

Задание экспериментального тура (8 класс, область, Харьков, 2010)

Смесь двух бесцветных сложных веществ А и Б полностью растворяется в воде с образованием голубого раствора В. Если к В добавить раствор натрия гидроксида, наблюдается выпадение голубого осадка Г, хорошо растворимого в избытке сульфатной кислоты. Добавление к В раствора барий хлорида приводит к выпадению белого мелкокристаллического осадка Д, а добавление раствора аргентум нитрата к раствору В сопровождается образованием белого осадка Е.

Определите вещества А, Б, Г, Д и Е, напишите уравнения протекающих реакций, если известно, что:

- почти все соединения металла, входящего в состав вещества А, растворимы в воде и окрашивают пламя горелки в желтый цвет, в то время как соль Б окрашивает пламя горелки в зеленый цвет;
- в состав веществ А и Е входит один и тот же кислотный остаток, молярная масса которого больше атомной массы металла соли А в 1.543 раза, но меньше атомной массы металла осадка Е в 3.04 раза;
- осадок Д не растворяется в разбавленных минеральных кислотах и состоит из трех элементов, при этом массовая доля металла составляет 58.8 %.

Свои выводы подтвердите соответствующими расчетами.

Решение

Так как смесь веществ А и Б при растворении в воде образует голубой раствор, то можно предположить, что одно из веществ содержит ионы меди и не является кристаллогидратом (кристаллогидраты солей меди не являются белыми соединениями). На ион меди также указывает тот факт, что при добавлении щелочи образуется голубой осадок Г, который хорошо растворим в сульфатной кислоте. Это гидроксид меди (II).

Из условия А можно понять, что в состав вещества А входит катион щелочного металла, так как почти все его соединения растворимы в воде. Исходя из цвета окраски пламени можно сделать вывод, что это натрий. Таким образом вещество Б содержит ионы меди, что подтверждается цветом окраски пламени.

Очевидно, что белый мелкокристаллический осадок Д – соль бария (сульфат или карбонат), а белый осадок Е – соль серебра.

Найдем, какой кислотный остаток входит в состав веществ А и Е (условие б). Мы выяснили, что металл, входящий в состав А – это натрий, а металл, входящий в состав Е – это серебро. Тогда:

$$M(\text{An}) = 22,990 \cdot 1,543 = 35,47 \text{ г/моль (по условию с натрием)}$$

$$M(\text{An}) = 107,868 / 3,04 = 35,48 \text{ г/моль (по условию с серебром)}$$

Кислотный остаток, входящий в состав Е и А – хлорид ион. Тогда А – хлорид натрия, Е – хлорид серебра.

Определим анион, входящий в состав вещества Б (очевидно, что именно этот анион дает осадок с ионами бария, так как хлорид, входящий в состав А, образует растворимую соль хлорид бария).

Запишем соль как Ba_xAn_2 , где II – заряд иона бария, а x-заряд кислотного остатка. Тогда

$$\omega(\text{Ba}^{2+}) = \frac{137,34 \cdot x}{137,34 \cdot x + 2 \cdot M(\text{An})} = 0,588$$

Находим связь молярной массы аниона с его зарядом x :

$$M(\text{An}) = 48,12x$$

При $x = 2$ молярная масса кислотного остатка равна 96,23 г/моль, что соответствует сульфат иону. Действительно, сульфат ион образует с ионами бария мелкокристаллический осадок белого цвета, что полностью соответствует условию. Вещество Б – безводный сульфат меди.

Задание экспериментального тура. (8 класс, область, Харьков, 2009)

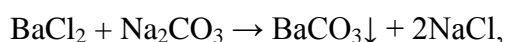
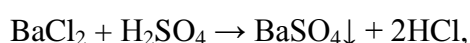
Для проведения опытов юные химики приготовили водные растворы некоторых неорганических веществ: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, Na_2CO_3 , BaCl_2 , H_2SO_4 и NaOH . Затем, однако оказалось, что они забыли подписать колбы с приготовленными растворами. Чтобы установить содержимое каждой колбы, они решили не использовать дополнительные реактивы, а смешать растворы попарно. Сначала они пронумеровали колбы, а потом отливали из них небольшое количество раствора в отдельные пробирки. При попарном смешивании растворов в пробирках наблюдались такие изменения: при добавлении раствора из 1-ой колбы к раствору из 2-ой выпал белый мелкокристаллический осадок, $1 + 3 \rightarrow$ изменений нет, $1 + 4 \rightarrow$ выпал белый мелкокристаллический осадок, $1 + 5 \rightarrow$ выпал белый мелкокристаллический осадок; $2 + 3 \rightarrow$ изменений нет, $2 + 4 \rightarrow$ выделился газ, $2 + 5 \rightarrow$ изменений нет; $3 + 4 \rightarrow$ изменений нет, $3 + 5 \rightarrow$ выпал белый студенистый осадок; $4 + 5 \rightarrow$ выделился газ и выпал белый студенистый осадок. Определите, раствор какого вещества находился в каждой колбе. Дайте пояснение явлениям, которые наблюдаются при смешивании растворов, и запишите уравнение реакций, которые при этом протекают.

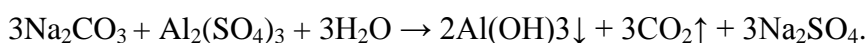
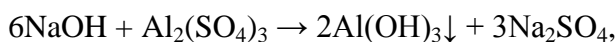
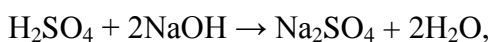
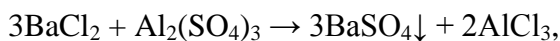
Решение

Необходимо составить сетку и записать все возможные уравнения реакций

	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Na_2CO_3	BaCl_2	H_2SO_4	NaOH
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	x	↓ (бел., студ), ↑	↓ (бел. крист.)	-	↓ (бел. студ.)
Na_2CO_3	↓ (бел., студ), ↑	x	↓ (бел. крист.)	↑	-
BaCl_2	↓ (бел. крист.)	↓ (бел. крист.)	x	↓ (бел. крист.)	-
H_2SO_4	-	↑	↓ (бел. крист.)	x	-
NaOH	↓ (бел. студ.)	-	-	-	x

Анализируя результаты взаимодействия растворов, отметим, что при смешении раствора №4 с растворами №2 и №5 выделяется газ, это значит, что в растворе №4 содержится карбонат натрия. Тогда в растворе №2 находится серная кислота, а в растворе №5 – сульфат алюминия. Последний должен образовывать мелкокристаллический осадок с ионами Ba^{2+} и давать студенистый осадок со щелочами, поэтому раствор №1 содержит хлорид бария, а раствор №3 – гидроксид натрия. Итого имеем: №1 – BaCl_2 , №2 – H_2SO_4 , №3 – NaOH , №4 – Na_2CO_3 , №5 – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Запишем уравнения реакций





Вещество. (8 класс, область, Харьков, 2011)

Установите формулу вещества, если известно, что его молекулы содержат азот, кислород и еще один элемент, при этом массовая доля азота составляет 22.22%, а кислорода – 76.19%. Как это вещество получают в промышленности? Приведите 3 примера его применения. Запишите уравнения соответствующих реакций.

Решение

Найдем массовую долю третьего элемента:

$$\omega(\text{X}) = 100 - 76,19 - 22,22 = 1,59\%$$

Она достаточно мала, поэтому можно предположить, что это водород.

Если имеется соединение, которое состоит из трех и более атомов, то его состав вычисляется следующим образом:

$$\frac{\omega(\text{O})}{A_r(\text{O})} : \frac{\omega(\text{N})}{A_r(\text{N})} : \frac{\omega(\text{H})}{A_r(\text{H})} = \frac{76,19}{15,999} : \frac{22,22}{14,007} : \frac{1,59}{1,008} = 4,76 : 1,58 : 1,58 = 3 : 1 : 1$$

Данное соединение – азотная кислота.

Электролиз (9 класс, отбор, Харьков 2013)

Через последовательно соединенные электролитические ячейки объемом 0.75л с инертными электродами пропускали ток силой 2А. В первой находился сульфат меди с концентрацией 0.25 моль/л, во второй хлорат натрия с концентрацией 0.75 моль/л, а в третьей – концентрированная серная кислота.

1. Приведите реакции, проходившие на электродах всех ячеек, если известно, что газ выделяется только на аноде ячейки № 1, а также катодах ячеек № 2 и № 3.
2. Определите время, за которое выделится вся медь в первой ячейке и рН раствора после завершения выделения меди, если плотность растворов до и после электролиза равны, соответственно, 1.05 и 1.015 г/мл
3. Определите массовые доли веществ в растворе во второй ячейке по истечению такого же промежутка времени. Плотность раствора принять 1г/мл.
4. Определите, какое новое вещество образуется в третьей ячейке. Приведите его структурную формулу с указанием типа гибридизации неконцевых атомов, приведите реакцию его образования на электроде.

