**Олимпиада по химии 9- 10 класс.**

**Задача 1**

Ниже представлена таблица, описывающая взаимодействие растворов бинарных солей калия и элементов **X1, X2, X3** и **X4**, расположенных в одной группе периодической таблицы, с растворами нитратов серебра, свинца и ртути.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | AgNO3 | Pb(NO3)2 | Hg(NO3)2 |
| KX1 | ↓жёлтый осадок | ↓жёлтый осадок | ↓красно-оранжевый осадок |
| KX2 | ↓белый осадок | ↓белый осадок | изменений нет |
| KX3 | изменений нет | ↓белый осадок | изменений нет |
| KX4 | ↓светло-жёлтый осадок | ↓светло-жёлтый осадок | ↓белый осадок |

Вопросы:

1. Определите соли элементов **X1, X2, X3** и **X4**.
2. Напишите уравнения взаимодействия бинарных солей элементов **X1, X2, X3** и **X4** с нитратами серебра, свинца и ртути. В уравнениях обязательно укажите вещество, выпадающее в осадок.
3. Напишите уравнения взаимодействия твёрдых бинарных солей калия элементов **X1, X2, X3** и **X4** с концентрированной серной кислотой.
4. При взаимодействии смеси сухих солей LiX2, NaX2 и KX2 массой 5,85 г с концентрированной серной кислотой образовалось 12,0 г гидросульфатов. Определите объём (при 30°С и 130 кПа) газа, который может выделится.

**Задача 2**

Однажды химик Юра Б., разбирая в своей лаборатории старый заброшенный сейф, обнаружил в нём неподписанную банку с белым кристаллическим веществом (соль **X**), окрашивающим пламя в фиолетовый цвет.

«Что же там?» – подумал Юра.

И, взяв с соседней полки концентрированную серную кислоту, прилил её к навеске соли массой 7,35 г (реакция 1). При этом он наблюдал выделение бурого газа с удушающим запахом (газ **A**) с плотностью по водороду 33,75.

«Налью-ка я туда чего-нибудь другого», – решил Юра и добавил к аликвоте соли этой же массы концентрированную соляную кислоту (реакция 2). Каково было удивление химика, когда он обнаружил выделение жёлто-зелёного газа (газ **B**). Плотность газовой смеси по водороду составляла 35,5.

«Как опасно!», – воскликнул Юра и осторожно прибавил к навеске данной соли немного концентрированного раствора щавелевой кислоты (реакция 3). При этом он наблюдал бурное выделение из раствора смеси газов **A** и **С** (плотность смеси по водороду 29,83).

«Теперь мне всё ясно, надо её подальше убрать, а то мало ли что может случиться», – твёрдо сказал химик и спрятал банку с солью подальше в сейф.

Результаты опытов сведены в таблицу.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Реакция | Мольное соотношение газов | | | Плотность газовой смеси по водороду | Объём раствора KOH (ρ = 1,092 г/мл, ω = 10 %), пошедший на полное поглощение газовой смеси (*t* = 40°C) |
| **A** | **B** | **C** |
| **1** | 1 | – | – | 33,75 | 20,51 мл |
| **2** | – | 1 | – | 35,50 | 184,62 мл |
| **3** | 2 | – | 1 | 29,83 | 61,53 мл |

Вопросы:

1. Расшифруйте формулы газов **А**, **B**, **C**. Ответ подтвердите расчётами.
2. Напишите уравнения реакций поглощения газов **А**, **В**, **С** раствором KOH.
3. Какую соль обнаружил Юра у себя в сейфе? Приведите необходимые расчёты.
4. Напишите уравнения реакций 1–3.
5. Напишите уравнения разложения соли **X** при 400°C в присутствии катализатора (MnO2) и без него.
6. Объясните, чего опасался Юра? Где применяется соль **X**? Дайте её тривиальное название.

**Решения**

**Задача 1 (автор – Антонов А. А.)**

**1.** Нитрат свинца и нитрат серебра являются качественными реагентами на галогены. При этом фторид серебра является растворимым. Значит, зашифрованные элементы являются галогенами. Фторид серебра, как указано выше, является растворимым, значит KX3 – KF. Белый осадок при взаимодействии с нитратом серебра образуют хлориды, значит KX2 – KCl. Самыми интенсивно окрашенными являются йодиды серебра и свинца, тогда KX1 – KI, а KX4 – KBr.

KX1 – KI, KX2 – KCl, KX3 – KF, KX4 – KBr.

**2.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | AgNO3 | Pb(NO3)2 | Hg(NO3)2 |
| KI | AgNO3 + KI → → AgI↓ + KNO3 | Pb(NO3)2 + 2KI → → PbI2↓ + 2KNO3 | Hg(NO3)2 + 2KI → → HgI2↓ + 2KNO3 |
| KCl | AgNO3 + KCl → →AgCl↓ + KNO3 | Pb(NO3)2 + 2KCl → → PbCl2↓ + 2KNO3 | ─ |
| KF | ─ | Pb(NO3)2 + 2KF → → PbF2↓ + 2KNO3 | ─ |
| KBr | AgNO3 + KBr → →AgBr↓ + KNO3 | Pb(NO3)2 + 2KBr → → PbBr2↓ + 2KNO3 | Hg(NO3)2 + 2KBr →  →HgBr2↓ + 2KNO3 |

**3.** KX1: 2KI + 3H2SO4 → 2KHSO4 + I2 + SO2 + 2H2O или

6KI + 7H2SO4 → 6KHSO4 + 3I2 + S + 4H2O или

8KI + 9H2SO4 → 8KHSO4 + 4I2 + H2S + 4H2O

KX2: KCl + H2SO4 → KHSO4 + HCl↑

KX3: KF + H2SO4 → KHSO4 + HF

KX4: KBr + H2SO4 → KHSO4 + HBr↑ или

2KBr + 3H2SO4 → 2KHSO4 + Br2 + SO2 + 2H2O

Во всех случаях будет образовываться кислая соль, так как используется концентрированная серная кислота, т. е. имеется значительный избыток кислоты.

