

Время выполнения задания – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

8-9 класс

8-9 класс

1. Смесь массой 0.5 г, которая состоит только из карбоната натрия и карбоната бария, обработали раствором хлороводородной кислоты с концентрацией 1.0 моль/л. Рассчитайте массовые доли компонентов смеси, если известно, что для ее нейтрализации требуется 7.5 мл раствора хлороводородной кислоты. Запишите уравнения реакций взаимодействия карбонатов натрия и бария с хлороводородной кислотой. **(20 баллов)**

Решение:



Обозначим массы карбонатов следующим образом:

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m_1$, $m(\text{BaCO}_3) = m_2$, тогда можно составить следующую систему уравнений:

$$m_1 + m_2 = 0.5$$

$$C \cdot V = ((2 \cdot m_1) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3)) + ((2 \cdot m_2) / M(\text{BaCO}_3)) \text{ (10 баллов)}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}; M(\text{BaCO}_3) = 197 \text{ г/моль}.$$

Получаем систему уравнений с двумя неизвестными - m_1 и m_2 .

$$m_2 = 0.5 - m_1, \text{ тогда:}$$

$$1.0 \cdot 0.0075 = 2m_1/106 + 2(0.5 - m_1)/197$$

$$0.0075 = 0.0189 \cdot m_1 + 0.0051 - 0.0102 \cdot m_1$$

$$7.5 = 18.9 \cdot m_1 + 5.1 - 10.2 \cdot m_1$$

$$8.7 \cdot m_1 = 2.4$$

$$m_1 = 0.276 \text{ г. (2 балла)}$$

$$m_2 = 0.5 - m_1 = 0.5000 - 0.2758 = 0.224 \text{ г. (2 балла)}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m_1/m \cdot 100 \% = 0.276/0.5 \cdot 100 \% = 55.2 \% \text{ (1 балл)}$$

$$\omega(\text{BaCO}_3) = m_2/m \cdot 100 \% = 0.224/0.5 \cdot 100 \% = 44.8 \% \text{ (1 балл)}$$

2. Ряд мерных пробирок содержит нитраты следующих ионов: бария (II), свинца (II), цинка (II) и никеля (II). Как с помощью растворов серной, хлороводородной кислот, аммиака и гидроксида натрия можно различить эти соединения? Запишите уравнения соответствующих реакций, поясните, какими внешними эффектами они сопровождаются. **(15 баллов)**

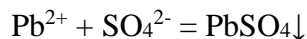
Решение:

Международная олимпиада школьников УрФУ «Изумруд» 2022, 2 этап

Ионы Ba^{2+} при взаимодействии с серной кислотой образуют белый кристаллический осадок сульфата бария:



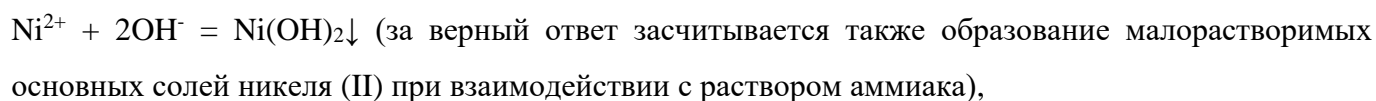
Ионы Pb^{2+} тоже способны образовывать при взаимодействии с серной кислотой белый кристаллический осадок:



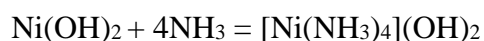
Однако различить эти два иона (Ba^{2+} и Pb^{2+}) можно по реакции с хлороводородной кислотой, при взаимодействии с ней Pb^{2+} образует белый осадок хлорида свинца (II):



При добавлении к раствору, содержащему Ni^{2+} , раствора щелочи (или небольшого количества аммиака) образуется зеленый осадок:

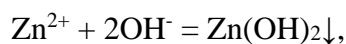


который легко растворяется в избытке аммиака с образованием аммиачных комплексов никеля синего цвета:



(2 балла – уравнение, 2 балла – аналитический эффект).

