

Задача:

2.13 г средней соли **A** элемента **X** легко реагируют с 600 мл 0.05 моль/л раствора гидроксида натрия с образованием 0.78 г белого осадка **B**. Однако, если добавить ещё 200 мл NaOH с той же концентрацией, весь выпавший осадок растворится и образуется 1.18 г. соединения **C**. Если же прокалить **B** при температуре 600°C образуется вещество **D**. Потеря массы при этом составит 34,62%.

1. Определите все вещества **A – D**, элемент **X**, и напишите уравнения всех описанных реакций. Все свои предположения подтвердите расчётом.

Известно, что вещество, образованное элементом **X**, используют в металлургии для получения металлов из их оксидов. Например, таким способом можно получать Cr из  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , а в качестве побочного продукта образуется вещество **D**.

2. Как называют метод получения металлов с помощью **X**? Напишите уравнения реакции получения хрома из его оксида. Экзотермическим или эндотермическим является этот процесс?

Оказалось, что если вместо **A** взять непосредственно элемент **X** и подействовать щёлочью на него, то сразу же образуется **X**, а также выделяется лёгкий газ **E**, молярная масса которого меньше массы гелия.

3. Напишите уравнение реакции и определите газ **E**.

Решение:

1. При реакции средней соли и гидроксида натрия, вероятнее всего, будет выпадать осадок гидроксида элемента X.  $n(\text{NaOH}) = 0.05 \cdot 0.6 = 0.03$  моль. Соответственно, в зависимости от образующегося гидроксида  $\text{X}(\text{OH})_m$   $n(\text{X}(\text{OH})_m) = 0.03/m$ . Тогда  $M(\text{X}(\text{OH})_m) = 0.78 \cdot m / 0.03$ .

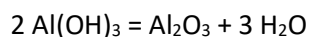
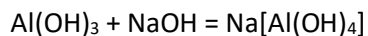
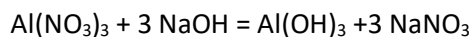
m	1	2	3
$M(\text{X}(\text{OH})_m)$	26 г/моль	52 г/моль	78 г/моль
$M(\text{X})$	9 г/моль	18 г/моль	27 г/моль

Конечно, молярная масса 9 г/моль соответствует бериллию, однако он не образует гидроксида  $\text{BeOH}$ . А вот при  $m=3$  получаем, что **X** – Al, а **B** –  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Рассчитать соль **A** теперь не составляет труда, зная, что  $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.03/3 = 0.01$  моль.  $M(\text{A}) = 2.13 / 0.01 = 213$  г/моль, что соответствует  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ .

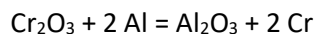
Вторая порция гидроксида содержит  $n(\text{NaOH}) = 0.05 \cdot 0.2 = 0.01$  моль. Значит, гидроксид алюминия и натрия смешали в эквимольных количествах, в результате чего образуется гидроксокомплекс  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ , что согласуется с расчётами.  $M(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 1.18 / 0.01 = 118$  г/моль.

При прокаливании гидроксида улетает вода и образуется оксид  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Исходя из потери массы,  $m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.78 \cdot (1 - 0.3462) = 0.51$  г.  $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.01$  моль. Учитывая стехиометрию реакции, получаем  $n(\text{D}) = 0.005$  моль.  $M(\text{D}) = 0.51 / 0.005 = 102$  г/моль, что и

правда соответствует оксиду алюминия.

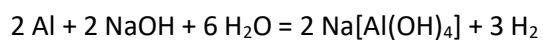


2. Метод получения металлов из их оксидов с помощью алюминия называется  
алюмотермией.



Конечно, реакция экзотермическая и сопровождается обильным выделением тепла.

3. Как известно, алюминий растворяется в щелочах с образованием гидроксокомплексов и выделением водорода. Собственно, водород - единственный газ, который легче гелия.



**Х-Аl**   **А-Аl(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>**   **В-Аl(OH)<sub>3</sub>**   **С-Na[Al(OH)<sub>4</sub>]**   **D-Аl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**   **Е-H<sub>2</sub>**