

РЕШЕНИЕ

(Ильин М.А., Теренин В.И., Романов А.С.)

А) Формулы веществ, для которых перечислены *тривиальные или минералогические* названия:

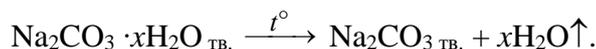
– «Ляпис» $\underline{AgNO_3}$

– «Нашатырь» $\underline{NH_4Cl}$

– «Галит» \underline{NaCl}

– «Горькая соль» $\underline{MgSO_4 \cdot 7H_2O}$

Б) Длительное нагревание кристаллогидрата $Na_2CO_3 \cdot xH_2O$ при $\sim 200^\circ C$ до прекращения изменения массы приводит к потере всех молекул кристаллизационной воды: температура довольно высокая, но не достаточная для термолитиза карбоната щелочного металла. Таким образом, образуется *безводный* карбонат натрия:



Следовательно, масса воды в кристаллогидрате равна потере массы: $34,32 - 12,88 = 21,44$ г.

Найдем массовую долю воды в кристаллогидрате, а затем число молекул воды в кристаллогидрате:

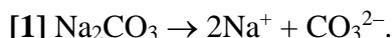
$$\omega(H_2O) = 21,44 / 34,32 = 18,00x / (106,00 + 18,00 \cdot x)$$

$$x = 9,80.$$

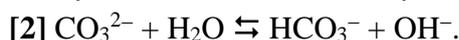
В)

[?] Хлорид натрия – соль, образованная «сильным» основанием (NaOH) и «сильной» кислотой (HCl), т.е. гидролиза этой соли в водном растворе нет. Однако в реальности его раствор не будет давать $pH = 7$, поскольку даже дистиллированная вода обычно имеет pH близкий к 5,5. *Это обусловлено присутствием углекислого газа (CO_2) в воздухе*, который имеет довольно хорошую растворимость в дистиллированной воде и во всех водных растворах.

При растворении в воде кристаллогидрат карбоната натрия (ионное соединение, хорошо растворимое в воде), практически полностью диссоциирует:

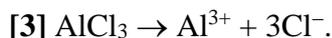


Карбонат натрия образован «сильным» основанием (NaOH) и «слабой» кислотой (" H_2CO_3 "), следовательно, эта соль подвержена *частичному гидролизу «по аниону» (только с участием одной молекулы H_2O !)*:

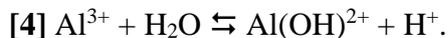


Водный раствор карбоната натрия имеет щелочную реакцию среды.

При растворении в воде хлорида алюминия он тоже практически полностью диссоциирует:

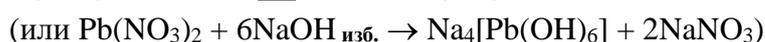
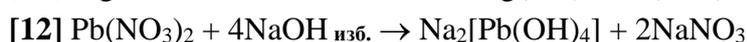
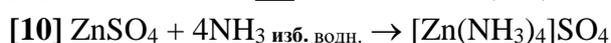
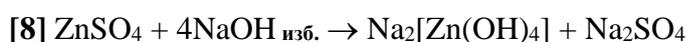
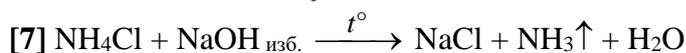
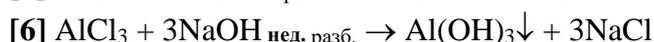
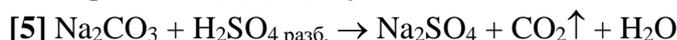


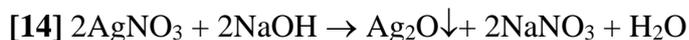
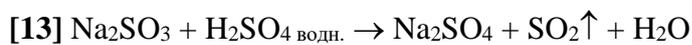
Эта соль образована «сильной» кислотой (HCl) и «слабым» основанием ($Al(OH)_3$), следовательно, она подвержена *частичному гидролизу «по катиону»*:



Поэтому при растворении хлорида алюминия в воде вполне *могут* образоваться коллоидные растворы основных солей.

Уравнения реакций [5]–[14] с указанием их основных признаков.





Экспериментальное задание:

Существует несколько вариантов решения этой задачи. Ниже приведен один из возможных.

Заметим, что среди идентифицируемых веществ в пробирках точно нет карбонатов кальция и бария, поскольку они плохо растворимы в воде.

Среди идентифицируемых веществ нет нитратов и сульфитов, т.е. Na_2SO_3 , AgNO_3 и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Таким образом, список возможных веществ в пробирках 1–6 становится равен числу идентифицируемых пробирок (кроме пробирки «7» – в которой находится смесь хлоридов):



Растворим в минимальном (2-4 мл) количестве дистиллированной воды каждой из солей в пробирках 1-6 (*аккуратно при перемешивании*). При необходимости – для растворения можно еще немного добавить (*при перемешивании по каплям*) дистиллированной воды.

Далее в решении приводятся формулы солей без молекул кристаллизационной воды.

