

Задача:

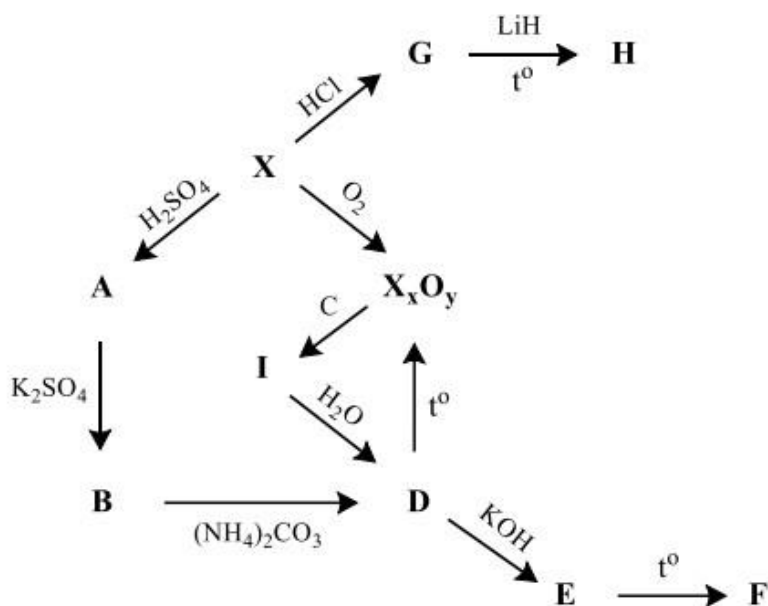
Девятиклассник начал изучать химию элементов, и ему очень понравилась статья в популярной литературе об одном из элементов Периодической таблицы Д.И. Менделеева, “Серебро из глины”. Так называли простое вещество **X**, образованное этим элементом. Заручившись поддержкой учителя, школьник отправился в химическую лабораторию, воспроизвести описанные в книжке эксперименты.

Для начала он решил сжечь **X** в токе кислорода (*реакция 1*), у него получился оксид элемента **X** ($\omega(\text{X}) = 52,94\%$). Оказалось, что **X** также растворяется в разбавленной серной кислоте с образованием **A** (*реакция 2*). Далее он прилил к полученному раствору **A** раствор сульфата калия и медленно охладил полученную смесь. Начали выпадать красивые кристаллы вещества **B** (*реакция 3*), которое при реакции с карбонатом аммония образуют **D** (*реакция 4*). Нагрев вещество **D**, экспериментатор снова получил оксид элемента **X** (*реакция 5*). Далее, добавляя к **D** раствор KOH, он получил вещество **E** (*реакция 6*), нагревание которого приводит к образованию **F** (*реакция 7*).

Все эти реакции показались экспериментатору достаточно простыми, и он решил получить нестандартное вещество **Z** двухстадийным синтезом: растворить **X** в соляной кислоте с образованием **Y** (*реакция 8.1*), затем нагреть **Y** с гидридом лития (*реакция 9.1*). Однако, он не учёл, что в реакции **X** с соляной кислотой образуется кристаллогидрат вещества **Y** (обозначим его **G**) (*реакция 8*). В **G** $\omega(\text{X}) = 11,18\%$. И, соответственно, вместо желаемого вещества **Z** получил вещество **H** (*реакция 9*).

В результате экспериментатор решил прокалить оксид с углем, в надежде получить чистый **X**, хотя в статье такой метод описан не был. И снова его постигла неудача: вместо простого вещества **X** он получил **I** (*реакция 10*), которое он попытался прокипятить с водой, чтобы удалить лишний углерод, и в результате снова получил **D** (*реакция 11*).

Схему проведенных реакций он нарисовал следующим образом:



1. Определите вещества, описанные в задаче. Напишите уравнения всех описанных реакций.
2. Как называются вещества со структурой В?
3. Как получить простое вещество X из его оксида? А из вещества I?

Решение:

По явно выраженной амфотерности можно предположить, что элемент и простое вещество – это Zn или Al. В реакции 2, скорее всего, образуется сульфат этого металла, который далее вступает в реакцию с сульфатом калия, и при охлаждении выпадает осадок. Осадок, скорее всего, представляет собой квасцы, что указывает на то, что X – Al. На алюминий указывает также тот факт, что он не реагирует с концентрированной серной кислотой без нагревания из-за пассивации (поэтому школьник взял разбавленную). И, наконец, элемент возможно рассчитать из массовой доли X в оксиде.

Далее, основываясь на химии алюминия, возможно определить все вещества и написать реакции:

Оксид – Al_2O_3

A – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

B – $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

D – $\text{Al}(\text{OH})_3$

E – $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$, засчитывается также $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$

F – KAlO_2

G – $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

H – $\text{Li}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$

I – Al_4C_3

Y – AlCl_3

Z – LiAlH_4

Уравнения реакций:

1. $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$
2. $3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$
3. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
4. $2\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} + 3(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
5. $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
6. $\text{KOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$
7. $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{KAlO}_2 + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$
8. $2\text{Al} + 6\text{HCl} + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2$
9. $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{LiH} \rightarrow \text{Li}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{LiCl} + 6\text{H}_2$
10. $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{C} \rightarrow 6\text{CO} + \text{Al}_4\text{C}_3$
11. $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 12\text{CH}_4$

Уравнения реакций 8.1 и 9.1:

- $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$
- $AlCl_3 + 4LiH \rightarrow Li[AlH_4] + 3LiCl$