

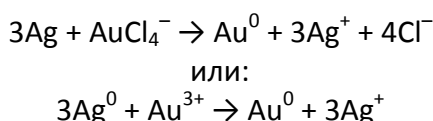


## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 3. Желтые кристаллы

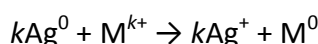
1 – 2. Гигроскопичные желтые кристаллы –  $\text{HAuCl}_4$ .

Молярная масса безводных кристаллов составляет 340 г/моль. Таким образом, в ампуле содержится  $3 \cdot 10^{-4}$  моль вещества, каждая из трех навесок – по  $1 \cdot 10^{-4}$  моль вещества.

При взаимодействии с металлическим серебром протекает процесс:



Для неизвестного восстановителя уравнение можно записать так:



Уменьшение массы нанокристаллов серебра составляет 0,0127 г, что соответствует  $\Delta m = (kM_{\text{Ag}} - M_{\text{M}}) \cdot n(\text{окислителя})$ .

Зная массу исходного нанокристаллического серебра 0,0648 г (0,0006 моль Ag) и соотношение  $\text{Ag}/\text{M} = 3 : 1$  в продукте взаимодействия, записываем уравнение:

$$(0,0648 - 0,0127) / n(\text{окислителя}) = (3M_{\text{Ag}} - M_{\text{M}}).$$

Выразив из двух уравнений  $n(\text{окислителя})$ , получаем равенство:

$$(0,0648 - 0,0127) / (3M_{\text{Ag}} - M_{\text{M}}) = 0,0127 / (kM_{\text{Ag}} - M_{\text{M}}).$$

Упрощаем:  $M_{\text{M}} = (5,6268k - 4,1148) / 0,0648$ .

Путем подбора  $k$  ( $k$  – целое число) находим молярную массу восстановившегося металла:

$k = 2$	$M = 108 \cdot 2 - 127 = 89$ г/моль	Иттрий $\text{Y}^{2+}$ – не существует
$k = 3$	$M = 108 \cdot 3 - 127 = 197$ г/моль	Золото $\text{Au}^{3+}$ – существует

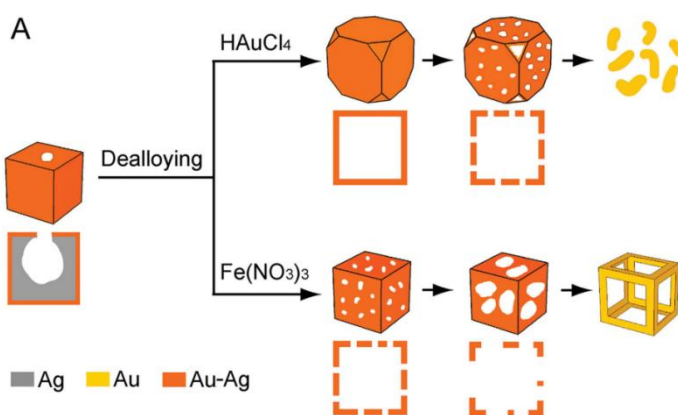
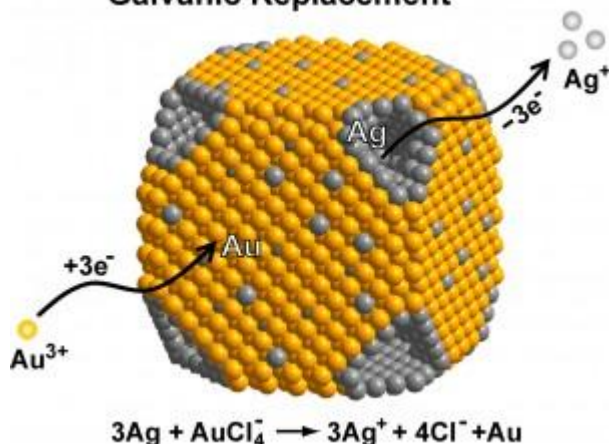
Находим количество вещества восстановившегося окислителя:

$$n(\text{окислителя}) = 0,0001 \text{ моль.}$$

Зная массу навески (третья часть массы всех желтых кристаллов), рассчитываем молярную массу неизвестного вещества:  $M = 0,034 \text{ г} / 0,0001 \text{ моль} = 340 \text{ г/моль}$ . Из соединений золота подходит безводный тетрахлороаурат водорода  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ .

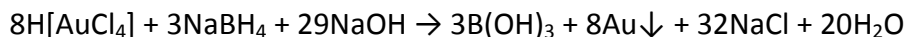
3. Для продукта взаимодействия  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$  с нанокубами серебра можно ожидать подтравливания кристаллов в вершинах куба. Полиэдр серебра будет изменяться в соответствии со схемой, предложенной авторами разработки (см. рисунок).

**Galvanic Replacement**



*Xia, X.; Wang, Y.; Ruditskiy, A.; Xia, Y. 25th anniversary article: galvanic replacement: a simple and versatile route to hollow nanostructures with tunable and well-controlled properties. Advanced Materials, 2013, 25, 6313–6333 (For the 25th anniversary issue of Advanced Materials)*

4. Взаимодействие боргидрида натрия с  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$  протекает быстро с образованием зародышей наночастиц серебра размером  $\sim 5$  нм, которые довольно быстро коалесцируют с образованием коричневого продукта. Взаимодействие можно описать уравнением:



Взаимодействие  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$  с цитратом натрия с трудом протекает при подщелачивании раствора и требует повышения температуры. В эксперименте школьника восстановление золота произошло при добавлении боргидрида натрия. В отличие от предыдущего процесса, в растворе присутствовал цитрат натрия, стабилизовавший наночастицы золота, обусловившие малиновую окраску коллоидного раствора.