

Задача:

Исторически сложилось, что минерал **А** привозился в Европу под названием «тинкала» из Азии. Внешне он представляет собой небольшие бесцветные или желтоватые кристаллы, которые использовались в качестве флюса для пайки и очистки поверхностей металлических заготовок. При медленном прокаливании минерала **А** массой 3,82 г образуется **Б** (потеря массы составляет 1,08 г) (реакция 1).

Если же обрабатывать минерал **А** соляной кислотой (реакция 2), то образуется только три продукта, один из продуктов – **В** - можно найти даже в аптеке (раньше **В** называлось успокоительной солью Гомберга). Известно, что при реакции **В** с тремя эквивалентами метанола в среде серной кислоты образуется **Х** (реакция 3), в котором массовая доля элемента **Э** составляет 10,58% по массе.

После длительного прокаливании **В** образуется оксид **Г** (реакция 4). Обработка **Г** плавиковой кислотой приводит к **Д** (реакция 5), молекула которого имеет плоское строение. **Д** также можно получить реакцией **У** с фтором (реакция 6). При прокаливании **Г** с магнием можно получить элемент **Э** в виде простого вещества **У** (реакция 7), однако параллельно этой реакции протекает реакция с образованием **Р**, содержащего **Э** с массовой долей 47,83% масс. (реакция 8).

Последующая обработка **Д** веществом **Е**, широко используемым в качестве восстановителя в органической химии и также содержащем **Э** (массовая доля **Э** в **Е** 28,95% масс.), приводит к выделению газа **Ж** (реакция 9). Молекула **Ж** не является плоской. **Ж** можно получить из **Р** в реакции с соляной кислотой в присутствии магния (реакция 10); либо реакцией **Д** с гидридом натрия (реакция 11).

Если проводить реакцию **Ж** с аммиаком при нагревании, образуется соединение **К** (реакция 12) – неорганический аналог бензола.

Вопросы:

1. Определите все неизвестные вещества и подтвердите это расчётом, если во все вещества входит элемент **Э**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
3. Соединение **З** и бензол обладают общим «свойством». Предположите и объясните какие еще аналоги **З**, содержащие элемент **Э**, обладают этим «свойством».

Решение:

Решение задачи можно начать с определения элемента **Э** – это можно сделать разными путями:

1. По описанию вещества **А** – минерала «тинкала» понять, что речь идет о буре.
2. Зная, что с веществом **В** реагирует 3 эквивалента метанола, можно рассчитать атомную массу **Э**. Указание на проведение реакции в присутствии серной кислоты дает подсказку на получение метилового эфира, значит скорее всего **В** - кислота: $Ar(\text{Э})/3 \cdot Mr(\text{CH}_3\text{O}) = 10,58/(100 - 10,58)$ $Ar(\text{Э}) = 11$ а.е.м $\Rightarrow \text{Э} = \text{В}$ Тогда **В** – борная кислота.

3. Неорганический аналог бензола – боразол.

Определив элемент **Э** и вещество **А**, можно используя несложный расчет определить формулу **Б**. Так как **А** – кристаллогидрат логично предположить, что при его нагревании будет происходить отщепление молекул кристаллизационной воды: $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O \rightarrow Na_2B_4O_7 \cdot xH_2O + yH_2O$

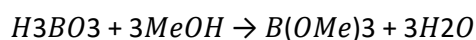
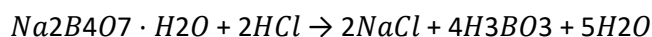
$$x + y = 10$$

$$n(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = n(H_2O)/y$$

Решая данную систему получаем, что **Б** - $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$

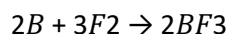
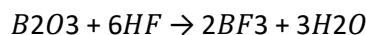
Соответствующая реакция прокаливания: $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O \rightarrow Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O + 6H_2O$

Определив вещество **В**, запишем уравнение второй и третьей реакций:



При прокаливании борной кислоты образуется оксид бора(III) - **Г**: $2H_3BO_3 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O$

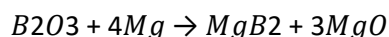
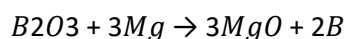
Указание на то, что продукт обработки **Г** плавиковой кислотой имеет плоское строение, однозначно дает понять, что **Д** – трифторид бора:



Реакция прокаливания оксида бора в присутствии металлического магний протекает с образованием простого вещества **У** – В и оксида магния, тогда можно предположить, что побочная реакция протекает с образованием вещества $MgxBy$, зная массовую долю бора можем найти формулу вещества **Р** :

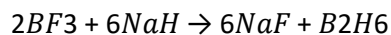
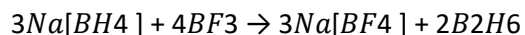
$$11y/24x = 47,83/52,2 \Rightarrow y = 2x$$

Откуда получаем что в простейшая формула **Р** соответствует MgB_2



Вещество **Е** определяется нетрудно - $Na[BH_4]$, данное предположение легко подтверждается расчетом.

Различные реакции получения **Ж**, описанные в задаче, и указание на то, что молекула **Ж** не имеет плоского строения указывает на то, что речь идет о диборане – B_2H_6



Реакция получения неорганического аналога бензола:

