

1. Минерал **X** состоит из трёх элементов и назван в честь пряности красного цвета. Из этого минерала впоследствии был выделен элемент **A**, названный «цветным». Сегодня простое вещество **A** – продукт многотоннажного производства, в основном использующийся для получения нержавеющей сталей. **X** раньше использовался в качестве компонента жёлтых красок, однако сегодня его применение запретили из-за токсичности переходного металла **B**, одного из семи металлов древности, также входящего в состав **X**. Сегодня металл **B** используется в гальванических элементах и ядерных реакторах. Третьим элементом в составе минерала **X** является кислород, причём его атомы составляют две трети всех атомов, входящих в состав минерала.

1) Определите элементы **A** и **B**, если их мольные доли в составе **X** равны. Будут ли соответствующие им простые вещества растворяться в разбавленной соляной кислоте? Ответ поясните.

2) Определите минерал, если известно, что при нагревании 1 г **X** с соляной кислотой выделяется примерно 114 мл жёлто-зелёного газа (стандартные условия). Ответ подтвердите расчётом. Напишите уравнение протекающей реакции.

3) Известно, что токсичность металла **B** связана с его сродством к некоторому элементу **Y**. Назовите этот элемент и напишите реакцию взаимодействия соответствующего ему простого вещества с металлом **B**.

1) Общий комментарий: задача предполагает вариативное решение, можно ответить на первый вопрос исходя из общих соображений, а затем, угадав минерал, подтвердить состав минерала расчётами. Мы же пойдём строгим путём, по логике которого проще ответить сначала на второй вопрос, то есть определить состав минерала, а затем отвечать на 1 и 3 вопросы.

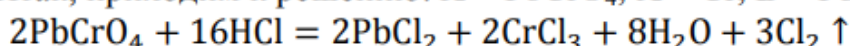
2) Исходя из условий задачи видно, что в соединении **X** количество атомов кислорода кратно двум, а количество всех атомов кратно трём. Так как молярные доли атомов **A** и **B** равны друг другу, то очевидно, что **X** имеет состав  $ABO_4$ . Из условий задачи видно, что и **A** и **B** – металлы. Указание на то, что элемент **A** назвали «цветным» говорит о том, что это один из переходных металлов. Так как **B** является крайне ядовитым металлом и используется в гальванических элементах и ядерных реакторах, следует предположить, что это один из тяжёлых металлов (например, свинец). По реакции с концентрированной соляной кислотой, как минимум один из металлов в составе **X** проявляет сильные окислительные свойства.

Определим количество выделяющегося хлора:  $pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} = 4,66 \cdot 10^{-3}$  моль

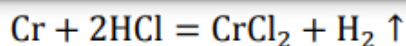
Дальше будем считать, что на 1 моль **X** выделяется *t* моль хлора. Тогда несложно выразить молярную массу **X**:  $M_X = \frac{1 \cdot t}{4,66 \cdot 10^{-3}} = 214,5t$

Далее необходимо учесть содержание 4 кислорода и выразить сумму молярных масс металлов **A** и **B**:  $M_A + M_B = 214,5t - 64$

Далее следует логический перебор. Для переходных металлов наиболее стабильны степени окисления +2 и +4. Вряд ли один из участников реакции восстанавливается до степени окисления +1 (если это так – то можно было бы провести соответствующий расчёт, но пока допустим, что это не так). Допустим, что оба металла восстановятся до  $CO +2$ . Тогда  $t = 2$ ,  $M_A + M_B = 365$  г/моль. Но тогда наиболее разумные варианты: олово и свинец, отпадают ( $M_A = 158$  и  $246$  соответственно). Аналогичную ситуацию получим, если оба металла восстанавливаются до  $CO +3$ . Тогда предположим, что один из металлов восстанавливается до степени окисления +2, а другой до степени окисления +3. Тогда  $M_A + M_B = 258$  г/моль. Если предположить, что **B** – свинец, то  $M_A = 51$  г/моль, что в целом соответствует ванадию. Однако, для ванадия не характерна степень окисления +6 (т.к. он в 5 группе), поэтому можно предположить, что металл **A** – хром, не случайно в условии указано, что объём 114 мл *приблизительный*. Итак, приходим к решению: **X** =  $PbCrO_4$ , **A** = Cr, **B** = Pb.

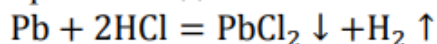


1) Элементы уже определены: это хром и свинец. В случае хрома ответ очевиден: хром стоит в ряду активности металлов до водорода и, следовательно, растворяется в соляной кислоте с образованием соли хрома (II):



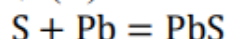
Часто раствор получается зелёного цвета, характерного для хрома (III). Но это связано с окислением хрома кислородом воздуха: кислоты-неокислители не могут окислить металлический хром до хрома (III).

В случае свинца всё менее однозначно. С одной стороны, в ряду активности он также находится до водорода и на первый взгляд должен быть растворим в кислотах-неокислителях. Однако, как можно увидеть в таблице растворимости, хлорид свинца нерастворим в воде, поэтому в результате реакции поверхность свинца медленно покрывается плёнкой хлорида, нерастворимого в воде, в результате мы не получаем растворения, хотя реакция на поверхности идёт:



Интереснее обстоит дело, если соляную кислоту брать концентрированную. Тогда свинец способен растворяться, образуя хлоридные комплексы. Но такой способ растворения свинца не очень эффективен, поэтому проще переводить его в раствор, используя 30% азотную кислоту (нитрат свинца растворим в воде).

3) Свинец образует крайне устойчивый сульфид, с чем и связана его опасность: он способен «отбирать» серу у аминокислот цистеина и метионина. Итак,  $Y = S$ , при взаимодействии свинца и серы образуется сульфид свинца (II).



**Рекомендации к оцениванию:**

1.	Определены элементы <b>A</b> , <b>B</b> и <b>Y</b> по 1 баллу (без качественного и/или количественного обоснования – 1 балл)	3 балла
2.	Определение состава минерала <b>X</b> – 3 балла (без расчёта – 1 балл)	3 балла
3.	Уравнение реакции растворения хрома в хлороводородной кислоте или письменное указание на образование соли хрома (II) или указание на образование соли хрома (III) при доокислении кислородом воздуха – 1 балл (в любом другом случае 0 баллов)	1 балл
4.	Указание на нерастворимость свинца в соляной кислоте – 1 балл	1 балл
5.	Уравнения реакций из вопросов 2 и 3 по 1 баллу	2 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>