:2:5$$

так как в начале решения был упомянут факт, что данный минерал содержит карбонат ион, определяем формулу $Cu_2O_2H_2CO_3$ что напоминает малахит $(CuOH)_2CO_3$ или $Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3$. За ответ принимается одна из указанных формул.

Исходя из определений в задаче протекали следующие реакции:



Оценка задания.

1. Определен состав газовой смеси. По 2 балла за каждый газ	4 балла
2. Определен состав твердого оксида	5 баллов
3. Определена формула минерала X. Если допущена ошибка в расчетах, но ход решения правильный 1 балл	4 балла
4. Приведено название минерала X	1 балл
5. Приведены реакции	2 балла
Итого	15 баллов