

## 10 класс

*Автор задания – Шершнев И.А.*

### I вариант

#### Описание эксперимента:

В трёх пронумерованных пробирках без этикеток находятся один оранжевый и два бесцветных водных раствора неизвестных соединений. Известно, что это индивидуальные соли; представителей классов двойных, смешанных и комплексных солей выдано не было. Для определения содержимого каждой пробирки были проделаны следующие операции.

1. К отобранной пробе раствора №1 добавили избыток концентрированного раствора гидроксида натрия, пробу подогрели и поднесли к горлышку пробирки смоченную водой лакмусовую бумажку.
2. К отобранным пробам растворов №2 и №3 добавили концентрированную соляную кислоту.
3. К отобранной пробе раствора №2 добавили серную кислоту.
4. К отобранной пробе раствора №2 добавили раствор хлорида кальция.
5. К одной отобранной пробе раствора №3 был добавлен раствор нитрата серебра, ко второй — раствор гидроксида натрия.
6. К отобранной пробе раствора №3 был добавлен раствор роданида калия (KSCN).
7. Раствор в пробирке №2 выпарили, и пробу сухой соли поместили в пламя горелки.

#### Задание:

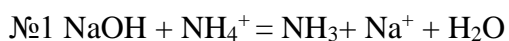
1. Установите три катиона и три аниона, составляющие неизвестные вещества, и соотнесите их с номерами пробирок. Напишите уравнения всех протекающих реакций.
2. Зачем к горлышку пробирки подносили лакмусовую бумажку? Подтвердите ответ уравнением реакции.
3. Зачем был проведён дополнительный эксперимент с серной кислотой вместо соляной? Объясните различие в результатах.

#### Решение:

В первом эксперименте протекают следующие реакции:



оранжевый раствор бихромата становится жёлтым из-за перехода в хромат



выделяется аммиак, имеющий резкий запах нашатырного спирта

Химик поднёс смоченную бумажку, так как в воде аммиак претерпевает реакцию:

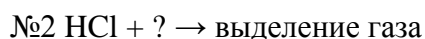


pH возрастает и лакмусовая бумажка окрашивается в синий цвет.

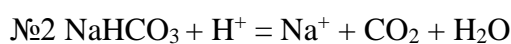
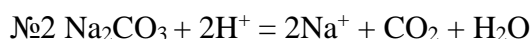
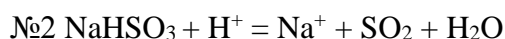
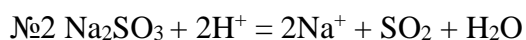
Таким образом, в пробирке №1 –  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

Из последнего эксперимента можно сделать вывод о наличии  $\text{Na}^+$  в пробирке №2 – этот катион окрашивает пламя горелки в яркий жёлтый цвет.

При добавлении соляной кислоты протекают следующие процессы:



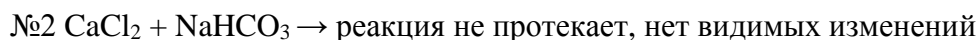
Возможные варианты реакций в пробирке №2:



$\text{SO}_2$  имеет запах, но если проводить реакцию с соляной кислотой (которая сама имеет сильный запах), его очень трудно почувствовать. С нелетучей серной кислотой различить карбонаты и сульфиты намного проще.

Раз запаха  $\text{SO}_2$  в эксперименте с серной кислотой не наблюдалось, значит, был взят карбонат или гидрокарбонат.

При добавлении хлорида кальция:



Осадок не выпадает, так как гидрокарбонат кальция относительно хорошо растворим.

Впоследствии, может протекать такая реакция:

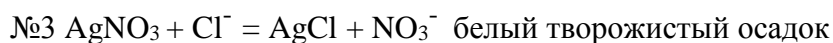


с выпадением белого осадка карбоната кальция, но идёт она гораздо медленнее, чем, если бы в пробирке был карбонат натрия.

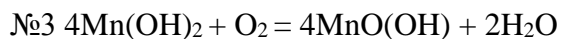
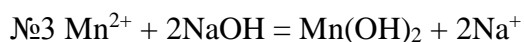
Таким образом, в пробирке №2 –  $\text{NaHCO}_3$ .

Перейдём к пробирке №3.

При добавлении нитрата серебра протекает реакция:



При добавлении же щёлочи выпадает розово-бурый осадок гидроксида марганца (II), очень быстро буреющий на воздухе:



(один из вариантов, принимаются также другие формы гидроксидов Mn(III), Mn(IV) или  $\text{MnO}_2$ )

Тиоцианат калия добавили, чтобы убедиться, что в растворе нет катиона  $\text{Fe}^{3+}$ , который также даёт бурый осадок со щёлочью. Если бы он присутствовал, появилось бы кроваво-красное окрашивание, но такого не наблюдалось.

Таким образом, в пробирке №3 –  $\text{MnCl}_2$ .

### Рекомендации к оцениванию:

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 1) Корректное сопоставление ионов с номерами пробирок по 0,75 балла   | 0,75·6 = 4,5 балла |
| 2) 6 уравнений реакций (щёлочь с бихроматом и катионом аммония, кислота с гидрокарбонатом, хлорид с нитратом серебра, две реакции с $\text{Mn}^{2+}$ ) по 0,5 балла | 0,5·6 = 3 балла    |
| 3) Ответы на два дополнительных вопроса по 0,25 балла   | 0,25·2 = 0,5 балла |

**ИТОГО**

**8 баллов**

## II вариант

### Описание эксперимента:

В трёх пронумерованных пробирках без этикеток находятся три водных раствора неизвестных соединений: два жёлтых и один бесцветный. Известно, что это индивидуальные соли; представителей классов двойных, смешанных и комплексных солей выдано не было. Для определения содержимого каждой пробирки были проделаны следующие операции.

