

Задача 9-4

«Точно так же»

Неорганическое вещество **X** получают в лаборатории пропусканием хлора в горячий раствор гидроксида калия (*р-ция 1*). Выпадающие кристаллы кислородсодержащей соли **X** отфильтровывают и подвергают перекристаллизации. Растворимость **X** при 0 °С составляет 3.3 г соли на 100 г воды, а при 100 °С 56.2 г на 100 г воды.

С очищенной перекристаллизацией солью **X** провели 4 опыта:

А) **X** нагрели с диоксидом марганца в присутствии твердого гидроксида калия (*р-ция 2*), продукты реакции растворились в воде без остатка с образованием темно-зеленого раствора, со временем изменяющего окраску с выпадением коричневого осадка (*р-ция 3*).

Б) Нагревание **X** с диоксидом марганца без щелочи (*р-ция 4*) приводит к остатку, частично растворимому в воде, образующийся раствор не окрашен и со временем никаких изменений с ним не происходит. Если к твердому остатку разложения прибавить концентрированную серную кислоту – выделяется газ желто-зеленого цвета (*р-ция 5*).

В) Если к **X** прибавить концентрированную серную кислоту выделяется другой газ желтого цвета (*р-ция 6*), реагирующий с горячим раствором гидроксида калия (*р-ция 7*) с образованием бесцветного раствора.

Г) Взаимодействие **X** с красным фосфором сопровождается взрывом, при этом образуется белый твердый остаток (*р-ция 8*), растворимый в воде.

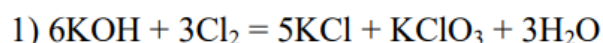
Водный раствор щелочи **A** массой 70.4 г нагревали со стехиометрическим количеством галогена **B** (*р-ция 9*), в полученном растворе массовые доли солей равны 26.31 % и 8.165 %.

Вопросы:

1. Напишите уравнения реакций *1-9*. Укажите тривиальное название **X**.
2. Какую окраску приобретает раствор по окончании *р-ции 3*? Где в быту используется *р-ция 8*?
3. Определите минимальную массу воды m_1 в которой растворится 15 г соли **X** при 100 °С. Рассчитайте сколько граммов безводной соли m_2 можно получить из 58 г насыщенного при 100 °С раствора при его охлаждении до 0 °С.
4. Определите вещества **A**, **B** и массовую долю ω щелочи в растворе **A**.

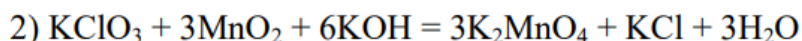
Решение задачи 9-4 (автор: Серяков С.А.)

1. Как известно, при нагревании КОН реагирует с хлором по уравнению:

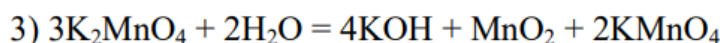


В условии сказано, что соль **X** содержит кислород, откуда следует **X** = KClO_3 , или *бертолетова соль*. Составим реакции, описанные в опытах:

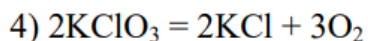
А. Бертолетова соль является сильным окислителем, что способствует переводу MnO_2 в более высокую степень окисления, стабилизации которой способствует щелочь, образующая манганат:



В растворе манганат диспропорционирует с образованием перманганата и диоксида марганца:

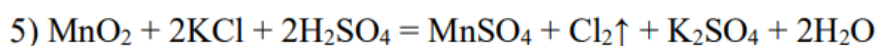


Б. В отсутствие щелочи, марганец не стабилизируется в более высоких степенях окисления, поэтому MnO_2 выступает в качестве катализатора разложения хлората, понижая температуру процесса с 400°C до $200\text{--}250^\circ\text{C}$:



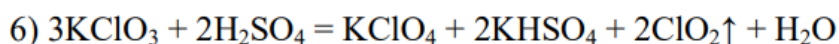
Остаток содержит MnO_2 и KCl , серная кислота создает среду для

протекания реакции между ними:



Желтый газ – это хлор.

