

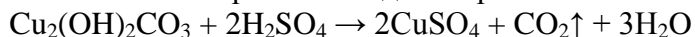
Десятый класс

Автор – В.В. Аяри

Проанализировав набор предлагаемых веществ для синтеза реактива, попытаемся понять, что он из себя представляет. В условии задачи о реактиве говорится как о растворе индивидуального вещества. Из предложенных для синтеза веществ можно получить следующие хорошо растворимые соединения: CaCl_2 , CuCl_2 , NaCl , ZnCl_2 , CuSO_4 , Na_2SO_4 , ZnSO_4 , $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, а также малорастворимый CaSO_4 . Чтобы можно было различить 10 выданных соединений, реактив должен давать характерную реакцию как минимум с 9-тью из них. Значит продукты должны отличаться не только по состоянию в растворе (газ, осадок), но и по цвету. Из возможных реактивов такое различие характерно только для соединений меди. Поэтому приходим к выводу, что мы должны синтезировать CuCl_2 или CuSO_4 . При этом CuCl_2 не позволит различить BaCl_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, а CuSO_4 – позволит. Окончательный вывод – мы должны синтезировать CuSO_4 .

Синтез реактива.

Сульфат меди (II) может быть получен путем взаимодействия двух из выданных вещества – основного карбоната меди и серной кислоты – по реакции:



Для этого добавим к раствору серной кислоты избыток основного карбоната меди. Наблюдаем выделение газа и растворение основного карбоната меди с образованием голубого раствора сульфата меди. После прекращения выделения газа сольем раствор с осадка.

Идентификация соединений.

Идентификацию соединений можно проводить в произвольном порядке. Для ее осуществления будем прибавлять по 1 – 2 капли реактива к 1 – 2 миллилитрам идентифицируемых растворов (недостаток реактива); там, где наблюдаемых при этом эффектов не достаточно для надежной идентификации (например, реакция с тиосульфатом), будем прибавлять к 1 – 2 миллилитрам реактива 1 – 2 капли анализируемого раствора (избыток реактива). Заполним таблицу:

| № пробирки | Наблюдения при добавлении реактива | Уравнение реакции | Идентифицированное соединение |
|------------|---|--|-------------------------------|
| 1 | Бурое окрашивание раствора, выпадение белого осадка (цвет виден после отстаивания) | $2\text{CuSO}_4 + 4\text{KI} \rightarrow 2\text{CuI}\downarrow + \text{I}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4$ | KI |
| 2 | Выпадение синего осадка | $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ | NaOH |
| 3 | Выпадение голубого осадка, через некоторое время наблюдаем медленное выделение газа (в виде пузырей в | $2\text{CuSO}_4 + 4\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | NaHCO ₃ |

| | | | |
|----|---|--|---|
| | осадке, осадок всплывает) | | |
| 4 | Выпадение черного осадка | $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS}\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ | Na_2S |
| 5 | При недостатке реактива – образование бесцветного раствора, при избытке – зеленого* | а) 2CuSO_4 (недост.) + $6\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Na}_3[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ (бесцветный) + $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4^{**}$ б) CuSO_4 (изб.) + $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ (зеленый) + Na_2SO_4 | $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ |
| 6 | Интенсивное зеленое окрашивание раствора | $\text{CuSO}_4 + 6\text{NaNO}_2 \rightarrow \text{Na}_4[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6] + \text{Na}_2\text{SO}_4$ | NaNO_2 |
| 7 | Выпадение обильного белого осадка | $\text{CuSO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{CuCl}_2$ | BaCl_2 |
| 8 | Замедленное (через 10 – 15 мин) выпадение кристаллического осадка | $\text{CuSO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CaSO}_4\downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ |
| 9 | При недостатке реактива – интенсивное васильковое окрашивание, при избытке – выпадение голубого осадка* | а) CuSO_4 (недост.) + $4\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ б) CuSO_4 (изб.) + $2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | NH_3 |
| 10 | Появление василькового окрашивания и выпадение белого осадка | $\text{CuSO}_4 + 2[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 2\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ |

* Допускается написание одного из двух уравнений

** Допускается также написание формул комплексных соединений $\text{Na}_2[\text{Cu}_2(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ и $\text{Na}_5[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$.

Реактивы оборудование и методические указания (для организаторов).

Реактивы:

В пронумерованные пробирки помещают 5 % растворы KI, NaOH, NaHCO₃, Na₂S, Na₂S₂O₃, NaNO₂, BaCl₂, NH₃, [Zn(NH₃)₄]₂SO₄ (методику получения см. в разделе методические указания) и 20 % раствор Ca(NO₃)₂. По 5 мл каждого раствора на человека.

Также в подписанных бюксах выдаются твердые вещества CaCO₃, Cu₂(OH)₂CO₃ (при отсутствии в наличии см. методику получения в разделе методические указания),

NaHCO_3 и ZnO (на 4 человека из расчета по 3 – 4 г на человека) и в склянках– 5 %-ные растворы H_2SO_4 , HCl и NaOH (на 4 человека из расчета по 20 мл на человека).

Оборудование (на одного человека, если не указано иное):

Штатив с пробирками (10 пробирок с растворами и 10 чистых пробирок), 2 пипетки с резиновыми наконечниками, стакан на 50-100 мл с дистиллированной водой (для промывания пипеток), пустой стакан на 50 – 100 мл и стеклянная палочка для синтеза реактива, бюксы с твердыми веществами (1 шт.) и колбы для растворов реактивов (1 шт.).

Методические указания:

После установления формулы реактива участник подходит к преподавателю и показывает формулу. Преподаватель извещает участника о правильности предположения. Если предположение правильное, участнику выставляется максимальный балл в соответствии с п. 1 системы оценивания; в случае неправильного предположения участник по этой позиции получает 0 баллов, при этом ему сообщают правильную формулу реактива.

Участников желательно предупредить, что в случае необходимости они могут вымыть использованные пробирки водопроводной водой, после чего обязательно ополоснуть их дистиллированной (емкости с дистиллированной водой следует разместить возле раковины).

Также желательно проинформировать школьников о том, что выданный им стакан с дистиллированной водой необходим для промывания пипетки. Соответствующую этикетку можно наклеить непосредственно на стакан.

Раствор $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ готовят путем прибавления концентрированного раствора аммиака к 5 %-ному раствору сульфата цинка. Выделяющийся после прибавления первых порций аммиака осадок гидроксида цинка растворяют в избытке аммиака. Однако не следует допускать большого избытка последнего. Поэтому не нужно добиваться полного растворения осадка. После растворения основной массы осадка суспензию разделить отстаиванием, затем слить прозрачную надосадочную жидкость и использовать в задаче. Участникам следует выдавать свежеприготовленный раствор.

При отсутствии в наличии основного карбоната меди (патины), он может быть получен по следующей методике:

В фарфоровой ступке равномерно смешивают 125 г тонко растертой сухой соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 95 г тонко растертого сухого NaHCO_3 . Полученную смесь вносят небольшими порциями при быстром перемешивании в 1 л кипящей воды, находящейся в стакане емкостью 2 л. В результате выделения CO_2 раствор вспенивается. Очередную порцию смеси вносят лишь после того, как поверхность воды освободится от пены. В конце реакции смесь кипятят 10 – 15 мин. Получается быстро оседающая суспензия основного карбоната меди.

После отстаивания осадок промывают водой декантацией до отрицательной реакции промывных вод на SO_4^{2-} (проба с раствором BaCl_2), затем отсасывают на воронке Бюхнера. Препарат сушат сначала между листами фильтровальной бумаги, затем при 80 – 100 °С.

Выход: 48 – 50 г.

Система оценивания.

- | | |
|--|------|
| 1. Правильность установления реактива для идентификации соединений (баллы выставляются сразу же после сообщения участником формулы реактива) | 4 б |
| 2. Запись методики синтеза реактива и наблюдений при синтезе | 2 б |
| 3. Уравнение синтеза реактива | 2 б |
| 4. Фиксирование наблюдений при идентификации соединений | 2 б |
| 5. Правильность идентификации соединений (по 1 б за каждое соединение) | 10 б |

6. Уравнения реакций идентификации (по 1 б за каждое уравнение), (если приведено несколько уравнений, например, при избытке и недостатке реактива – считать как одно) 10 б
- Итого: 30 б