



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 1. Наноалмазы

Общие замечания.

К сожалению, очень немногие отвечали на вопросы самостоятельно, т.е. старались выразить своими словами свои мысли. Этим немногим людям мы давали дополнительные очки. Многие другие механически копировали тексты из интернета. За бессмысленное копирование мы снижали оценки.

1. Внимательно прочтите вопрос! Речь идет не просто о свойствах наноматериала, а о сравнении наноматериала и кристаллического вещества.

Во всем объеме кристаллического вещества атомы (или молекулы) расположены в определенном порядке. Говорят, что в кристалле существует «дальний порядок» в расположении атомов (молекул). Наноматериалы состоят из отдельных наночастиц. В них «дальнего порядка» нет. Атомы упорядочены только в объеме отдельной наночастицы. Так устроены наноалмазы.

Многие отмечали, что у наноалмазов высока доля поверхностных атомов. Неплохое соображение! Но, это скорее свойство отдельной наночастицы, а не наноматериала. Наночастицы в наноматериале обязательно слипаются, и доля поверхностных атомов падает. А, вот, «дальний порядок» при слипании возникнуть не может.

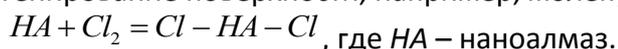
2. При взрыве на короткое время возникает область высокой температуры и высокого давления. Под действием высокой температуры газообразные молекулы углеродосодержащих веществ распадаются на атомы. Затем происходит конденсация углерода, образуются углеродные наночастицы. При высокой температуре и высоком давлении термодинамически выгодной модификацией углерода является алмаз, а не графит. Поэтому образующиеся наночастицы имеют структуру алмаза (гибридизация sp^3). Размер алмазной наночастицы определяется временем существования зоны нужной высокой температуры и нужного высокого давления.

Температура и давление спадают быстро. При комнатной температуре и атмосферном давлении термодинамически выгодной модификацией углерода является графит. Однако, скорость превращения алмаза в графит в этих условиях очень мала. Размер алмазных наночастиц, образовавшихся при высоких температуре и давлении, не меняется.

Правильный ответ складывается из подчеркнутых фраз. Многие бездумно вставляли в свою работу файлы из интернета. За такие ответы – 1,5 балла, в лучшем случае.

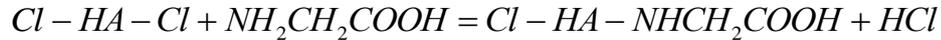
3. Атомы углерода в алмазе имеют sp^3 гибридизацию. Атомы на поверхности наноалмазной частицы имеют по одной «свободной связи». Поэтому, они могут вступать в реакции присоединения, например, с галогенами: хлором, фтором, бромом, йодом.

Первая стадия – галогенирование поверхности, например, молекулярным хлором



Можно использовать другие хлорирующие агенты. Любое галогенирование считалось правильным ответом.

Вторая стадия – замещение галогена на поверхности при взаимодействии с аминокислотой:



Некоторые авторы предлагали на первой стадии окислить поверхность различными способами. Однако, в этом случае трудно будет провести реакцию замещения.

Кое-кто скопировал из интернета патент, в котором описан синтез конъюгата (нанокомпозита) наноалмаза с глицином. За копирование без всяких комментариев – максимум, 2 балла.

4. Алмазы и наноалмазы обладают высокой теплопроводностью. Предложено использовать коллоидные растворы наноалмазов в воде в качестве теплопроводящих жидкостей. Максимальная концентрация наноалмазов в воде – около 10 весовых%. Коэффициент теплопроводности чистой воды равен $\kappa=0.6$ Вт / (м*К) а для раствора содержащего 1.5 объемных % алмаза он увеличился на 3%. Увеличение коэффициента теплопроводности (в %) пропорционально объемной доле наноалмаза в коллоидном растворе. На какой максимальный коэффициент теплопроводности можно рассчитывать для теплопроводящей жидкости на основе водного раствора наноалмазов? Плотность наноалмаза составляет 3.5 г/см³. Считайте, что добавка наноалмаза не изменяет плотность воды (4 балла).

Здесь было предложено два решения.

Решение 1.

Концентрация наноалмаза в весовых и объемных процентах определяется по формулам

$$c(\%) = \frac{M_{алмаз}}{M_{алмаз} + M_{вода}} \times 100$$

$$v(\%) = \frac{V_{алмаз}}{V_{раств}} \times 100$$

Связь между c и v дается соотношением

$$v = \frac{c}{\rho_{алмаз}} \times \rho_{воды}$$

В этом случае, мы считаем, что плотность раствора равна плотности чистой воды (см. последнюю фразу Условия!)

Коллоидный раствор, с концентрацией 10% весовых соответствует

$$v(\%) = \frac{10}{3,5} \times 1 = 2,85\%$$

Таким образом, максимальное увеличение коэффициента теплопроводности может составить

$$\Delta\nu(\%) = \frac{2,85}{1,5} \times 3 = 5,7\%$$

Максимальный коэффициент теплопроводности составит

$$\kappa = 0,6 + 0,6 \times 0,057 = 0,634 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$$

Решение 2.

Возьмем 100 г коллоидного раствора с максимальной концентрацией наноалмазов. Он содержит 10 г наноалмазов (объем $10/3.5 = 2.9 \text{ см}^3$) и 90 г воды (объем 90 см^3). Объемная доля наноалмазов равна: $2.9 / (90+2.9) = 0.031 = 3.1\%$.

В этом случае мы предполагаем, что объем раствора равен сумме объемов составляющих.

Таким образом, максимальное увеличение коэффициента теплопроводности может составить

$$(3,1/1,5) \times 3 = 6,2\%$$

Максимальный коэффициент теплопроводности будет равен

$$\kappa = 0,6 + 0,6 \times 0,062 = 0,637 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$$

Оба решения считались верными!