

Задача 5.

Образец металла X массой 28 г оставили на воздухе на продолжительное время, после чего повторно определили его массу, которая составила 32,38 г. Образец металла, выдержанного на воздухе, разделили на две равные части. Одну часть полностью растворили в избытке соляной кислоты, при этом выделилась смесь двух газов объемом 21,504 л (н. у.) и средней молярной массой смеси 2,875 г/моль. Вторую часть полностью растворили в воде, при этом выделилась смесь двух газов объемом 21,28 л (н. у.) и средней молярной массой смеси 2,158 г/моль.

1) Определите металл X.

2) Определите состав обеих газовых смесей, образовавшихся при обработке образцов соляной кислотой и водой.

3) Напишите уравнения всех описанных в задаче реакций, укажите те уравнения реакций, которые могли привести к увеличению массы исходного образца металла.

Приведите все необходимые рассуждения и расчеты.

Решение: Средние молярные массы смесей газов указывают на то, что в состав каждой из них входит H_2 и еще какой-то газ. Вероятно, водород образовался в первом случае в результате реакции металла с кислотой, а во втором случае – с водой (причем его выделилось одинаковое количество). Количество первой смеси газов – 0,96 моль, а второй – 0,95 моль. Вероятно, второй газ в первой смеси – это CO_2 , образовавшийся в результате реакции карбоната металла X. Примем количество водорода за x моль, тогда $2,875 \cdot 0,96 = 2x + 44(0,96 - x) \Rightarrow x = 0,94$. Таким образом, количество водорода – 0,94 моль, а углекислого газа – 0,02 моль. Теперь определим второй газ во второй смеси. Примем его молярную массу за M , тогда $2,158 \cdot 0,95 = 2 \cdot 0,94 + M \cdot 0,01 \Rightarrow M = 17$ г/моль, что соответствует аммиаку. Таким образом, прибавка в массе обусловлена также нитридом металла X. В предположении, что металл одновалентен получим, что количество данного металла в изначальном кусочке превышает $2 \cdot 1,88$ моль (поскольку выделилось 0,94 моль водорода), то есть молярная масса металла меньше 7,45 г/моль, что соответствует только литию. Если увеличение массы кусочка происходило бы только за счет нитрида и карбоната, то его бы масса составила 30,68 г, что не соответствует условию. То есть увеличение массы обусловлено еще каким-то веществом. Для половины кусочка 1,88 моль лития осталось, 0,04 моль превратилось в карбонат, а 0,03 моль – в нитрид. Остальные 0,05 моль соответствуют 1,2 г, то есть еще одно вещество – это гидроксид лития.

Реакции: $2Li + 2HCl = 2LiCl + H_2$

$LiOH + HCl = LiCl + H_2O$

$Li_2CO_3 + 2HCl = 2LiCl + H_2O + CO_2$

$Li_3N + 4HCl = 3LiCl + NH_4Cl$

$2Li + 2H_2O = 2LiOH + H_2$

$Li_3N + 3H_2O = 3LiOH + NH_3$

Прирост массы возможен за счет следующих реакций:

$2Li + 2H_2O = 2LiOH + H_2$

$2LiOH + CO_2 = Li_2CO_3 + H_2O$

$6Li + N_2 = 2Li_3N$

$4Li + O_2 = 2Li_2O$

Критерии:

Обоснованное определение металла X, подтвержденное расчетом – 5 баллов (без расчета – 1 балл). Определение составов газовых смесей, подтвержденное расчетом – 6 баллов (без расчета – за каждую смесь по 0,5 балла)

Определение гидроксида, карбоната и нитрида лития – по 1,5 балла – итого 4,5 балла

9 реакций по 0,5 балла – итого 4,5 балла

Суммарно 20 баллов.

