



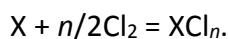
Химия для школьников 7 – 11 класса (заключительный этап)
Сложные задачи. Решения

Решение задачи 6. Синтез нанопроволок (20 баллов)

1. Из описания свойств вещества Y_2 можно предположить, что это – хлорид серебра. Тогда $\nu(\text{AgCl}) = 2.87 / 143.5 = 0.02$ моль.

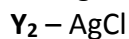
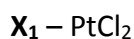
В предположении, что Y_2 находится в эквимольном отношении с Y_1 , получаем молярную массу последнего 170 г/моль, что соответствует нитрату серебра AgNO_3 . Это подтверждает и расчет по уравнению реакции 5.

Вещество X_1 представляет собой хлорид металла X . Для определения вещества X_1 воспользуемся его реакцией с хлором. Из 1.000 г X теоретически должно получиться $1.350 / 0.99 = 1.364$ г хлорида.

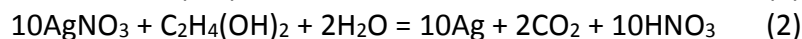


$$\nu(\text{Cl}_2) = (1.364 - 1.000) / 71 = 0.00513 = n/2 \cdot \nu(X) = n/2 \cdot 1/M(X).$$

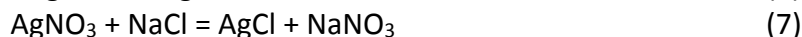
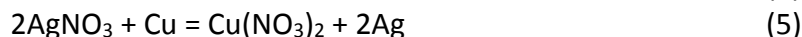
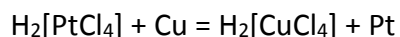
$$M(X) = 97.5n. \text{ При } n = 2, M(X) = 195 \text{ г/моль, это – платина.}$$



2. Уравнения реакций:



или



3. Нанопроволоки представляют собой одномерные проводники, свойства которых значительно отличаются от свойств обычных металлов. Нанопроволоки серебра находят применение в качестве электродов при создании гибких дисплеев. Кроме того, они обладают антибактериальным действием, а также находят применение в оптике.

За определение веществ X и Y – по 3 балла = **6 баллов**.

За определение веществ X_1 , Y_1 , Y_2 – по 1 баллу = **3 балла**.

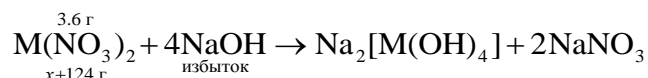
За уравнения реакций 1 и 2 – по 2 балла = **4 балла**.

За уравнения реакций 3 – 7 по 1 баллу = **5 баллов**.

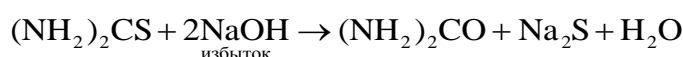
За применение нанопроволок – **2 балла**.

Решение задачи 7. Синтез в нанореакторах (20 баллов)

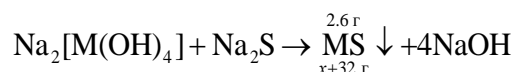
1. Схематично запишем уравнения реакций. Так как взаимодействие нитрата металла с избытком гидроксида натрия приводит к образованию только растворимых соединений, то



Тиомочевина в щелочной среде гидролизуеться, поэтому является источником сульфид-ионов. Значит, соединение **X** – нерастворимый сульфид металла **M**.



Образовавшиеся гидроксиокомплекс металла **M** и сульфид натрия вступают в реакцию внутри мицеллы:



По закону сохранения массы, количества вещества нитрата металла **M**, гидроксиокомплекса металла и сульфида металла равны. Кроме того, масса наночастиц в пересчёте на 100% равна

$$m(\text{MS}) = \frac{2,0 \cdot 100\%}{77\%} = 2,6 \text{ г}$$

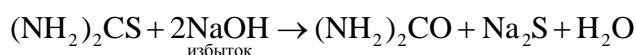
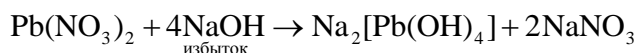
Пусть молярная масса металла **M** равна x г/моль. Тогда

$$\frac{3,6}{x+124} = \frac{2,6}{x+32}$$

$$x = 207,2$$

Следовательно, металл **M** – это свинец Pb, а соединение **X** – сульфид свинца PbS.

2. Уравнения реакций:



3. Поскольку в момент смешивания растворов $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$ и $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ сульфид-анионы отсутствуют, мгновенное образование наночастиц PbS невозможно. Однако, в результате щелочного гидролиза тиомочевина постепенно разлагается с выделением сульфид-аниона, который способен вступить в реакцию. К этому времени мицеллы уже сформированы, поэтому рост наночастиц происходит внутри них.

4. Объём одной наночастицы

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Масса одной наночастицы

$$m_1 = \rho V_1 = \frac{4}{3} \pi \rho R^3$$

Значит, масса N наночастиц равна

$$m_N = N m_1 = \frac{4}{3} \pi \rho N R^3$$

Так как было синтезировано 2.0 г наночастиц, то их число равно

$$N = \frac{3}{4} \cdot \frac{m_N}{\pi \rho R^3}$$

$$N = \frac{3}{4} \cdot \frac{2.0 \text{ г}}{3.14 \cdot 7.5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (3 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3} \approx 2.36 \cdot 10^{18}$$

5. Наночастицы сульфида свинца можно использовать в качестве квантовых точек, поскольку они являются полупроводниками, а их размер составляет несколько нанометров. Синтез в нанореакторах позволяет получать наночастицы строго определённого размера, что делает их использование в качестве квантовых точек наиболее предпочтительным.

Решение задачи 8. Наносорбент (20 баллов)

1. Вода, метанол, октанол, ацетонитрил. (по **1 баллу** за каждый правильный ответ, минус 1 балл за каждый неправильный ответ, но не меньше 0)
2. Это полярные жидкости. Они характеризуются высокой диэлектрической проницаемостью и большим дипольным моментом молекулы.
3. Молекулы метанола занимают 40% внутренней поверхности, т.е. $1300 \times 0.4 = 520 \text{ м}^2/\text{г}$. Таким образом, сорбировалось $520 : 18 : 10^{-20} = 2.9 \times 10^{19}$ молекул/г = 4.8×10^{-3} моль/г = $4.8 \times 32 \times 10^{-3} \text{ г/г} = 154 \times 10^{-3} \text{ г/г} = 154 \text{ мг/г}$. Внутрь 10 мг ДОГ сорбируется 1.54 мг метанола.
4. Молярная масса ДОГ составляет 17.46 г/моль. 1 моль ДОГ содержит $0.34 \times 6.02 \times 10^{23} = 2.05 \times 10^{23}$ атомов кислорода. 10 мг ДОГ содержат $2.05 \times 10^{23} \times 10^{-2} : 17.46 = 12 \times 10^{19}$ атомов кислорода. Кислородосодержащие группы содержат по одному атому кислорода. Согласно пункту (3), 10 мг ДОГ сорбируют 2.9×10^{19} молекул спирта. Максимальная вероятность соответствует случаю, когда каждая кислородосодержащая группа связана только с одной молекулой спирта. Искомая вероятность составляет $2.9 : 12 = 0.24$.