Среди полученных прозрачных растворов с помощью универсальной индикаторной бумаги можно сразу определить Na_2CO_3 – *только его раствор дает щелочную реакцию среды*.

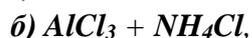
Отметим, в каких пробирках при растворении твердых солей могли получиться «мутные» растворы (это нам указывает на частичный гидролиз «по катиону»; т.е., на возможность присутствия в этих пробирках хлорида алюминия, сульфата цинка или сульфата магния).

В любом случае, к части идентифицируемых растворов в пробирках 1–6 добавим *по каплям* водный раствор гидроксида натрия. Отметим, что в трех пробирках *сначала наблюдается* выпадение гелеобразных осадков (*при добавлении раствора щелочи по каплям!!!*). Прибавляя *избыток щелочи* к этим осадкам, можем наблюдать их растворение в двух пробирках, что свидетельствует о нахождении в них AlCl_3 и ZnSO_4 . В третьей пробирке осадок не растворился, что свидетельствует о наличии в пробирке MgSO_4 .

Отличить соль алюминия от соли цинка можно с помощью водного раствора аммиака. Для этого к испытуемым растворам необходимо добавить избыток водного раствора аммиака – в пробирке с AlCl_3 образуется осадок гидроксида, который не растворяется при добавлении избытка раствора аммиака (*он остается на стенках пробирки виде коллоидных частиц даже при большом избытке раствора аммиака*). В пробирке с ZnSO_4 первоначально образовавшийся осадок $\text{Zn}(\text{OH})_2$ полностью растворяется при добавлении избытка раствора аммиака.

Теперь, из пробирок 1-6, осталось отличить хлориды натрия и аммония. Конечно, можно воспользоваться просто оценкой pH их растворов: хлорид аммония имеет кислую среду. Для проверки, добавим в обе пробирки раствор щелочи, нагреем на водяной бане и поднесем влажную полоску универсальной индикаторной бумажки. Там, где над краем пробирки (*не касаясь пробирки!*) влажная индикаторная бумажка окрасилась в синий цвет – выделяется аммиак, а значит – находится NH_4Cl .

Теперь определим содержимое пробирки «7». Поскольку по условию в этой пробирке может быть смесь двух хлоридов, возможны варианты:



Растворим содержимое этой пробирки, а затем добавим *по каплям (аккуратно)* раствор NaOH .

Если сразу наблюдается выпадение осадка, который затем растворяется при добавлении избытка щелочи – следовательно, в смеси точно содержится AlCl_3 .

Наличие в смеси NH_4Cl можно проверить нагрев испытуемый щелочной раствор на водяной бане – над краем пробирки (*не касаясь пробирки!*) влажная индикаторная бумажка при этом должна окраситься в синий цвет – выделяется аммиак.

Вывод о составе в смеси хлоридов в пробирке «7» можно сделать на основании следующих наблюдениях:

- если при добавлении раствора щелочи по каплям образовался осадок, который затем растворился в избытке ее раствора, а далее при нагревании не идентифицировалось выделение аммиака (влажная индикаторная бумага *над пробиркой (не касаясь пробирки!)* не окрашивалась в синий цвет), следовательно – представлена смесь $\text{NaCl} + \text{AlCl}_3$;
- если при добавлении раствора щелочи по каплям образовался осадок, который затем растворился в избытке ее раствора, а далее при нагревании на водяной бане идентифицировалось выделение аммиака (влажная индикаторная бумага *над пробиркой (не касаясь пробирки!)* окрасилась в синий цвет), следовательно – представлена смесь $\text{AlCl}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$;
- если при добавлении раствора щелочи по каплям не наблюдалось выпадение осадка, но при нагревании на водяной бане идентифицировалось выделение аммиака (влажная индикаторная бумага *над пробиркой (не касаясь пробирки!)* окрасилась в синий цвет), следовательно – представлена смесь $\text{NaCl} + \text{NH}_4\text{Cl}$.

Система оценивания:

- А) Формулы тривиальных или минералогических названий 0,5 б. $\times 4 = 2$ балла
- Б) Уравнение реакции нагревания $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ тв. (с образованием Na_2CO_3 безводн.) 0,5 балла
расчет значения "x" в пределах [9,75–9,85]..... 1 балл
- В) "?" любое разумное объяснение, связанное с поглощением CO_2 из воздуха 0,5 балла
Уравнения реакций [1–14] 0,5 б. $\times 14 = 7$ баллов
(уравнения *частичного* гидролиза [2] или [4]
" $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{CO}_2)$ " или " $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$ " оцениваются в 0 баллов)
(за неверные коэффициенты в уравнениях реакций [1– 14] – 0,25 б. за каждое уравнение)
- Идентификация каждой из пробирок 1-7 2 б. $\times 7 = 14$ баллов
- Повторная выдача идентифицируемого вещества (или смеси) –1,5 балла
(за каждое вещество или смесь)
- Всего** **25 баллов**