

## ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

*(автор Аняри В.В.)*

1. Ниже приведен один из возможных вариантов решения поставленной задачи. Описанная далее схема действий может быть применена ко всем анализируемым растворам, независимо от того, отсутствие какого из веществ мы доказываем.

Отольем в чистую пробирку немного (~ 1 мл) анализируемого раствора и будем по каплям при перемешивании добавлять к нему NaOH. Если формирование осадка гидроксидов металлов происходит при добавлении первых 1 – 2 капель щелочи (реакции 3, 4, 7), то это говорит об отсутствии в анализируемой смеси  $H_2SO_4$ . Таким образом, для данного раствора задачу можно считать решенной.

Если при добавлении 1 – 2 капель NaOH видимых изменений не наблюдается (реакция 1), а формирование осадка гидроксидов металлов происходит только после добавления большего объема NaOH, то делаем вывод, что серная кислота в смеси присутствует. Продолжаем добавлять NaOH, добиваясь формирования осадка. Добавляем избыток NaOH (о избытке NaOH можно судить по показаниям индикаторной бумажки). Если при этом наблюдается полное растворение осадка (реакции 5, 8), то делаем вывод, что в смеси отсутствует  $MgSO_4$  (задача решена), в противном случае (реакция 3) –  $MgSO_4$  присутствует.

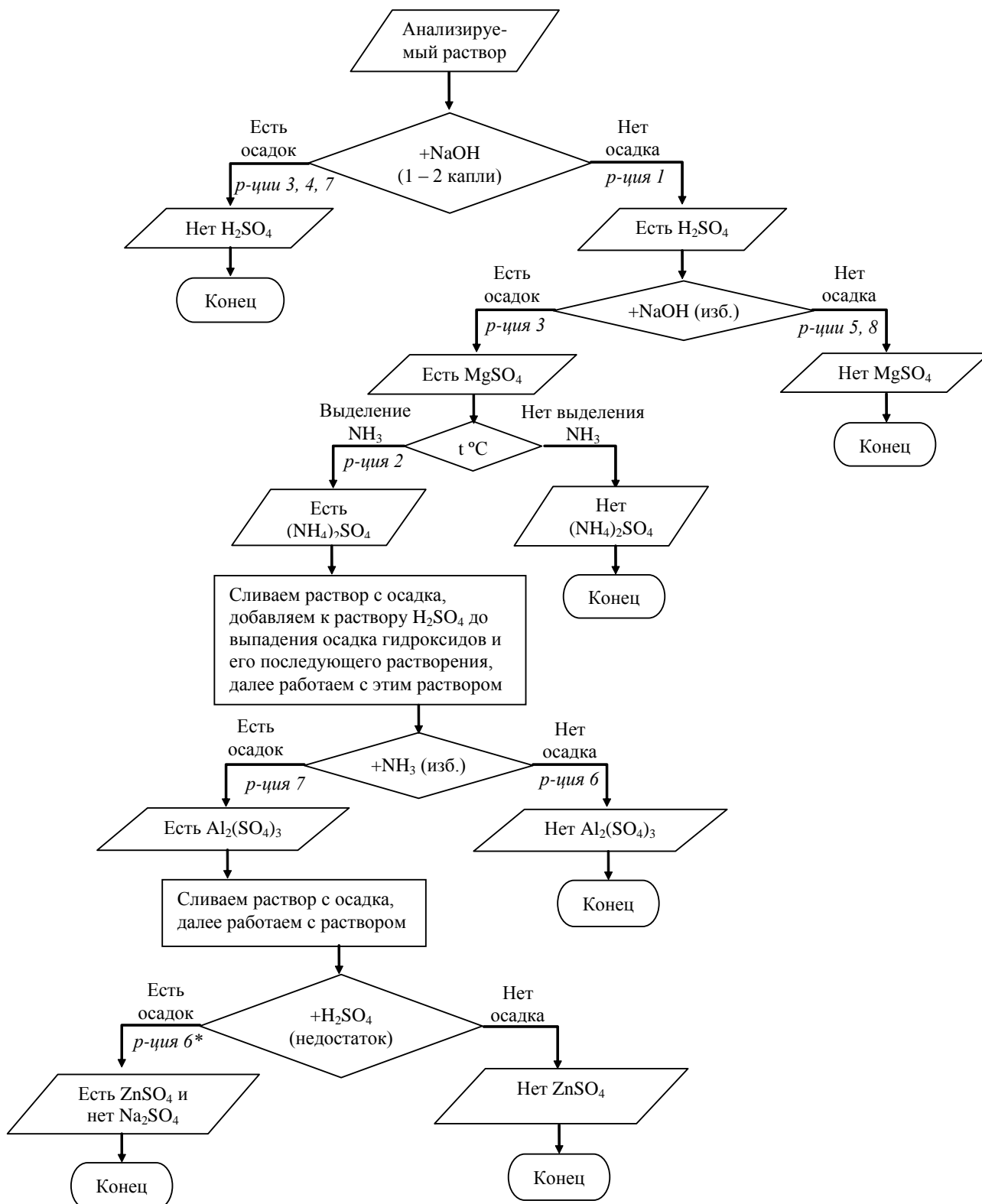
Нагреем пробирку (с осадком или без – неважно), которая теперь содержит избыток щелочи, на водяной бане или горелке, поднесем к отверстию влажную индикаторную бумажку (или аккуратно понюхаем пробирку). Если индикаторная бумажка не показывает щелочной реакции среды (или нет запаха аммиака), то в смеси отсутствует  $(NH_4)_2SO_4$  (задача решена), в противном случае (реакция 2) – это соединение присутствует.