**4.** Запишем уравнения всех реакций:

LiCl + H2SO4 → LiHSO4 + HCl↑

NaCl + H2SO4 → NaHSO4 + HCl↑

KCl + H2SO4 → KHSO4 + HCl↑

Пусть во взаимодействия вступило *x* моль серной кислоты, тогда в результате выделилось *x* моль хлороводорода. Масса реакционной смеси до взаимодействия 5,85 + 98*x*, а после взаимодействия 12 + 36,5*x*. По закону сохранения массы

5,85 + 98*x* = 12 + 36,5*x*,

откуда *x* = 0,1 моль. Значит *V* = ν*RT*/*p* = 0,1∙8,31∙303:130 = 1,94 л

***Система оценивания:***

1. *По 1 баллу за верное определение каждого вещества (элемента) 4 балла. Примечание для проверяющих: если угадана группа (т. е. что зашифрованы галогены), но в неправильном порядке, то не более 1 балла за данный пункт.*
2. *9 уравнений по 1 баллу. 9 баллов.*
3. *4 уравнения по 1 баллу. 4 балла*

*Примечание для проверяющих: в реакции с бромом и йодом засчитывать любую одну реакцию. Если вместо гидросульфатов указаны сульфаты, то 0,5 балла за реакцию.*

1. *По 0,5 балла за уравнения с хлоридами лития и натрия. За расчёт числа молей 1,5 балла.  
   За расчёт объёма 0,5 баллов. всего 3 балла.*

ИТОГО: 20 баллов

**Задача 2 (автор – Куриленко К. А.)**

**1.** Рассчитываем молярную массу газа **В**

(г/моль),

учитывая, что этот газ получен при взаимодействии соли **X** c соляной кислотой, им может быть хлор. **B** – Cl2.

Рассчитаем молярную массу газа **А**.

(г/моль)

Исходя из дробной молярной массы **A**, его бурой окраски и удушающего запаха, можно предположить, что данный газ содержит хлор, тогда на оставшиеся элементы приходится 67,5 – 35,5 = 32 г/моль. Это соответствует 2 атомам кислорода, тогда возможная формула **A** – ClO2.

Зная молярную массу **A** и мольное соотношение, можно определить газ **С**.



 г/моль. Газом с такой молярной массой, выделяющимся из раствора щавелевой кислоты, может быть лишь CO2. **C** – CO2.

**A** – ClO2

**B** – Cl2

**C** – CO2.

**2.** Уравнения реакций взаимодействия газов со щёлочью в соответствии с условием задачи:

2ClO2 + 2KOH = KClO2 + KClO3 + H2O (1)

3Cl2 + 6KOH = KClO3 + 5KCl + 3H2O (2)

Cl2 + 2KOH = KCl + KOCl + H2O (2а)

CO2 + 2KOH = K2CO3 + H2O (3)

**3.** По окраске пламени и выделении двуокиси хлора при взаимодействии соли **X** с концентрированной H2SO4 можно судить о наличии в её составе калия и хлора. По реакции 1 рассчитаем молярную массу **X**.

, по уравнению реакции 

Составим таблицу

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Соотношение  ν(**X**) : ν(ClO2) | M(**X**) | **X** |
| 1:1 |  | – |
| 2:1 |  | – |
| 3:2 |  | KClO3 |
| 1:2 |  | – |

Из таблицы видно, что единственной солью с данной молярной массой, в которой присутствуют хлор и калий, может являться хлорат калия.

**X** – KClO3

**4.** Уравнения взаимодействия KClO3 c кислотами.

3KClO3 + 3H2SO4 → 3KHSO4 + HClO4 + 2ClO2 + H2O

KClO3 + 6HCl → KCl + 3Cl2 + 3H2O

2KClO3 + H2C2O4 → K2CO3 + CO2 + 2ClO2 + H2O

**5.** Разложение KClO3 начинается уже при 400°C. Так, в присутствии катализатора (MnO2 и др.) разложение преимущественно идёт по следующей реакции:

2KClO3 → 2KCl + 3O2

В отсутствие катализатора образуются хлорид и перхлорат калия:

4KClO3 → 3KClO4 + KCl

6) Тривиальное название соли **X** – бертолетова соль. Она применяется в спичечном производстве, при изготовлении взрывчатых веществ и сигнальных ракет. Смеси этой соли с восстановителями (серой, фосфором и др.) легко взрываются от удара (видимо, это вызвало опасения Юры, и он **аккуратно** убрал банку с бертолетовой солью глубоко в сейф).

***Система оценивания:***

1. *3 газа + 3 расчёта = 3∙2 балла + 3∙0,5 балла 7,5 баллов*
2. *3 уравнения по 1 баллу 3 балла*
3. *соль + расчёт = 2 балла + 0,5 балла 2,5 балла*
4. *3 уравнения по 1 баллу 3 балла*
5. *2 уравнения по 1 баллу 2 балла*
6. *Объяснение опасений Юры + применение 2∙0,5 балла   
   + название 1 балл 2 балла*

ИТОГО 20 баллов