

Задача:

Каждый год химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова проводит День химика, посвященный очередному элементу Периодической таблицы Д.И. Менделеева. В этом Дне химика с удовольствием принимают участие и составители задач «Высшей пробы» – студенты и преподаватели кафедры РАН химфака МГУ, Высшего химического колледжа РАН, Факультета химии Высшей школы экономики; сотрудники институтов Российской академии наук. В 2020 году День химика посвящен элементу, проявляющего все характерные для его группы химические свойства. Обозначим его X.

Водный раствор соединения, содержащего элемент X и водород, разъедает стекло, а в присутствии кислорода – серебро и золото. Сам элемент в виде простого вещества легко реагирует с водородом и галогенами. В реакции с кислородом в зависимости от условий образуется ряд веществ – от X_2O_2 до XO_2 , а в присутствии озона — и XO_3 . Этот ряд соединений с кислородом при растворении в воде неизменно образует то самое соединение, которое (см. выше) разъедает стекло, растворяет серебро и золото.

При сгорании на воздухе 500 мг X получено 620,3 мг оранжево-желтого продукта. Продукт полностью растворили в теплой воде так, что образовалось 250,0 см³ раствора. На титрование 25,0 см³ этого раствора требуется 18,79 см³ раствора серной кислоты с концентрацией 0,01 моль/дм³.

1. Определите неизвестный металл и оранжево-желтый продукт, полученный при сгорании.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций

Решение:

Описанные свойства могут указывать на цезий. Проверим данное предположение расчетом. На титрование затрачено $18,79 \cdot 10^{-5}$ моль серной кислоты. Так как титровали одну десятую общего количества полученного раствора, то на весь раствор ушло бы $18,79 \cdot 10^{-4}$ моль серной кислоты. Считая, что в растворе гидроксид одновалентного металла, получаем, что этого гидроксида – $37,58 \cdot 10^{-4}$ моль.

Так как гидроксид получен из 0,5 г металла, легко определить, что атомная масса металла — 133, то есть это действительно цезий.

Определим оранжево-желтый продукт окисления:

На 0,5 г цезия он содержит 0,1203 г кислорода. Тогда на 133 г (1 моль) цезия в этом продукте приходится 32 г кислорода, его формула CsO_2 .

Уравнения реакций:

- $2Cs + O_2 \rightarrow Cs_2O_2$
- $Cs + O_2 \rightarrow CsO_2$
- $2Cs_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 4CsOH + O_2$

- $4\text{CsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{CsOH} + 3\text{O}_2$
- $2\text{Cs} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{CsH}$
- $2\text{Cs} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{CsCl}$
- $2\text{CsOH} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cs}_2\text{SiO}_3$
- $4\text{CsOH} + 4\text{Au} + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Cs}[\text{Au}(\text{OH})_4]$
- $4\text{CsOH} + 4\text{Ag} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Cs}[\text{Au}(\text{OH})_2]$