

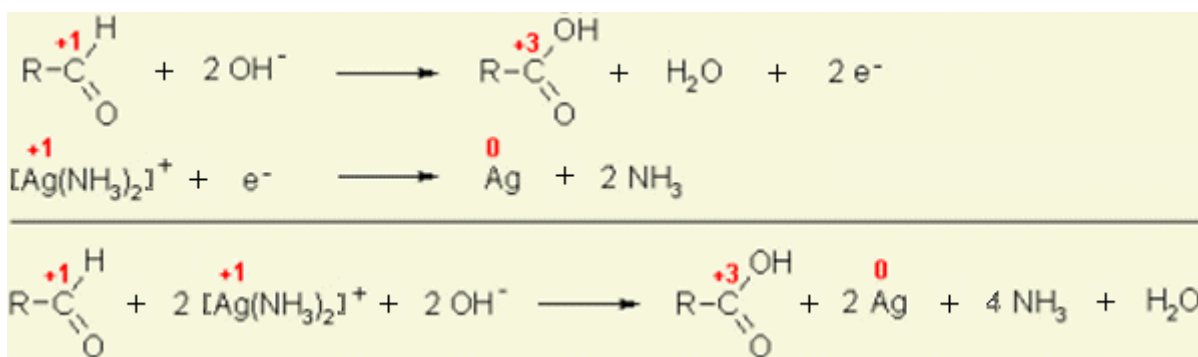


Как провести реакцию серебряного зеркала?

В.Н. Витер



Читатели, безусловно, знают, что альдегиды вступают в реакцию с аммиачным раствором оксида серебра (реактив Толленса). В результате на стенках пробирки образуется красивый зеркальный налет серебра. Этот процесс так и называется – реакция серебряного зеркала. В любом учебнике можно прочитать, что реакция серебряного зеркала применяется для обнаружения альдегидов:



В действительности все не так просто: немало веществ, которые не являются альдегидами, также способны вступать в эту реакцию. Но в данной статье мы не будем касаться этого вопроса. Лучше рассмотрим, как провести реакцию серебряного зеркала на практике. Казалось бы, тут нет ничего сложного: достаточно нагреть в пробирке аммиачный раствор серебра с каким-то альдегидом, например, раствором формальдегида или глюкозы. Но такой подход часто ведет к разочарованию – образуется не зеркальный налет на стекле, а черная¹ суспензия серебра в растворе. Много попыток провести реакцию серебряного зеркала во время лабораторных работ в школе (и даже в университете) этим и заканчивается. А если зеркало и образуется, то часто оно получается очень непрочным и неравномерным.

В чем же дело? Причин неудачного проведения реакции серебряного зеркала может быть много. Но основными из них являются две:

- необходимо тщательно подготовить поверхность стекла;
- необходимо строго придерживаться условий проведения реакции.

¹ Или коричневая.



chm.bris.ac.uk



genchem.chem.wisc.edu

Лабораторная посуда, покрытая слоем серебра с помощью реактива Толленса.

Рассмотрим все по порядку. В результате реакции иона Ag^+ с альдегидной группой формируются мельчайшие (коллоидные) частички серебра. Они могут крепко пристать к поверхности стекла, образуя прочный равномерный слой (зеркало), а могут остаться в растворе (образуя суспензию). Для того чтобы серебро отложилось на стекле (и надежно там держалось), поверхность должна быть идеально **чистой** и желательно гладкой. В нашем случае главный загрязнитель – жировой налет. С целью удалить жир, поверхность стекла промывают раствором щелочи, потом – горячей хромовой смесью², после этого – многократно дистиллированной водой. В крайнем случае можно использовать синтетические моющие средства для посуды (Gala и др). После такой подготовки полезно обработать стекло раствором хлорида олова (IV) и снова промыть дистиллированной водой. Впрочем, это не обязательно, особенно для демонстрационных опытов.