При взаимодействии Zn^{2+} с растворами щелочей сначала образуется белый осадок гидроксида цинка:



который растворяется при дальнейшем добавлении щелочи с образованием комплексной соли (тетрагидроксицинкат):



Как верный ответ засчитывается любой вариант решения, позволяющий различить предложенные соединения. Засчитывается как молекулярное, так и ионное уравнение реакции.

В случае неправильной расстановки коэффициентов в уравнении реакции, баллы за уравнение делятся пополам.

3. Бесцветная соль, хорошо растворимая в воде, дает белый осадок при добавлении раствора аммиака. При действии на исходную соль концентрированной серной кислоты выделяется газ с плотностью по воздуху 1.26, который полностью поглощается водой, при этом раствор окрашивает лакмус в красный цвет. При добавлении к раствору определяемой соли гранул металлического цинка можно наблюдать их растворение и образование блестящих игольчатых

кристаллов. Определите (с обоснованием) возможный состав соли и напишите уравнения описанных реакций для любого из вариантов.

(20 баллов)

Решение:

Осадок, образующийся при добавлении раствора аммиака, – это гидроксид. Тогда подходящими будут следующие катионы металлов: Mg^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Sn^{2+} , Al^{3+} (и Bi^{3+}) (2 балла). Преобразуя относительную плотность газа в молярную массу, получаем 36,5 г/моль, что соответствует HCl, значит исходная соль – хлорид (3 балла). В реакцию замещения с цинком будут вступать только металлы правее него в электрохимическом ряду, из перечисленных это Pb^{2+} , Sn^{2+} (и Bi^{3+}) (2 балла), но хлорид свинца (II) – малорастворимое соединение, что противоречит условию (2 балла), к тому же, при замещении свинец образует серую «шубу», а не игольчатые кристаллы, тогда остается только Sn^{2+} (и Bi^{3+}). За упоминание висмута в каждом пункте дополнительно ставятся 1 балл, то есть только олово даст в сумме 9, а с висмутом – 12 баллов.

$SnCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O = Sn(OH)_2 + 2NH_4Cl$ (2 балла) (возможен вариант записи: $NH_3 \cdot H_2O$ или NH_4OH)

$SnCl_2 + 2H_2SO_4 = Sn(HSO_4)_2 + 2HCl$ (2 балла) (получение нейтрального сульфата олова оценивается в 1 балл)

$H_2O + HCl = H_3O^+ + Cl^-$ ИЛИ $HCl = H^+ + Cl^-$ (2 балла)

$SnCl_2 + Zn = Sn + ZnCl_2$ (2 балла)

4. Некоторое простое вещество **М** представляет собой металл серебристо-белого цвета. Известно, что **М** растворяется в минеральных кислотах (соляной, серной, азотной). Так, например, при взаимодействии **М** с соляной кислотой образуется растворимое в воде соединение **В**. Известно, что при взаимодействии **В** с висмутатом натрия $NaBiO_3$ в азотнокислой среде раствор окрашивается в малиновый цвет за счет образования соединения **С**, а при взаимодействии **В** с сульфидом аммония образуется осадок телесного цвета **Д**. При прокаливании **С** выделяется кислород и образуются соединения **Е** и **Ф**.

Определите вещества М, В, С, D, E, F, приведите уравнения реакций. (20 баллов)

Решение:

$Mn + 2HCl = MnCl_2 + H_2\uparrow$ (2 балла)

$2MnCl_2 + 5NaBiO_3 + 16HNO_3 = 2NaMnO_4 + 5Bi(NO_3)_3 + 4NaCl + NaNO_3 + 8H_2O$ (2 балла)

$MnCl_2 + (NH_4)_2S = MnS\downarrow + 2NH_4Cl$ (2 балла)

$2NaMnO_4 = Na_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$ (2 балла)

M = Mn, B = MnCl₂, C = NaMnO₄, D = MnS,

E = Na₂MnO₄, F = MnO₂ (или наоборот) (за каждое соединение по 2 балла)

5. В раствор кальцинированной соды был пропущен избыток газа с плотностью по водороду равной 22. В результате масса раствора возросла на 6,2%. Вычислите массовую долю соды в исходном растворе (ответ округлите до целых). **(15 баллов)**

Решение:

Кальцинированная сода – это средний карбонат натрия Na₂CO₃ **(2 балла)**. Преобразуя относительную плотность газа в молярную массу, получаем 44 г/моль, что соответствует CO₂, N₂O, C₃H₈, из которых с раствором карбоната может реагировать только CO₂ **(3 балла)**.

