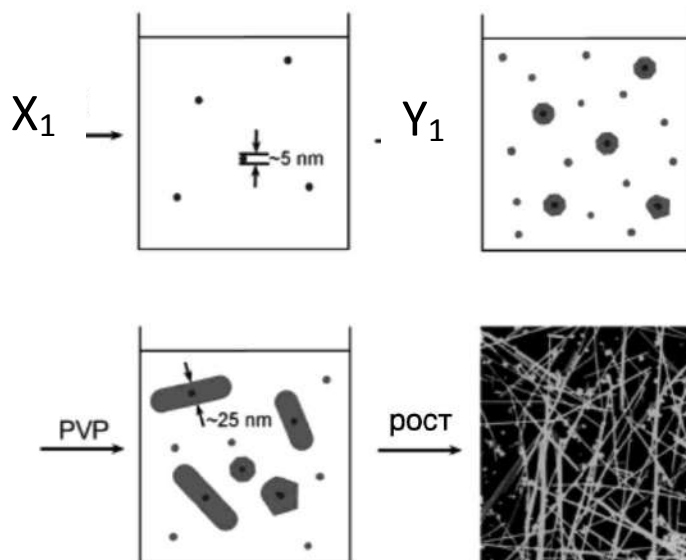




## Химия для школьников 7 – 11 класса (заключительный этап) Сложные задачи

### Задача 6. Синтез нанопроволок (20 баллов)

По одному из методов синтез нанопроволок  $Y$  проводят следующим образом. Сначала в этиленгликоль, содержащий некоторое количество воды, добавляют несколько капель раствора вещества  $X_1$  в этиленгликоле и смесь нагревают до 160 °С. При этом происходит выделение газа, не поддерживающего горение (*реакция 1*). Однако ввиду низкой концентрации этого газа никаких пузырьков не наблюдается. Образовавшийся раствор содержит в себе наночастицы простого вещества  $X$ , выступающие в роли затравок при синтезе нанопроволок. На следующей стадии в раствор вводят вещество  $Y_1$  и продолжают нагревание. При этом наночастицы увеличиваются в размере, так как на них кристаллизуется простое вещество  $Y$ , образуемое при взаимодействии  $Y_1$  с этиленгликолем (*реакция 2*). Эта реакция также сопровождается образованием газообразного продукта, аналогично реакции 1. Введение поливинилпирролидона (PVP) направляет рост наночастиц таким образом, что их форма начинает отклоняться от сферической. Так образуются нанопроволоки  $Y$ . Весь процесс можно представить схемой:



Вещество  $X_1$  представляет собой коричневый порошок, плохо растворимый в воде, но растворимый в соляной кислоте. При внесении в этот раствор медной фольги раствор окрашивается в зеленый цвет, а на поверхности фольги образуется серый налет простого вещества  $X$  (*реакция 3*). Вещество  $X_1$  может быть получено из  $X$  по реакции с хлором (*реакция 4*), причем из 1.000 г  $X$  образуется 1.350 г  $X_1$  (выход 99%).

Известно, что масса медной фольги, внесенной в 200 г 1.70%-го раствора  $Y_1$ , после окончания реакции (*реакция 5*) возрастает на 1.52 г, причем поверхность фольги покрывается серым налетом  $Y$ . Термическое разложение  $Y_1$  приводит к образованию серого порошка  $Y$  и выделению бурого газа (*реакция 6*). При действии на 200 г 1.70%-го раствора  $Y_1$  избытка хлорида натрия образуется белый творожистый осадок  $Y_2$  массой 2.87 г (*реакция 7*).

1. Определите неизвестные вещества  $X$ ,  $X_1$ ,  $Y$ ,  $Y_1$ ,  $Y_2$ . Подтвердите расчетом. (9 баллов)
2. Запишите уравнения реакций 1 – 7. (9 баллов)
3. Какое применение находят полученные нанопроволоки? (2 балла)

### Задача 7. Синтез в нанореакторах (20 баллов)

Синтез наночастиц бинарного соединения **X** был проведён в три стадии:

- а) к исходному раствору, содержащему 3.6 г нитрата двухвалентного металла **M**, добавили избыток раствора гидроксида натрия, выпавший вначале осадок растворился в избытке щелочи;
- б) к полученному раствору прибавили раствор тиомочевины;
- в) после перемешивания данной системы в неё сразу ввели ПАВ для образования мицелл, в которых и был осуществлён синтез наночастиц.

В результате было получено 2.0 г наночастиц. При этом в нанореакторы удалось ввести лишь 77% катионов металла **M**, а все остальные стадии прошли с выходом 100%.

1. Определите металл **M** и состав соединения **X**. Ответ подтвердите расчётами. Атомные массы округляйте до целых чисел. **(5 баллов)**
2. Напишите уравнения химических реакций, упомянутых в методике синтеза. **(6 баллов)**
3. Почему формирование наночастиц произошло именно в мицеллах, а не в момент смешивания реагентов? **(2 балла)**
4. Рассчитайте число синтезированных шарообразных наночастиц, если их радиус равен 3.0 нм, а плотность 7.5 г/см<sup>3</sup>. **(3 балла)**
5. Назовите возможную область применения наночастиц соединения **X**. Почему синтез в нанореакторах делает их использование наиболее предпочтительным? Ответ обоснуйте. **(4 балла)**

### Задача 8. Наносорбент (20 баллов)

Двухслойный оксид графита (ДОГ), (формула наноструктуры  $\text{CO}_{0.34}\text{H}_{0.02}$ ) охотно сорбирует некоторые жидкости на внутренние поверхности за счет взаимодействия с кислородосодержащими группами ( $-\text{O}-$ ) и ( $-\text{OH}$ ), расположенными на этих поверхностях (см. рис. 1)

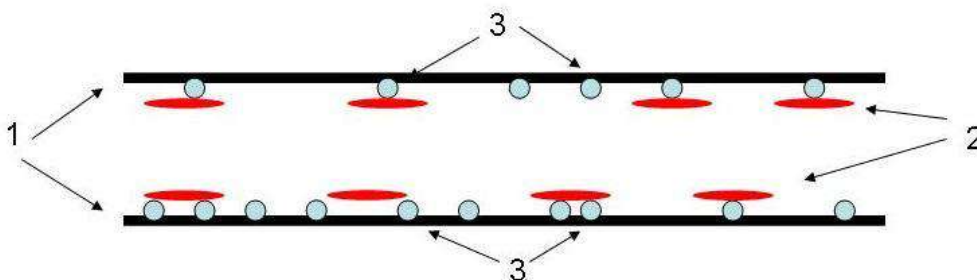


Рис. 1. Двухслойный оксид графита. 1 – графеновый лист, 2 – сорбированные молекулы метанола, 3 – кислородосодержащие группы ( $-\text{O}-$ ) или ( $-\text{OH}$ ) на внутренней поверхности

Метанол, сорбированный в межплоскостное пространство, занимает приблизительно 40% всей внутренней поверхности каждого графенового листа ( $1300 \text{ м}^2\text{г}^{-1}$ ). Одна молекула метанола занимает на поверхности площадь  $18 \text{ \AA}^2$ .

1. Какие из перечисленных жидкостей должен сорбировать ДОГ: вода, метанол, толуол, октан, октанол, гексан, ацетонитрил? **(4 балла)**
2. Каким общим свойством обладают эти жидкости? Каким параметром характеризуется это свойство? **(2 балла)**
3. Сколько граммов метанола сорбировалось внутри 10 мг двухслойного оксида графита? **(6 баллов)**
4. Какова вероятность того, что кислородосодержащая группа на внутренней поверхности ДОГ связана с сорбированной молекулой метанола? Примите, что каждая группа связывает не более одной молекулы метанола. **(8 баллов)**