Приступим ко второй части. Сразу же обратим внимание: все растворы необходимо готовить с использованием **дистиллированной воды** (в крайнем случае – дождевой). В качестве восстановителя для серебра чаще всего используют формальдегид или глюкозу. Выбор конкретного вещества зависит от цели, с которой проводится реакция. Если вы планируете просто показать опыт, то лучше использовать раствор формальдегида. Если же необходимо покрыть стекло прочной зеркальной поверхностью – лучше взять глюкозу.

Серебро обычно берут в виде нитрата, к которому добавляют растворы аммиака и

² Лучше воспользоваться хромовой смесью на основе азотной, а не серной кислоты.

щелочи. Во многих методиках подчеркивают, что следует избегать избытка щелочи. Действительно, большой избыток щелочи не желателен, но не забывайте, что осаждение металла должно проходить в щелочном растворе. В зависимости от методики, реакцию проходят при нагревании или при комнатной температуре. В начале реакции раствор окрашивается в коричневатый цвет – происходит образование мельчайших частичек серебра. Немного позже на поверхности стекла появляется блестящий зеркальный налет.

Провести реакцию серебряного зеркала достаточно просто. Но чтобы получить хорошее зеркальное покрытие необходимо много труда, аккуратности и настойчивости.

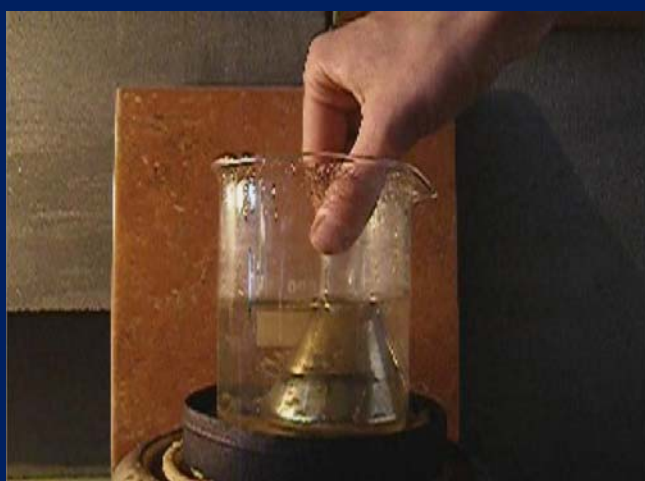
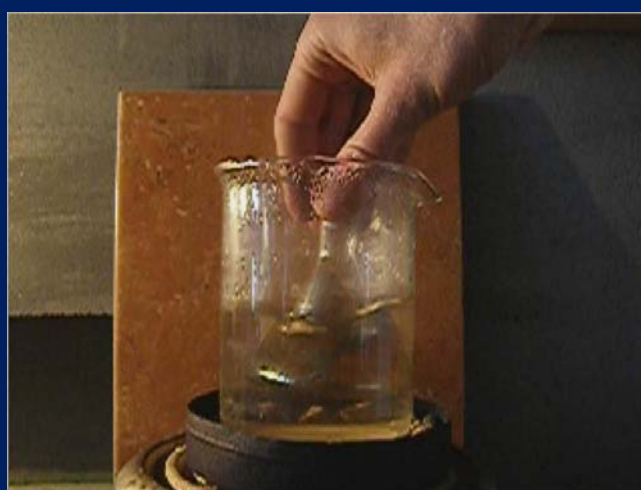
Для начала приведем методику согласно Цветкову. Она отличается простотой, но качество серебряного зеркала плохое. Ее можно рекомендовать только для демонстрации этой реакции.

Нам необходимо:

1. Раствор аммиака. Раствор должен быть разбавлен до концентрации 2,5-4%.
2. 2%-ый раствор нитрата серебра.
3. Раствор формалина.
4. Чистая стеклянная колба.

Проведение реакции:

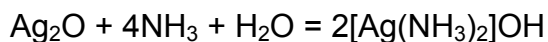
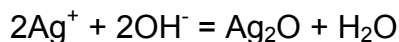
Колбу емкостью 50-100 мл очищают от механических загрязнений, промывают ершиком с мыльной водой или нагревают в колбе раствор щелочи, затем споласкивают водой, промывают хромовой смесью и наконец начисто промывают дистиллированной водой. В колбу наливают на четверть объема 2-процентный раствор нитрата серебра, затем добавляют постепенно раствор аммиака (25-процентный аммиак следует разбавить в 8-10 раз) до тех пор, пока образующийся вначале осадок не растворится в его избытке. К образующемуся раствору добавляют осторожно по стенке 0,5-1 мл формалина и помещают колбу в стакан с горячей (лучше кипящей) водой. Вскоре в колбе образуется красивое серебряное зеркало.



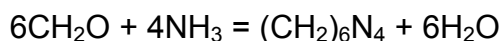
Реакция серебряного зеркала. фото В.Н. Витер

Сразу же укажем на главный недостаток этой методики – к раствору нитрата серебра необходимо добавлять не только раствор аммиака, но и щелочь (NaOH или KOH). Для получения зеркальных покрытий рекомендуют добавлять к нитрату серебра

сначала аммиак, потом - щелочь. В демонстрационных экспериментах можно для наглядности поступить наоборот: к нитрату серебра сначала добавляют щелочь – до прекращения образования бурого осадка Ag_2O , а затем – аммиак – до полного растворения осадка:



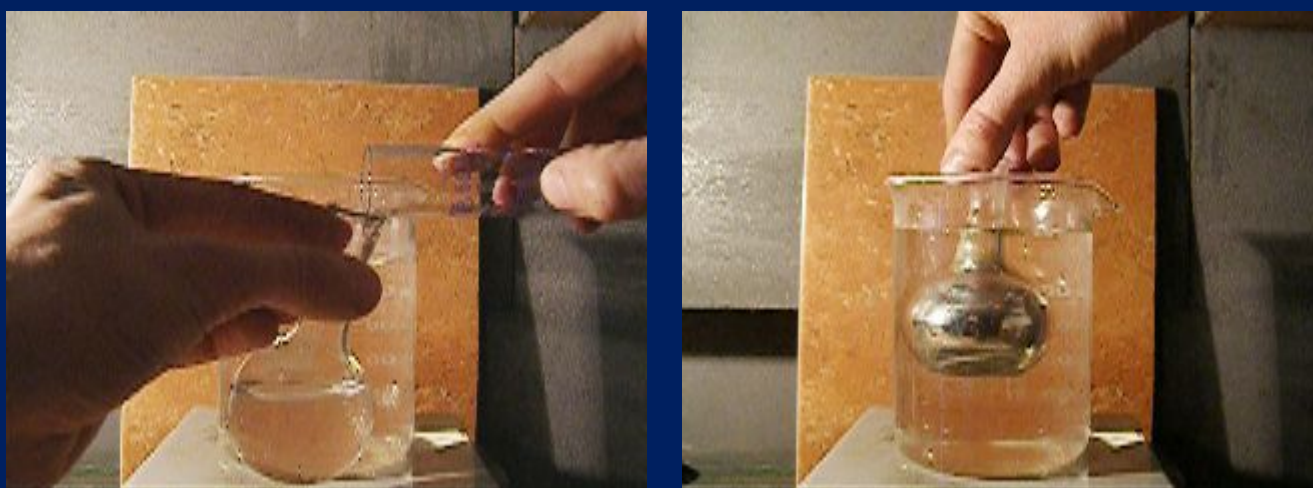
Кроме того, при воспроизведении приведенной методики возможно образование белого осадка, вероятно, это уротропин (гексаметиленetetрамин):



Это совсем не благоприятствует образованию хорошего зеркала.

