

Химия 9 класс

1. Концентрация азотной кислоты в растворе 4 % (по массе). Найдите концентрацию, выраженную в г/дм³, если плотность раствора составляет 1,13 г/см³? **(5 баллов)**

ОТВЕТ: Пусть $m(\text{р-ра}) = 100 \text{ г}$, тогда $V(\text{р-ра}) = 100/1,13 = 88,5 \text{ см}^3 = 0,0885 \text{ дм}^3$ **(1 балл)**;
 $m(\text{к-ты}) = 100 \cdot 0,04 = 4 \text{ г}$ **(1 балл)**; $C(\text{к-ты}) = 4/0,0885 = 45,2 \text{ г/дм}^3$ **(3 балла)**. ИТОГО **5 баллов**

2. Напишите реакцию смешанного хлорид-гипохлорита кальция с соляной кислотой и с угольной кислотой. **(5 баллов)**

ОТВЕТ: $\text{Ca}(\text{ClO})\text{Cl} + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ **(2,5 балла)**; $2 \text{Ca}(\text{ClO})\text{Cl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + \text{CaCl}_2 + 2 \text{HClO}$ **(2,5 балла)**.

3. Навеску 3,48 г, состоящую из двух гидроксидов хрома, растворили в избытке соляной кислоты. При добавлении к раствору избыточного количества щелочи образовался осадок (O1) массой 2,77 г. Через фильтрат пропустили углекислый газ до прекращения выпадения осадка (O2). Все реакции проведены в инертной атмосфере. Найдите массу осадка O2. Напишите уравнения реакций. **(20 баллов)**

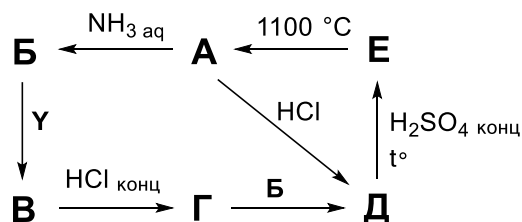
ОТВЕТ: $\text{Cr}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} = \text{CrCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ **(3 балла)**; $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3 \text{HCl} = \text{CrCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ **(3 балла)**; $\text{CrCl}_2 + 2 \text{NaOH} = \text{Cr}(\text{OH})_2 + 2 \text{NaCl}$ **(3 балла)**; $\text{CrCl}_3 + 6 \text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3 \text{NaCl}$ **(3 балла)**; $2 \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3 \text{CO}_2 = 2 \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ **(3 балла)**; O1 состоит из $\text{Cr}(\text{OH})_2$, O2 – из $\text{Cr}(\text{OH})_3$, поэтому $m(\text{O2}) = 3,48 - 2,77 = 0,71 \text{ г}$ **(5 баллов)**;
использование менее рационального решения при правильном ответе снижает балл). ИТОГО **20 баллов**

4. 41,8 г смеси солей, состоящей из карбоната, нитрата и сульфата натрия, обработали 20 %-ным раствором серной кислоты массой 98 г. При этом выделилось 2,24 л газа. При последующей обработке полученного раствора избытком хлорида бария выпал осадок массой 69,9 г. Определите количественный состав исходной смеси в мольных долях. **(20 баллов)**

ОТВЕТ: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ **(2 балла)**; $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2 \text{NaCl}$ и $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2 \text{HCl}$ **(2 балла)**; $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) = 2,24/22,4 = 0,1 \text{ моль}$ **(1 балл)**;
 $n(\text{BaSO}_4) = 69,9/233 = 0,3 \text{ моль}$ **(1 балл)**; $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \cdot 0,2/98 = 0,2 \text{ моль}$ **(1 балл)**; $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ моль}$ **(2 балла)**; $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \cdot 106 = 10,6 \text{ г}$ **(1 балл)**; $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 142 = 14,2 \text{ г}$ **(1 балл)**; $m(\text{NaNO}_3) = 41,8 - (10,6 + 14,2) = 17 \text{ г}$ **(2 балла)**; $n(\text{NaNO}_3) = 17/85 = 0,2 \text{ моль}$ **(1 балл)**;
 $X(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1/(0,1+0,1+0,2) = 0,25 = 25 \%$ **(2 балла)**; $X(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,1/(0,1+0,1+0,2) = 0,25 = 25 \%$ **(2 балла)**; $X(\text{NaNO}_3) = 0,2/(0,1+0,1+0,2) = 0,5 = 50 \%$ **(2 балла)**. ИТОГО **20 баллов**

5. Ниже приведена схема превращений соединений элемента X. Соль E содержит 20% серы по массе. Вещества A, B и D являются осадками красно-оранжевого, кирпично-красного и белого цвета соответственно. Соединения B и Г получаются в виде бесцветных растворов. Помимо газа Y, есть и другие газы с плотностью в диапазоне 1,16–1,52 г/л (н.у.), способные реагировать с B. С одним из них (Z1) выпадает черный осадок, а с

другим (Z_2) раствор приобретает тёмно-синюю окраску. Расшифруйте все вещества, приведите уравнения упомянутых реакций. (20 баллов)