В. В H_2SO_4 хлорат диспропорционирует с образованием перхлората и ClO_2 (другой желтый газ):

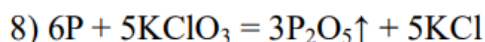


Уравнения с продуктами K_2SO_4 , HClO_4 считать полностью верными.

Пропускание диоксида хлора в горячий раствор щелочи приводит к тем же продуктам, что и при получении **X**:



Г. Красный фосфор является типичным восстановителем – окисляется до P_2O_5 , который испаряется в условиях протекания экзотермической реакции:



2. Раствор в *р-ции 3* приобретает *малиновую* окраску перманганат-иона.

Р-ция 8 протекает при чирканьи спички о коробок.

3. Определим массу воды для растворения 15 г соли по пропорции:

15 г соли – m_1 г воды

56.2 г соли – 100 г воды, откуда $m_1 = 100 \cdot (15/56.2) = \underline{26.7}$ г.

Пусть m – масса воды, а m_{c1} – масса соли в 58 г горячего раствора, в таком случае: $m_{c1} + m = 58$ в то же время по пропорции $m_{c1} = 56.2 \cdot (m/100) = 0.562m$, откуда $0.562m + m = 58$, $m = 37.13$ г

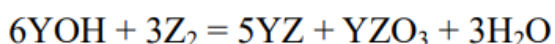
В процессе выпадения безводной соли масса воды останется неизменной. Составим пропорцию

m г воды – выпадет m_2 соли

100 г воды – выпадет $(56.2 - 3.3)$ г соли,

откуда $m_2 = 52.9 \cdot (37.13/100) = \underline{19.6}$ г.

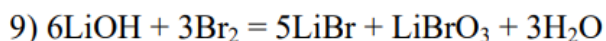
4. Составим уравнение реакции щелочи $A = YOH$ с галогеном $B = Z_2$. Реакция протекает при нагревании, «точно так же», как реакция между KOH и хлором:



Пусть образовалось x моль YZO_3 , значит его масса $m(YZO_3) = x(48 + M(YZ))$, согласно уравнению реакции соли YZ образовалось $5x$ моль, и её масса $m(YZ) = 5x \cdot M(YZ)$. Масса бескислородной соли больше, а поскольку обе соли входят в состав одного раствора, отношение их массовых долей в точности равно отношению их масс:

$m(YZ)/m(YZO_3) = 5M(YZ)/(48 + M(YZ)) = 26.31 \% / 8.165 \% = 3.222$, откуда $M(YZ) = 87.0$ г/моль.

Перебором сумм атомных масс щелочного металла и галогена находим, что $Y = Li$, $Z = Br$.



$A = LiOH$, $B = Br_2$. Определим количество и массу щелочи в исходном растворе.

Масса конечного раствора равна массе раствора щелочи и прибавленного брома: $m = (70.4 + 160 \cdot 3x)$, выходит что количество бромата лития $x = 0.08165 \cdot (70.4 + 480x)/135$, откуда $x = 0.06$ моль. По уравнению реакции $n(LiOH) = 6x = 0.36$ моль, его масса $m(LiOH) = 0.36 \cdot 24 = 8.64$ г.

Отсюда массовая доля $\omega(LiOH) = 8.64/70.4 = 0.123$, или **12.3 %**.

Система оценивания:

1	9 уравнений реакций по 1 баллу – 9 баллов Тривиальное название «бертолетова соль» для KClO_3 – 1 балл	10 баллов
2	Указание на малиновую окраску раствора реакции 3 – 1 балл Применение реакции 8 в быту – 1 балл	2 балла
3	Определение массы воды m_1 – 2 балла Определение масса m_2 – 2 балла	4 балла
4	Определение веществ A и B по 1 баллу Определение массовой доли LiOH – 2 балл	4 балла
	Итого: 20 баллов	

Если ход определения массовой доли верен, но не учтено изменение массы раствора при поглощении брома выставлать за последние два пункта 1 балл.

Ответ при таком решении составит 8.7 %.