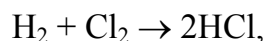


III ЭТАП ВСЕУКРАИНСКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ,
ХАРЬКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, 2011/2012 уч. г.

8 класс, Решения

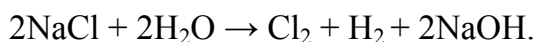
1. Международная олимпиада. После облучения солнечным светом в смеси водорода и хлора протекает реакция



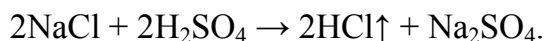
в ходе которой количество вещества не изменяется. Для определенности примем, что в сосуде находится 1 моль вещества. Согласно закону Авогадро, концентрации газов прямо пропорциональны их количествам, поэтому через некоторое время после начала реакции полученная в сосуде смесь содержит 0.6 моль хлора, 0.1 моль водорода и 0.3 моль хлороводорода. Очевидно, что на образование 0.3 моль HCl было израсходовано по 0.15 моль H_2 и Cl_2 , тогда до реакции в сосуде было 0.75 моль хлора и 0.25 моль водорода. Поэтому объемные доли компонентов в исходной газовой смеси составляли: $\text{Cl}_2 - 75\%$, $\text{H}_2 - 25\%$. В промышленности данные газы получают следующими способами. Водород получают конверсией природного газа и электролизом воды, реакции протекают согласно уравнениям



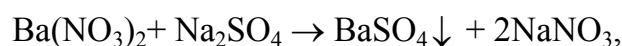
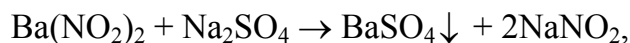
При конверсии в качестве катализатора используют металлический никель и оксид алюминия. Для проведения электролиза используют не чистую воду, а водный раствор KOH. Хлор получают электролизом растворов хлорида натрия или калия; уравнение реакции имеет вид



Хлороводород в промышленности в основном получают прямым взаимодействием водорода и хлора, процесс протекает согласно реакции, описанной в данной задаче. Устаревший промышленный способ получения HCl – сульфатный, основанный на взаимодействии хлорида натрия с концентрированной серной кислотой при нагревании до 500°C



2. Смесь солей бария. 1) При добавлении сульфата натрия к раствору, содержащему нитрат и нитрит бария, протекают реакции



каждая из которых приводит к образованию осадка сульфата бария. Количество вещества выпавшего осадка составляет $3.50/233.4 = 0.015$ моль. Из уравнений реакций следует, что суммарное количество вещества нитрата и нитрита бария равно количеству вещества осадка сульфата бария. Пусть количество моль нитрата бария равно x , тогда количество моль нитрита бария – $0.015 - x$. Массы этих солей будут составлять: $m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 261.4 \cdot x$, $m(\text{Ba}(\text{NO}_2)_2) = 229.4 \cdot (0.015 - x)$, откуда следует, что

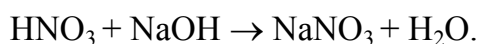
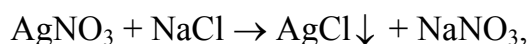
$$261.4 \cdot x + 229.4 \cdot (0.015 - x) = 3.6.$$

Решение этого уравнения дает $x = 0.005$, следовательно, количества вещества нитрата и нитрита бария равны 0.005 моль и $0.015 - 0.005 = 0.01$ моль, а их массы составляют $261.4 \cdot 0.005 = 1.31$ г и $229.4 \cdot 0.01 = 2.29$ г, соответственно.

Массовые доли солей в смеси составляют: $\omega(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 1.31/3.6 = 0.3639$ или 36.39%, $\omega(\text{Ba}(\text{NO}_2)_2) = 1 - 0.3639 = 0.6361$ или 63.61%. Мольные доли солей в смеси равны: $x(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0.005/0.015 = 0.3333$ или 33.33%, $x(\text{Ba}(\text{NO}_2)_2) = 1 - 0.3333 = 0.6667$ или 66.67%.

2) Объем раствора, полученного при растворении солей, составляет 0.1 л, поэтому молярные концентрации равны: $c(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0.005/0.1 = 0.05$ моль/л, $c(\text{Ba}(\text{NO}_2)_2) = 0.015/0.1 = 0.15$ моль/л.

3) Реакции взаимодействия нитрата и нитрита бария с сульфатом натрия относятся к реакциям ионного обмена в растворах. Реакции данного типа протекают до конца в том случае, если в результате образуется малорастворимое или малодиссоциирующее соединение, или выделяется газ. Примеры:

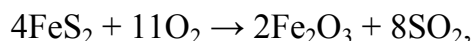


3. Кошачье золото. 1) Так как соединение X является сульфидом, то его формула может быть записана как A_2S_x , где A – неизвестный элемент, тогда молярная масса вещества X будет равна $2M_A + 32x$. Так массовая доля серы равна 53,3, то

$$\frac{32x}{2M_A + 32x} = 0,533, \text{ откуда } M_A = 14x.$$

При $x = 4$ $M_A = 56$, что соответствует железу, тогда формула соединения X – FeS_2 .

2) При прокаливании FeS_2 на воздухе протекает реакция



которая используется при производстве серной кислоты.

3) Другие наиболее распространенные названия минерала и его разновидностей: пирит и железный колчедан, иногда его также называют марказит, бравоит и инкский камень. Последнее название связано с тем, то при полировке пирит приобретает такой яркий зеркальный блеск, что инки Америки использовали его в качестве зеркал.