1. К отобранной пробе раствора №1 добавили избыток концентрированного раствора гидроксида натрия, пробу подогрели и поднесли к горлышку пробирки смоченную водой лакмусовую бумажку.
2. К отобранной пробе раствора №2 добавили раствор гидроксида натрия.
3. К отобраным пробам растворов №1 и №3 добавили серную кислоту.
4. К отобранной пробе раствора №3 добавили раствор хлорида кальция.

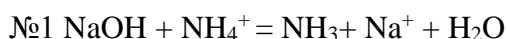
5. К отобранной пробе раствора №2 добавили раствор роданида калия (KSCN).
6. К отобранной пробе раствора №2 был добавлен раствор нитрата серебра.
7. Раствор в пробирке №3 выпарили, и пробу сухой соли поместили в пламя горелки.

**Задание:**

1. Установите три катиона и три аниона, составляющие неизвестные вещества, и соотнесите их с номерами пробирок. Напишите уравнения всех протекающих реакций.
2. Зачем к горлышку пробирки подносили лакмусовую бумажку? Подтвердите ответ уравнением реакции.
3. Оцените возможность определения содержимого раствора №3 с использованием концентрированной уксусной кислоты вместо серной. Объясните Ваш ответ.

**Решение:**

В первом эксперименте протекают следующие реакции:

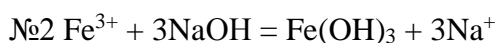


выделяется аммиак, имеющий резкий запах нашатырного спирта

Химик поднёс смоченную бумажку, так как в воде аммиак претерпевает реакцию:

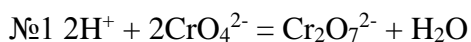


pH возрастает и лакмусовая бумажка окрашивается в синий цвет.



бурый осадок

При добавлении серной кислоты к пробе, отобранной из пробирки №1:

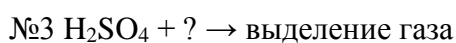


жёлтый раствор хромата становится оранжевым из-за перехода в бихромат

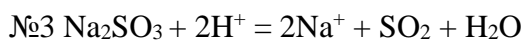
Таким образом, в пробирке №1 –  $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ .

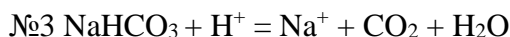
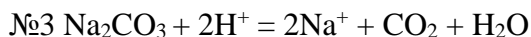
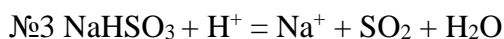
Из последнего эксперимента можно сделать вывод о наличии  $\text{Na}^+$  в пробирке №3 – этот катион окрашивает пламя горелки в яркий жёлтый цвет.

При добавлении серной кислоты к пробе из пробирки №3 происходит реакция:



Возможные варианты реакции в пробирке №3:

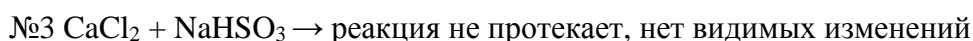




$\text{SO}_2$  имеет запах, но если проводить реакцию с концентрированной уксусной кислотой (которая сама имеет сильный запах), его очень трудно почувствовать. С нелетучей серной кислотой различить карбонаты и сульфиты намного проще.

Раз запах в эксперименте с серной кислотой наблюдался, значит, был взят сульфит или гидросульфит.

При добавлении хлорида кальция:



Осадок не выпадает, так как гидросульфит кальция относительно хорошо растворим.

Впоследствии, может протекать такая реакция:



с выпадением белого осадка сульфита кальция, но идёт она гораздо медленнее, чем, если бы в пробирке был сульфит натрия.

Таким образом, в пробирке **№3 – NaHSO<sub>3</sub>**.

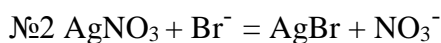
Вернёмся к пробирке №2.

Чтобы убедиться в присутствии железа (III) добавили тиоцианат калия:



красно-красное окрашивание раствора

При добавлении нитрата серебра протекает реакция:



выпадает лимонно-жёлтый творожистый осадок

В жёлтом растворе трудно определить желтизну осадка, но другие типичные жёлтые осадки с серебром (иодид, ортофосфат) невозможны в данном случае (из-за наличия в растворе  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{FePO}_4$  – малорастворим,  $\text{FeI}_3$  – крайне нестабилен).

Таким образом, в пробирке **№2 – FeBr<sub>3</sub>**.

#### Рекомендации к оцениванию:

1) Корректное сопоставление ионов с номерами пробирок по 0,75 балла       $0,75 \cdot 6 = 4,5$  балла

2) 6 уравнений реакций (щёлочь с катионом аммония и  $\text{Fe}^{3+}$ ,

кислота с гидросульфитом и хроматом, бромид с нитратом серебра,

тиоцианат с  $\text{Fe}^{3+}$ ) по 0,5 балла

$0,5 \cdot 6 = 3$  балла

3) Ответы на два дополнительных вопроса по 0,25 балла

$0,25 \cdot 2 = 0,5$  балла

**ИТОГО**

**8 баллов**