



Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 7. Нанонити

1. Из условия известно, что при нагревании до 370°C из образца удаляется вода. Рассчитаем молекулярную массу $\text{MX} \cdot \text{H}_2\text{O}$:

$$M = 18 / 0,0471 = 382 \text{ г/моль}$$

Отметим, что вещество обладает окислительными свойствами, так как способно реагировать с алюминием при нагревании. Таким поведением обладают высшие оксиды ряда металлов, а также полигалогениды. Очевидно, что полигалогениды не подходят, так как их разрушение при нагревании происходит в диапазоне температур, где удаляется только структурная вода. В числе оксидов, способных окислить алюминий при повышенных температурах, большое число металлов (см. Алюмотермия или Алюминотермия).

Из условия известно, что оксид медленно растворяется в азотной кислоте, приводя к раствору бледно-желтого цвета. Окрашивание раствора может быть связано с образованием катиона металла. Многие металлы, высшие оксиды которых могут восстанавливаться методом алюмотермии, окрашивают водный раствор за счет образования аква-комплексов.

Важной является информация о том, что растворимость образца повышается при добавлении перекиси водорода, приводящей к образованию бордового раствора. Комплексные соединения с пероксид-анионом O_2^{2-} характерны лишь для нескольких металлов, при этом яркое окрашивание дают титан, ванадий, хром.

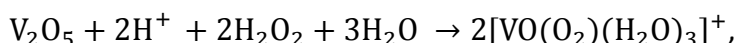
Высший оксид ванадия V_2O_5 способен взаимодействовать с перекисью водорода таким образом, что протекает частичное восстановление желтого V(V) до синего V(IV), что и приводит к окрашиванию раствора в бордовые и коричневые цвета. $M(\text{V}_2\text{O}_5) = 182 \text{ г/моль}$. Молярная масса 382 г/моль соответствует 2 молям V_2O_5 и 1 молю воды. Состав нанонитей соответствует формуле $2\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.

2. Растворение гидратированного оксида ванадия протекает по реакции:

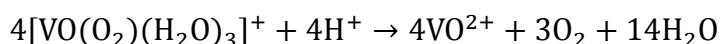


при этом образуется катион VO_2^+ , окрашивающий раствор в желтый цвет.

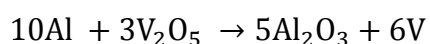
Реакция оксида ванадия с перекисью водорода приводит к образованию комплексного катиона (упрощенная формула VO_3^+):



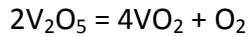
который в сильноокислой среде восстанавливается до катиона ванадила VO^{2+} :



При взаимодействии нанонитей оксида ванадия с алюминием возможно протекание следующей реакции:



При термической обработке выше 650°C оксид разлагается, что сопровождается изменением цвета и выделением кислорода:



3. В состав продукта гидротермального синтеза нанонитей $V_2O_5 \cdot 0.5H_2O$ входит вода, присутствие которой недопустимо в ячейке. Взаимодействие воды с литиевым электродом приводит к реакции с выделением водорода и теплоты и пассивации анода. По этой причине нанонити не могут применяться в литий-ионных аккумуляторах в полученном виде. В то же время, возможно применение обезвоженного продукта.
4. В химической промышленности продукт дегидратации нанонитей, декорированный наночастицами золота, может быть актуален в процессах конверсии углеводов в реакциях окисления и аммонолиза.