4. Оксиды серы. При нормальных условиях сосуд содержит

$$n_{\text{SO}_3}^0 = 3.57/80 = 0.0446 \text{ моль газообразного } \text{SO}_3.$$

Найдем объем сосуда

$$V = nRT / p = 0.0446 \times 8.314 \times 273 / 1.013 \cdot 10^5 = 9.993 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 1 \text{ л}.$$

Считая, что при нагревании объем сосуда не изменяется, найдем суммарное количество газообразных веществ в нем при 600 °C

$$n = pV / RT = 3.6343 \cdot 10^5 \times 9.993 \cdot 10^{-4} / (8.314 \times 873) = 0.0500 \text{ моль},$$

$$n = n_{\text{SO}_3} + n_{\text{SO}_2} + n_{\text{O}_2}.$$

Из уравнения реакции следует, что $n_{\text{SO}_3}^0 = n_{\text{SO}_3} + n_{\text{SO}_2}$ и $n_{\text{O}_2} = 0.5n_{\text{SO}_2}$, отсюда

$$n = n_{\text{SO}_3}^0 + 0.5n_{\text{SO}_2}, 0.0500 = 0.0446 + 0.5n_{\text{SO}_2}.$$

Решение последнего уравнения дает для веществ, находящихся в сосуде при 600 °С:

$$n_{\text{SO}_2} = 0.0108 \text{ моль},$$

$$n_{\text{SO}_3} = 0.0446 - 0.0108 = 0.0338 \text{ моль},$$

$$n_{\text{O}_2} = 0.0108/2 = 0.0054 \text{ моль},.$$

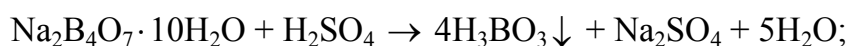
5. Получение бора из буры.

1) Бура является десятиводным кристаллогидратом тетрабората натрия, ее химическую формулу можно записать следующим образом: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

2) Бура является солью не существующей в свободном состоянии тетраборной кислоты $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$.

3) Стадии промышленного получения бора из буры:

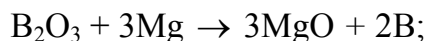
а) обработка буры серной кислотой



б) прокаливание кристаллов H_3BO_3



в) восстановление оксида бора магнием

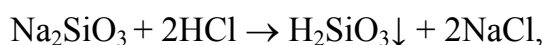


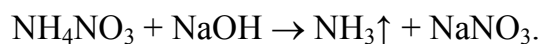
г) соляная кислота добавляется для растворения MgO и остатка магния



4) Масса буры в природном продукте составляет 900 кг. Молярная масса буры равна 381.4 г/моль, массовая доля бора в буре – $2 \cdot 10.8/381.4 = 0.0566$ или 5.66%. Значит масса бора в 1 т руды равна $900 \cdot 0.0566 = 50.94$ кг. Так как потери бора в процессе производства составляют 3%, то из 1 т руды выделено будет $50.94 \cdot 0.97 = 49.41$ кг аморфного бора.

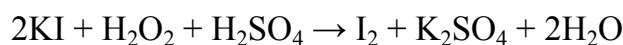
6. Определение солей. Для определения данных солей вначале необходимо их растворить в воде. Так как сульфат кальция является малорастворимой солью, а остальные соли хорошо растворяются, то CaSO_4 можно будет определить уже на этом этапе. Если к полученным растворам, содержащим Na_2SiO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 и NH_4NO_3 , прилить соляной кислоты, то в пробирке, содержащей силикат натрия будет наблюдаться выпадение осадка, а в пробирке с карбонатом натрия – выделение газа. Оставшиеся две соли можно определить при добавлении к их содержимому щелочи и последующем нагревании, В то время как в пробирке с сульфатом натрия никаких изменений наблюдаться не будет, в пробирке с хлоридом аммония будет ощущаться запах аммиака. Уравнения реакций:



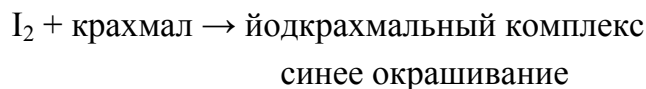


7. Задание экспериментального тура.

Синее окрашивание раствора обусловлено окислением йодид иона пероксидом водорода в кислой среде:

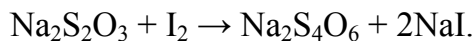


и последующим взаимодействием йода с крахмалом:

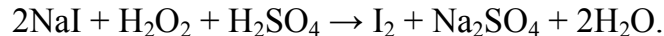


Так как пероксид водорода взят в избытке, реакция протекает до тех пор, пока в системе полностью не израсходуется йодид калия, при этом сначала раствор приобретает зеленую окраску (синий йодкрахмальный комплекс + желтая окраска йода), а затем раствор становится бурым (йод выпадает в осадок).

Задерживание реакции происходит из-за присутствия в растворе тиосульфата натрия, который окисляется первыми порциями выделяющегося йода с образованием тетрагидратата натрия и йодида натрия:



При всех одинаковых условиях, предупредить синее окрашивание раствора достаточно сложно, так как для этого нужно взять строго стехиометрическое количество пероксида водорода, так как даже небольшой его избыток приведет к протеканию реакции с уже образовавшимся йодидом натрия и последующим выделением йода:



Протекание последней реакции начнется в тот момент, когда в растворе израсходуется весь тиосульфат натрия.