ОТВЕТ. По содержанию серы определим молярную массу **Е**. $M = 32/0,2 = 160$ (г/моль) (1 балл). Так как соединение содержит серу и получено действием серной кислоты, можно предположить, что это сульфат. Оставшаяся масса (64 г/моль) соответствует меди (1 балл), для которой очень характерны перечисленные цвета осадков. Так как **Б** – бесцветный раствор, можно предположить, что это соединение одновалентной меди, значит разложение сульфата прошло как ОВР. Плотности газов необходимо преобразовать в молярные массы через уравнение $M = \rho \cdot V_M$. Так как условия нормальные, можем воспользоваться величиной $V_M = 22,4$ л/моль, тогда газы **Y** и **Z** должны иметь молярную массу в диапазоне 26–34 г/моль. Черным осадком может быть сульфид меди, тогда газ **Z₁** – сероводород, темносиня окраска может быть обусловлена образованием комплекса меди(II), тогда газ **Z₂** – окислитель, O_2 . Кирпично-красный цвет имеет ацетиленид меди. Под действием соляной кислоты должен образовываться хлорид меди(I), осадок, но в концентрированной кислоте он способен растворяться с образованием комплексного аниона $[CuCl_2]^-$. Таким образом получаем:

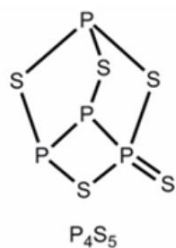
Вещества (каждое по 1 баллу):

А	Б	В	Г	Д	Е	Y	Z ₁	Z ₂
Cu_2O	$[Cu(NH_3)_2]OH$	$CuC \equiv CCu$	$H[CuCl_2]$	$CuCl$	$CuSO_4$	$HC \equiv CH$	H_2S	O_2

Уравнения реакций (каждое по 1 баллу):

- $Cu_2O + 4 NH_3 + H_2O \rightarrow 2 [Cu(NH_3)_2]OH$
- $2 [Cu(NH_3)_2]OH + HC \equiv CH \rightarrow CuC \equiv CCu + 2 H_2O$
- $CuC \equiv CCu + 4 HCl_{(конц)} \rightarrow HC \equiv CH + 2 H[CuCl_2]$
- $H[CuCl_2] + [Cu(NH_3)_2]OH \rightarrow 2 CuCl$
- $Cu_2O + 2 HCl \rightarrow 2 CuCl + H_2O$
- $2 [Cu(NH_3)_2]OH + H_2S \rightarrow 2 Cu_2S + 2 NH_3 + 2 H_2O$
принимаются уравнения с NH_4HS и $(NH_4)_2S$
- $4 [Cu(NH_3)_2]OH + O_2 + 2 H_2O \rightarrow 2 [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 2 Cu(OH)_2$ или
 $4 [Cu(NH_3)_2]OH + O_2 + 8 NH_3 + 2 H_2O \rightarrow 4 [Cu(NH_3)_4](OH)_2$
- $2 CuCl + 3 H_2SO_{4(конц)} \rightarrow 2 CuSO_4 + SO_2 + 2 H_2O + 2 HCl$
- $4 CuSO_4 \rightarrow 2 Cu_2O + 4 SO_2 + 3 O_2$ (1100 °C)

6. Головки спичек, которые можно зажечь о любую поверхность, содержат смесь сексвисульфида фосфора P_4S_3 и хлората калия $KClO_3$. Напишите уравнение реакции, происходящую между этими двумя веществами при воспламенении спичечной головки. Рассчитайте массовое соотношение, в котором сексвисульфид фосфора и хлорат калия должны быть смешаны для оптимального состава спичечной головки.



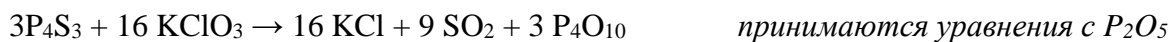
Сульфиды фосфора можно получить путем нагревания белого фосфора с серой. Когда эту реакцию проводят при низкой температуре, образуется ряд продуктов от P_4S_3 до P_4S_{10} . При этом структура продуктов основана на тетраэдрической структуре белого фосфора, на первых стадиях происходит постепенное внедрение атомов серы по связям P–P, а при более высоких степенях окисления фосфора происходит его частичный переход в пятивалентное состояние за счет образования двойной связи с серой. В качестве примера представлена структура P_4S_5 .

В изображенном примере все атомы отличаются друг от друга, нет симметрии, но в других соединениях она есть. Изобразите структурные формулы сульфидов фосфора исходя из следующих данных о них:

- 1) P_4S_3 имеет ось симметрии третьего порядка (молекула совмещается сама с собой при повороте на 120°).
- 2) P_4S_4 существует в виде двух изомеров, в одном из них есть только одна зеркальная плоскость, а в другом две; при этом во втором изомере все атомы фосфора и серы получают идентичны друг другу (накладываются при «отзеркаливании»).
- 3) P_4S_6 имеет одну плоскость симметрии и один пятивалентный атом фосфора.

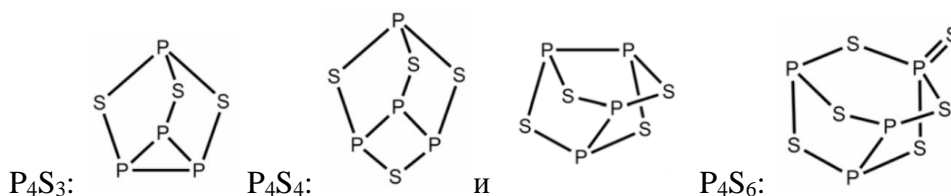
(30 баллов)

ОТВЕТ. Реакция окисления сексвисульфида фосфора хлоратом калия (**3 балла**):



Для вычисления оптимального соотношения реагентов возьмем их в количестве, равном стехиометрическим коэффициентам. $m(P_4S_3) = 3 \cdot 220 = 660$ (г); $m(KClO_3) = 16 \cdot 122,5 = 1960$ (г). Тогда $\omega(P_4S_3) = 25\%$, а $\omega(KClO_3) = 75\%$ (**3 балла**).

Структуры сульфидов (каждая по **6 баллов**):



Альтернативные структуры, удовлетворяющие требованиям симметрии оценивались по 2 балла.