

1. Водный раствор бесцветной соли **X** имеет кислую среду (реакция 1). Образец соли **X** массой 0.604 г подвергли несильному нагреванию (реакция 2) (сильное нагревание вызывало возгонку безводной соли) и летучие продукты разложения пропустили последовательно через U-образные трубки, заполненные безводным хлористым кальцием и гранулированным едким кали. Масса трубок при этом возросла соответственно на 0.203 и 0.274 г.

Другой образец той же соли массой 0.725 г растворили в воде и полученный раствор обработали раствором едкого кали (реакция 3). При этом выпал осадок, который растворился при дальнейшем добавлении раствора щелочи (реакция 4). После полного растворения образовавшийся раствор нейтрализовали серной кислотой, упарили и охладили до 0 °С. При этом выпали кристаллы двойной соли **Y** (реакция 5). Масса высушенных кристаллов **Y** составила 1.424 г. Следует считать, что катион соли **X** количественно вошел в состав полученной двойной соли **Y**.

- 1) Напишите формулу соли **X** и назовите ее, учитывая, что она представляет собой кристаллогидрат.
- 2) Напишите формулу двойной соли **Y**, назовите ее. Объясните, какие соли называют двойными солями. Укажите известные Вам области использования этого соединения.
- 3) Напишите уравнения реакций 1 – 5.

№ 1

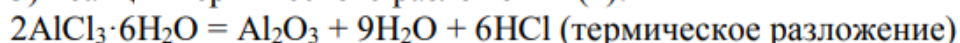
1) В решении задачи много интуитивных факторов определения природы соли **X**.

То обстоятельство, что водный раствор соли имеет кислую реакцию, указывает на то, что эта она образована катионом слабого основания. То, что соль бесцветна, дает основания отвергнуть соли наиболее распространенных переходных металлов, т.к. соли железа, хрома, марганца окрашены. Остается алюминий или цинк. Рассуждения по поводу природы аниона могут быть следующие: нитраты при прокаливании разлагаются с выделением бурого газа, таких указаний в задаче нет, сульфаты – труднолетучи и весьма термостойки. Скорее всего, был растворен галогенид, вероятнее, хлорид, так как соль **X** бесцветна (бромиды, иодиды чаще бывают окрашенными, у фторидов сложнее с растворимостью). Предположим, что **X** – хлорид. Тот факт, что сильное нагревание вызывает возгонку соли, склоняет к алюминию –

его хлорид более летуч, чем хлорид цинка, причем AlCl_3 переходит в газовую фазу в виде димера. Таким образом, базовое предположение, что исходная соль **X** – хлорид алюминия.

2) Определим возможные летучие продукты разложения: в хлоркальциевой трубке поглощается вода, в трубке с безводным едким кали – HCl . Это значит, что **X** не просто соль, а кристаллогидрат (ясно из условия). Координационное число алюминия равно 6. Тогда **X** = $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

3) Реакция термического разложения (2):



Проверим наше предположение, используя количественные соотношения.

$$m(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0.604 \text{ г} \quad n(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,0025 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0.203 \text{ г} \quad n(\text{H}_2\text{O}) = 0.01128 \text{ моль} \quad n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 4.51$$

$$m(\text{HCl}) = 0.274 \text{ г} \quad n(\text{HCl}) = 0.0075 \text{ моль} \quad n(\text{HCl}) : n(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 3$$

Полученные соотношения соответствуют стехиометрии реакции (2) и могут служить подтверждением нашего предположения.

4) При обработке **X** щелочью, а затем серной кислотой выпадают хорошо известные калий-алюминиевые квасцы – $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (**Y**). Подтвердим это расчетами.

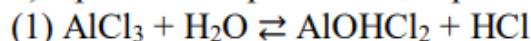
Число моль растворенной соли **X** ($M = 241.5 \text{ г/моль}$) = $0.725 : 241.5 = 0.003 \text{ моль}$.

Число моль образовавшихся квасцов $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ($M = 474 \text{ г/моль}$) такое же: $n = 1.424 : 474 = 0,003 \text{ моль}$.

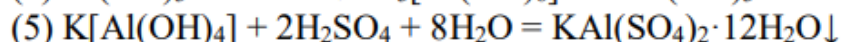
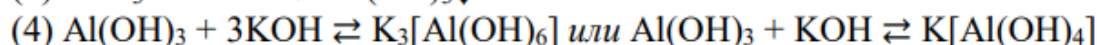
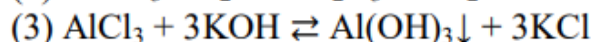
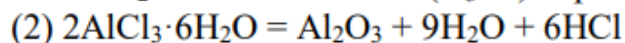
5) Двойные соли – такие соли, которые содержат два типа катионов. Существуют только в твердом виде. Растворимые двойные соли при растворении в воде полностью диссоциируют на ионы: например, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 = \text{K}^+ + \text{Al}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-}$

Квасцы обладают антисептическими и вяжущими свойствами, используются в *медицине и косметологии*. Также используются при *обеззараживании сточных и питьевых вод*. Дубящие свойства квасцов обуславливают их применение *при обработке кожи, в текстильной промышленности*. Квасцы применяются как *коагулянт в целлюлозно-бумажной промышленности*. В *пищевой промышленности* используются как пищевая добавка в качестве разрыхлителя, стабилизатора и регулятора кислотности.

6) Уравнения протекающих реакций:



$\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+ (\text{H}_3\text{O}^+)$ первая ступень гидролиза преобладает



Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Определены вещества X, Y по 2 балла | 4 балла |
| 2. Указано название Y | 1 балл |
| 3. Указание на образование H_2O и HCl по 1 баллу
<i>без подтверждения по стехиометрии разложения по 0.5 балла</i> | 2 балла |
| 4. Уравнения реакций
(1), (3), (4) – по 0.25 балла
(2) – 0.75 баллов
(5) – 0.5 балла | 2 балла |
| 5. Определение двойных солей | 0.5 балла |
| 6. Области использования квасцов по 0.25 балла
<i>не более 0.5 баллов</i> | 0.5 балла |

ИТОГО: 10 баллов