Подождем, пока фазы разделятся, и сольем раствор с осадка (можно проверить полноту осаждения, добавив к раствору каплю NaOH). Добавим к раствору  $H_2SO_4$  до выпадения осадка гидроксидов (реакции 5\*, 8\*) и его последующего растворения, далее – избыток раствора  $NH_3$ . Если осадок растворился полностью (реакция 6), значит, в смеси отсутствует  $Al_2(SO_4)_3$  (задача решена), иначе (реакция 7) – это соединение в растворе присутствует.

В последнем случае дождемся разделения фаз и сольем раствор с осадка (полноту осаждения можно проверить, добавив к раствору еще каплю  $NH_3$ ). К раствору будем по каплям добавлять  $H_2SO_4$  (контроль кислотности можно осуществлять по индикаторной бумажке). Если при этом не образуется осадка, то делаем вывод, что в смеси отсутствует

$ZnSO_4$  (задача решена). Если образуется осадок (реакция 6\*), растворимый в избытке кислоты, то  $ZnSO_4$  в растворе есть и, следовательно, отсутствующим веществом следует считать  $Na_2SO_4$  (поскольку мы доказали наличие всех соединений, кроме сульфата натрия).

Подобную последовательность операций и логических заключений для наглядности можно представить в виде следующей блок-схемы:



2. Уравнения реакций в сокращенном ионном виде:

- 1)  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$
- 4)  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow$  (\*или реакция  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  с  $\text{H}^+$ )
- 5)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  (\*или реакция  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  с  $\text{H}^+$ )
- 6)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  (\*или реакция  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  с  $\text{H}^+$ )
- 7)  $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$  (\*или реакция  $\text{Al}(\text{OH})_3$  с  $\text{H}^+$ )
- 8)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{OH}^- \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$  (\*или реакция  $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$  с  $\text{H}^+$ )

Примечание: принимается также любой другой разумный вариант записи комплексных соединений, например,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$ .

### Система оценивания

1. За описание последовательности действий (оформление рабочего журнала) = 2 балла;
2. За уравнения реакций – всего 8 баллов (в рассматриваемом случае по 1 баллу за каждое)

Примечание: если участник записывает число реакций (n) больше 8, то вклад каждой следует считать равным  $8/n$ ; если число реакций меньше 8, то, скорее всего, одна или несколько аналитически-значимых реакций пропущены, в этом случае общий балл за эту часть, равный 8, уменьшается на число пропущенных реакций

3. За каждое правильно определенное «отсутствующее» вещество – по 4 балла = 20 баллов;

**Итого:**

**30 баллов.**