Еще раз подчеркнем, что в кислой среде зеркального покрытия не получится. Был случай, когда по недосмотру среда после смешивания реагентов оказалась кислой. В результате, когда колбу с раствором поставили на кипящую водяную баню, признаки реакции отсутствовали. Но как только в реакционную смесь добавили избыток щелочи, на стенках колбы сразу же образовалось зеркало.

Теперь приведем методику Некрасова с использованием глюкозы. Ее можно применять как с целью демонстрации реакции, так и для реального получения зеркальных и токопроводящих покрытий.



Реакция серебряного зеркала. фото В.Н. Витер

При помощи восстановления аммиачных растворов солей серебра могут быть получены плотно пристающие к стеклу тонкие пленки металлического Ag. На этом основано производство зеркал. Осажденная на стекле блестящая серебряная пленка для защиты от внешних воздействий покрывается сверху лаком.

Обычно для серебрения стекла применяются два свежеприготовленных раствора, примерный рецепт получения которых дается ниже. (А) К раствору 6 г AgNO_3 в 100 мл воды добавляют водный аммиак до растворения первоначально образующегося осадка, затем 70 мл 3%-ного раствора NaOH и снова водный аммиак до полного прояснения раствора (без избытка). Последний разбавляют водой до 500 мл. (Б) Раствор 1,3 г глюкозы в 25 мл воды (к которой добавлена одна капля конц. HNO_3) кипятят 2 мин, охлаждают и разбавляют равным объемом спирта. Перед самым употреблением растворы А и Б смешивают в соотношении 10:1. Плотная пленка серебра осаждается на стекле (предварительно тщательно очищенном обработкой горячей смесью $\text{HNO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, затем дистиллированной водой и, наконец, спиртом) примерно через 30 мин. При необходимости получения более толстого слоя Ag обработку повторяют со свежими порциями растворов еще один или два раза. Образовавшийся осадок серебра промывают водой и спиртом.

Если под рукой нет формальдегида или глюкозы, то можно использовать сахарозу, которую предварительно подвергают гидролизу с помощью разбавленных (примерно 10%-х) серной или азотной кислот. Для этого растворите сахар в воде, добавьте к нему раствор кислоты (10 мл на 100 г сахара) и кипятите 15-20 мин. В результате гидролиза сахароза перейдет в смесь глюкозы и фруктозы.

Попытка использовать вместо сахара крахмал потерпела неудачу. Видимо, гидролиз крахмала прошел не полностью. При частичном гидролизе крахмала образуются декстрины. Декстрины представляют собой полисахариды, которые подобно крахмалу состоят из звеньев глюкозы. Но в отличие от крахмала они имеют значительно меньшую молекулярную массу. На концах цепей декстрины содержат альдегидные группы, которые восстанавливают ион серебра, но при этом вместо зеркального покрытия образовался черный коллоидный раствор серебра. Видимо, длинные линейные молекулы декстринов стабилизируют коллоидный раствор серебра и не дают металлу оседать на стекле. Другими словами, они выступают в роли защитного коллоида. Чтобы избежать этого, необходимо провести полный гидролиз крахмала до глюкозы.



Этот коллоидный раствор серебра образовался в результате неудачной попытки провести реакцию серебряного зеркала с участием гидролизованного крахмала. фото В.Н. Витер

В заключении обратим внимание на важный момент: если после эксперимента у вас остался аммиачный раствор нитрата серебра, то ни в коем случае его не следует хранить. При стоянии аммиачных растворов серебра в них образуется осадок нитрида серебра Ag_3N^3 , который способен сильно взрываться даже в мокром состоянии. Все остатки аммиачных растворов серебра переведите в металл действием восстановителей.

В следующей статье вы узнаете, как сделать настоящее плоское зеркало в домашних условиях.



А вот результаты более удачных попыток получить зеркало. фото В.Н. Витер

³ Ag_3N - это условная формула. Действительный состав осадка сложнее.