



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 9. Там еще есть пустое место!

1.

- а) Приведенная на рисунке гранецентрированная кубическая ячейка содержит $1/4 \cdot 8 + 1/2 \cdot 6 = 4$ наночастицы **N**.
- б) Тетраэдрические пустоты (**T**) лежат внутри куба на его больших диагоналях (по две на каждой), всего их будет **8**. Центры октаэдрических пустот (**O**) лежат на ребрах куба, каждая такая пустота принадлежит ячейке только на четверть, еще одна октаэдрическая пустота находится в центре (принадлежит полностью кубической ячейке), следовательно, их будет $12/4 + 1 = 4$.
- в) Таким образом, соотношение наночастиц и пустот обоих типов составляет **N:T:O = 1:2:1**. Возможные составы **NZ₂**, **NZ**, **NZ₃**, соответственно, отвечают стехиометрическому заполнению тетраэдрических, октаэдрических и обоих типов пустот одновременно.

2.

- а) Найдем массу одного моля наночастиц **N**, основываясь на их радиусе r_{NP} и плотности **Y**:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{nM/N_A}{a^3} = \frac{nM/N_A}{(2\sqrt{2}r_{NP})^3}$$

где n – число частиц **N**, приходящееся на ячейку, M – молярная масса **N**, a – параметр элементарной ячейки (сторона куба, диагональ грани которого равна $4r_{NP}$).

$$M = \frac{\rho N_A (2\sqrt{2}r_{NP})^3}{n} = \frac{1,682 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 16\sqrt{2} \cdot 0,501^3 \cdot 10^{-21}}{4} = 720,5 \text{ г/моль.}$$

- б) Поскольку при заполнении пустот объем вещества не меняется (т.к. по условию не меняется способ и плотность паковки), то для 1 см^3 **Y**:
- при образовании **B (NZ_n)** реагируют 1,682 г **Y** и $1,955 - 1,682 = 0,273$ г **Z**,
 - при образовании **C (NZ_m)** реагируют 1,682 г **Y** и $1,864 - 1,682 = 0,182$ г **Z**,

$$0,273 / 0,182 = n / m = 1,5.$$

Такому соотношению отвечают только $n=3$ и $m=2$, соответствующие стехиометрическому заполнению тетраэдрических и октаэдрических пустот в **B** и только тетраэдрических в **C**.

1 куб. см вещества с молярной массой 720,5 имеет массу 1,682 г

1 куб. см вещества с молярной массой $720,5 + 2M(\mathbf{Z})$ имеет массу 1,864 г

Тогда $M(\mathbf{Z}) = (720,5 \cdot 1,864 / 1,682 - 720,5) / 2 = 38,98$ г /моль – это калий.

Значит, формулы **B** и **C** – **NK₃** и **NK₂**.

Газ **E**, образующийся при сгорании и при действии кислоты на **D** (калиевую соль), очевидно, – оксид, образующий с водой слабую кислоту. Поскольку он содержится в атмосфере, а газ **G** имеет молярную массу в 22 раза меньше, то это – **CO₂** и **H₂**, соответственно.

Зная молярную массу наночастицы и то, что она содержит углерод, находим, что **N** – фуллерен C_{60} .

Зная массовую долю калия в **C** (из пункта «б» решения $0,182/1,864 \cdot 100\% = 9,76\%$), мы по соотношению массовых долей из условия можем найти массовую долю калия в **A**: $9,76 \cdot 2,96 = 28,89\%$. Поскольку оно, как **B** и **C**, является соединением с углеродом, находим его формулу KC_8 . Так как при реакции **A** со спиртом выделяется водород и образуется углерод, имеющий по микрофотографии явную слоистую структуру, то оно (как и **B** с **C**) является соединением внедрения (интеркалятом).

Следовательно, **Y** – графит (сложен из слоев графена), а **X** – фуллерит (состоит из частиц фуллерена).

3. Эксфолиированный графит (стопки листов). Продукты реакции KC_8 с этанолом (водород и алкогольат) «разрывают» слои графита на отдельные листы графена и их стопки:

