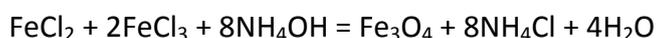




Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 8. Иммуобилизация на наночастицах

1. Взаимодействие растворимых солей некоторых металлов с водным аммиаком – распространенный способ осаждения гидроксидов металлов, которые не способны растворяться в избытке аммиака. По условию, смесь двух распространенных солей соосадили раствором аммиака. Можно предположить, что металл проявляет две разные степени окисления в своих соединениях, причем в одной из степени окисления металл может образовывать комплекс красного цвета с орто-фенантролином – это главная подсказка на Fe^{2+} . Следовательно, **A** – соединение Fe^{2+} , тогда **B** – соединение Fe^{3+} . По массовой доле металлов можно определить, что две распространенные соли **A** и **B** – хлориды железа II и III соответственно. Непосредственно после соосаждения этих двух солей при комнатной температуре образуются так называемые наночастицы магнетита сферической формы диаметром порядка 9 нм, имеющие состав $FeO \cdot Fe_2O_3$ или Fe_3O_4 (**X**).



2. Для образования активной поверхности для осуществления дальнейших задумок поверхность наночастиц промывают (доокисляют) раствором хлорной кислоты. Кроме того, промывание наночастиц раствором хлорной кислоты приводит к повышению их устойчивости и препятствию агрегации (за счет дополнительного электростатического взаимодействия) с образованием непонятных субстратов.
- 3 – 4. Для определения металла **M** можно воспользоваться данными о кислоте **D**: небольшое значение массовой доли водорода может нас натолкнуть на мысль, что кислота образована металлом с большой массой, причем, нужно заметить, что этот металл используется в электронике. Также, **M** растворяется в кислоте, в состав которой входит элемент, у которого органические вещества пахнут чесноком. Этим элементом может быть селен. Селен в высшей степени окисления – хороший окислитель. Значит, кислота, проявляющая окислительные свойства – H_2SeO_4 – селеновая кислота. Известный факт, на котором обычно делается акцент при изучении химии селена и **M**, что селеновая кислота может переводить золото в растворимое состояние. Отсюда, **M** – золото, по массовой доле водорода – **D** – золотохлористоводородная кислота – $HAuCl_4$. Золотохлористоводородную кислоту можно получить при пропускании хлора через раствор соляной кислоты, в котором находится золотой порошок. По результатам титрования и подсказке о том, что кислота куплена в супермаркете (список небольшой: лимонная, аскорбиновая, уксусная) можно определить, что **F** – лимонная кислота, тогда **D** – цитрат натрия. Получается, что **X₁** – наночастицы магнетита, покрытые золотом. (Именно для образования золотой оболочки поверхность активировали хлорной кислотой). Покрытие магнетита золотой оболочкой – одна из разновидностей получения наночастиц золота по методу Туркевича, который предложил кипятить золотохлористоводородную кислоту с восстановителем (в данном случае, цитратом натрия). Для восстановления золотохлористоводородной кислоты с образованием поверхности наночастиц золота можно использовать любые другие восстановители, например: фосфор, трифенилфосфин, борогидрид натрия и др. Но для этих целей удобно и безопасно использовать именно цитрат натрия.



5. После иммобилизации химотрипсина на поверхности золота химик получил наночастицы магнетита, покрытые золотой оболочкой, на поверхности которой находится химотрипсин. Химотрипсин – фермент, который осуществляет в организме гидролиз пептидных связей. После выдерживания **X**₁ с химотрипсином в магнитном поле, эта ферментативная реакция замедлялась, что можно объяснить наномеханическим воздействием на фермент со стороны наночастиц в магнитном поле. Другими словами, изменилась конформация фермента под действием сил поля – произошло скручивание, сжатие, растяжение молекулы и др. процессы, которые, главным образом влияют на структуру фермента и, следовательно, на ход реакции. Это свойство наночастиц (изменять структуру какого-либо иммобилизованного фермента или другого вещества, находящегося на поверхности и замедлять реакцию или сводить её на нет) может найти применение в онкологии.

A – FeCl₂

B – FeCl₃

X – Fe₃O₄ – магнетит

M – золото

C – H₂SeO₃

D – HAuCl₄

E – хлор

F – цитрат натрия