Поглощение углекислого газа происходит согласно реакции:

Na₂CO₃ + CO₂ + H₂O = 2NaHCO₃ **(2 балла)**,

то есть весь привес обусловлен поглощенным газом **(2 балла)**,

Пусть взяли 100 г раствора, тогда поглотилось 6,2 г CO₂ или 0,1409 моль. Тогда карбоната изначально было эквимольное количество или 14,94 г, что с учетом округления соответствует ω (Na₂CO₃) = 15% **(6 баллов)**.

6. Установите формулу некоторой неорганической кислоты, если известно, что массовые доли хлора и кислорода в ее составе равны 35.3 и 63.7 %, соответственно. **(5 баллов)**

Решение:

Общая формула кислоты HCl_xO_y.

Для расчетов примем массу кислоты равной 100 г. Тогда массы хлора, кислорода и водорода, которые содержатся в 100 г кислоты, будут равны:

$m(\text{Cl}) = m \cdot \omega(\text{Cl}) = 100 \cdot 0.353 = 35.3 \text{ г.}$ **(0.5 балла)**

$m(\text{O}) = m \cdot \omega(\text{O}) = 100 \cdot 0.637 = 63.7 \text{ г.}$ **(0.5 балла)**

$m(\text{H}) = m - m(\text{O}) - m(\text{Cl}) = 100 - 63.7 - 35.3 = 1 \text{ г.}$ **(0.5 балла)**

Рассчитываем количества веществ хлора, кислорода и водорода в составе кислоты:

$n(\text{Cl}) = m(\text{Cl})/M(\text{Cl}) = 35.3/35.5 = 1 \text{ моль}$ **(0.5 балла)**

$n(\text{O}) = m(\text{O})/M(\text{O}) = 63.7/16 = 4 \text{ моль}$ **(0.5 балла)**

$n(\text{H}) = m(\text{H})/M(\text{H}) = 1/1 = 1 \text{ моль}$ **(0.5 балла)**

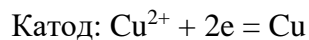
Рассчитываем отношение количеств веществ водорода, хлора и кислорода в составе кислоты:

$n(\text{H}):n(\text{Cl}):n(\text{O}) = 1:1:4$ **(2 балла)**, то есть формула кислоты HClO₄ (хлорная кислота).

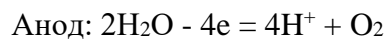
7. В результате электролиза раствора сульфата меди (II) на катоде образовался продукт массой 3 г. Запишите уравнение реакции электролиза, рассчитайте объем газа, выделившегося при этом на аноде. **(5 баллов)**

Решение:

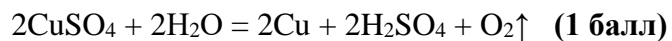
На катоде происходит восстановление ионов меди (II):



На аноде окисляется вода:



Суммарное уравнение реакций электролиза:



Определяем количество вещества выделившейся меди:

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 3/63.5 = 0.047 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

Из уравнения реакции электролиза следует, что $n(\text{Cu})/n(\text{O}_2) = 2/1$. Следовательно,

$$n(\text{O}_2) = n(\text{Cu})/2 = 0.047/2 = 0.0235 \text{ моль.} \quad \text{(1 балл)}$$

Рассчитываем объем выделившегося кислорода:

$$V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot V_m = 0.0235 \cdot 22.4 = 0.53 \text{ л.} \quad \text{(2 балла)}$$