

Задача 5.

Твердое вещество **А** - минерал, который входит в состав зубной эмали и представляет собой безводную смешанную соль (содержит атомы одного металла и кислотные остатки двух различных кислот). При обработке образца вещества **А** строго рассчитанным объёмом водного раствора серной кислоты при 220 °С сформировался осадок соли **Б** массой 51 г, содержащий 23,53 % серы (по массе). При внесении небольшого количества **Б** в бесцветное пламя окраска пламени меняется на кирпично-красную. Из оставшегося после растворения минерала **А** раствора методом вакуумной отгонки (метод позволяет собирать газы, хорошо растворимые в жидкостях) собрали газ **В**, разрушающий стеклянную посуду. При в растворе осталось вещество **Г**. Объём газа **В** после приведения к нормальным условиям составил 1680 мл. Известно, что молекулы газа **В** в 10 раз тяжелее молекул водорода. После полной нейтрализации оставшегося в растворе вещества **Г** раствором гидроксида калия образовалось вещество **Д**. При прибавлении к полученному раствору вещества **Д** раствора нитрата серебра выпадает 94,275 г желтого осадка соли **Е**, состоящей из трех элементов. Соль **Е** растворима в азотной кислоте.

1. Определите состав веществ **Б** - **Е** и состав минерала **А**.
2. Приведите уравнения всех описанных химических реакций.
3. Для чего в промышленности используется процесс растворения вещества **А** в серной кислоте?
4. Используя полученные при решении задачи знания о веществе **А**, объясните одну из причин возникновения заболевания зубов у человека, учитывая, что вещество **А** входит в состав зубной эмали.

РЕШЕНИЕ

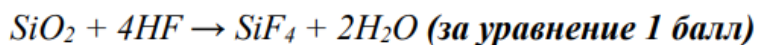
Так как растворение минерала А проводили серной кислотой, то очевидно Б – сульфат какого-то металла, разложение сульфата при температуре эксперимента маловероятно. В составе соли вряд ли может быть более 3 сульфат-анионов. $M(\text{сульфат}) = x(S) \cdot M(S) / \omega(S) = x(S) \cdot 32 / 0,2353 = 136 x(S)$, где $x(S)$ – число атомов серы и число сульфат- анионов.

при $x(S) = 1$ $M(\text{сульфат}) = 136$ г/моль, 96 г/моль приходится на сульфат-анион, на металл приходится 40 г/моль, что соответствует сульфату кальция (совпадает со сведениями по окрашиванию пламени), при других

значениях $x(S)$ подобрать металл невозможно. То есть $B - CaSO_4$, в состав A входили ионы кальция. (за определение B , подтвержденное расчетом, 2 балла, только по описанию свойств 1 балл)

$$n(Ca) = n(CaSO_4) = 51/136 = 0,375 \text{ моль. (1 балл)}$$

Найдем молярную массу газа B . $M = 10 \cdot M(H_2) = 20 \text{ г/моль}$. Среди газов с молярной массой 20 г/моль разрушение стеклянной посуды вызывает только фтороводород.

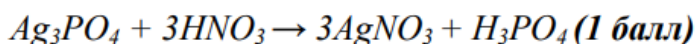
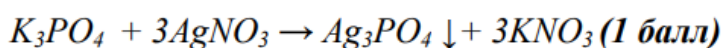
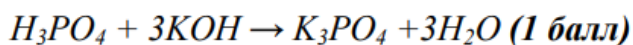


следовательно, газ B – фтороводород, таким образом, в состав A входили фторид-анионы. (за определение B , подтвержденное расчетом, 2 балла, только по описанию свойств 1 балл)

$$n(F) = n(HF) = 1,68/22,4 = 0,075 \text{ моль. (1 балл)}$$

По описанию свойств осадок E – фосфат серебра (желтый, растворим в азотной кислоте). (1 балл)

Тогда D – фосфат калия (продукт полной нейтрализации) (1 балл), G – фосфорная кислота. (1 балл) Тогда в состав A входили фосфат-анионы.



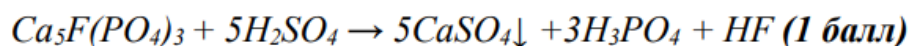
$$\text{Тогда } n(Ag_3PO_4) = n(PO_4) = 94,275/419 = 0,225 \text{ моль. (1 балл)}$$

Определим состав минерала

$$n(Ca):n(F):n(PO_4) = 0,375:0,075:0,225 = 5:1:3.$$

Тогда состав минерала A $Ca_5F(PO_4)_3$ – фторапатит. (также правильно удвоенные $Ca_{10}F_2(PO_4)_6$ или $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$) (3 балла)

Уравнение реакции растворения (допустимо на удвоенную формулу)



Растворение фторапатита в серной кислоте – основа экстракционного способа получения фосфорной кислоты в промышленности (принимать как способ получения сульфата кальция и фтороводорода). (1 балл)

Фторапатит – один из компонентов зубной эмали - разрушается под действием кислот, выделяемых микроорганизмами в ротовой полости, что является причиной развития кариеса. (1 балл)

