

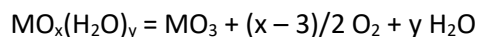
Задача:

Некоторый минерал можно в общем виде представить формулой $\text{MO}_x(\text{H}_2\text{O})_y$ (x и y — целые числа). При выдерживании образца минерала массой 1,000 г при температуре выше 500°C он разложился с образованием твердого оксида, имеющего формулу MO_3 , молекулярного кислорода и паров воды. Продукты, газообразные при 500°C , полностью собрали в металлический сосуд объемом 250 мл. При температуре 200°C давление в сосуде составило 1420 мм рт. ст. При охлаждении до 25°C пары воды частично сконденсировались, в результате чего давление упало до 123,2 мм рт. ст. Давление насыщенного пара воды при этой температуре составляет 23,8 мм рт. ст.

1. Определите значения x и y в формуле минерала. Считайте универсальную газовую постоянную равной $0,082 \text{ (л*атм.)/(моль*K)}$, а $1 \text{ атм.} = 760 \text{ мм рт. ст.}$
2. Определите металл M . Приведите рассуждения и расчеты, необходимые для обоснования вашего решения.
3. Какую степень окисления имеет металл в минерале? Дайте пояснение

Решение:

1) Прежде всего стоит написать уравнение реакции разложения минерала:



2) Определим количества образовавшихся летучих продуктов, пользуясь уравнением Клапейрона–Менделеева: $PV = nRT$. При 200°C в газовой фазе находятся и кислород, и вода: $P = 1420 : 760 \text{ (атм)}$, $V = 0.25 \text{ л}$, $T = 473 \text{ К}$, $R = 0,082 \text{ (л*атм.)/(моль*K)}$

$$n(\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2) = 0,012 \text{ моль.}$$

При 25°C давление паров воды составляет 23,8 мм рт. ст., если вычесть его из общего давления 123,2 мм рт. ст, получим 99,4 мм рт. ст. = давление кислорода.

$$P = 99,4 : 760 \text{ (атм)}, V = 0.25 \text{ л}, T = 298 \text{ К}, R = 0,082 \text{ (л*атм.)/(моль*K)}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,00134 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,012 - 0,00134 = 0,01066 \text{ моль}$$

3) Масса газообразных продуктов составит: $18 \times 0,01066 + 32 \times 0,00134 = 0,235 \text{ г.}$

Масса оксида: $1,000 - 0,235 = 0,765 \text{ (г)}$ Определим x и y .

Из уравнения реакции видно, что $x > 3$. Если $x = 4$, то по уравнению реакции количество вещества MO_3 в два раза больше количества кислорода, т.е. получено $0,00134 \times 2 = 0,00268 \text{ моль}$ оксида металла. Молекулярная масса оксида: $0,765 : 0,00268 = 285,44$, отсюда атомная масса металла равна 237,44, что соответствует урану. (По атомной массе подошел бы и нептуний, но минералов нептуния не существует). При $x = 5$ и больше реального металла не получается, таким образом $x = 4$, металл $M =$

уран. По уравнению реакции получено 0,5 моль кислорода и y моль воды. Так как реальное количество воды больше количества кислорода в $0,01066 : 0,00134 \approx 8$ раз, то **$y = 4$** .

4) Формула минерала $\text{UO}_4(\text{H}_2\text{O})_4$, и на первый взгляд, степень окисления урана 8. Но это невозможно, так как у урана всего 6 валентных электронов. Единственным возможным объяснением такой ситуации является предположение, что часть кислорода находится в виде пероксида, т.е. фактически имеет степень окисления минус 1. Так как уран в низшей степени окисления не может находиться совместно с таким сильным окислителем как пероксид, то степень окисления урана +6, а формулу минерала можно записать как $\text{UO}_2(\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_4$.