Решение

1. I К: $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$; А: $2\text{H}_2\text{O} - 4e = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$;
 II К: $2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$; А: $\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} - 2e = \text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+$;
 III К: $2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$; А: $2\text{HSO}_4^- - 2e = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$

2. Находим количество вещества и массу меди:

$$n(\text{соли}) = V * c; n = 0.75 * 0.25 = 0.1875 \text{ моль}$$

$$n(\text{соли}) = n(\text{Cu})$$

$$m(\text{Cu}) = n * M; m = 0.1875 * 64 = 12 \text{ г}$$

Согласно первому закону Фарадея:

$$m = \frac{ItM}{zF}; t = \frac{mzF}{IM}; t = \frac{12 * 2 * 96485}{2 * 64} = 18091 \text{ сек} = 5.025 \text{ ч}$$

Находим pH раствора: так как в ходе реакции разрядилась вся медь, то содержимое ячейки – водный раствор серной кислоты.



Найдем массу воды до начала электролиза .

$$m(p - pa) = V * p = 750 * 1.05 = 787.5 \text{ г.}$$

$$n(\text{соли}) = V * c; n = 0.75 * 0.25 = 0.1875 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = M * n = 0.1875 * (63.5 + 32 + 64) = 29.9 \text{ г.}$$

$$m_0(\text{H}_2\text{O}) = m(p - pa) - m(\text{CuSO}_4) = 787.5 - 29.9 = 757.6 \text{ г.}$$

Воды израсходовалось столько же, сколько и сульфата меди:

$$\Delta n(\text{H}_2\text{O}) = 0.1875 \text{ моль}$$

$$\Delta m(\text{H}_2\text{O}) = M * \Delta n = 18 * 0.1875 = 3.4 \text{ г.}$$

Изменение массы воды:

$$m = m_0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta m(\text{H}_2\text{O}) = 754.2 \text{ г.}$$

Количество вещества кислоты равно количеству вещества сульфата меди (согласно уравнению): $n = 0.1875$ моль.

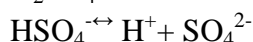
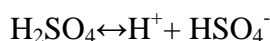
$$m(p - pa) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{H}_2\text{SO}_4) * M(\text{H}_2\text{SO}_4) \\ = 754.2 + 0.1875 * 98 = 772.6 \text{ г}$$

$$V = \frac{m}{p} = \frac{772.6}{1.015} = 761.2 \text{ мл.}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V(p - pa)} = \frac{0.1875}{0.7612} = 0.2463 \text{ моль/л}$$

Исходя из этого:

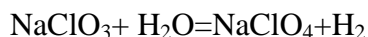
$$pH = -\lg[\text{H}^+]$$



Пренебрегая диссоциацией по второй ступени:

$$pH = -\lg 0.2463 = 0.61$$

3. В растворе после электролиза остались 2 соли: хлорат и перхлорат натрия.



Во-первых, рассчитаем изменение объема раствора после реакции. Для этого необходимо знать количество прореагировавшей воды – посчитаем через количества вещества выделившегося перхлората.

Количество вещества перхлората равно количеству израсходованной воды:

$$m = \frac{ItM}{zF}; mzF = ItM; n(\text{ClO}_4^-) = \frac{m}{M} = \frac{It}{zF} = \frac{2 * 18091}{96485 * 2} = 0.1875 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{израсх}} = n * M; m = 18 * 0.1875 = 3.375 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_0(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{израсх}}$$

$$m_0(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{соли}} = V * \rho - c * V = 750 * 1 - 0,75 * 0,75 = 749,438 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 749,438 - 3.375 = 746.063 \text{ г}$$

Во-вторых, рассчитаем исходное количество вещества хлората

$$n = V * c; n = 0.75 * 0.75 = 0.5625 \text{ моль}$$

Найдем количества веществ и массы хлората и перхлората после завершения электролиза.

$$n(\text{NaClO}_4) = 0.1875 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaClO}_3) = 0.5625 - 0.1875 = 0.375 \text{ моль}$$

$$m = M * n; m(\text{NaClO}_4) = 0.1875 * 122.5 = 23 \text{ г}$$

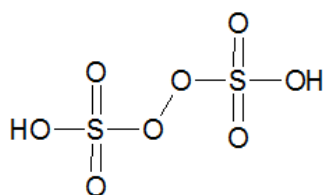
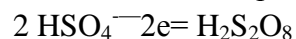
$$m(\text{NaClO}_3) = 0.375 * 106.5 = 40 \text{ г}$$

И найдем массовые доли солей:

$$\omega = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{р}}} * 100\%; \omega(\text{NaClO}_3) = \frac{40}{40 + 23 + 746} * 100\% = 5\%$$

$$\omega(\text{NaClO}_4) = \frac{23}{40 + 23 + 746} * 100\% = 2.8\%$$

4. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$. Реакция проходит на аноде. Образуется пероксидисерная кислота.



Гибридизация:

Сера sp^3

Кислород sp^3