

Решение

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

– «Тяжелый шпат» $BaSO_4$

– «Кристаллическая сода» $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

– «Нашатырь» NH_4Cl

– «Глауберова соль» $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$

Б) Единственная среди перечисленных идентифицируемых соль (пробирки «1»–«7»), которая практически нерастворима ни в воде, ни в растворах большинства минеральных кислот, ни в растворах щелочей – это сульфат бария, **$BaSO_4$** .

Эта соль (в виде водной суспензии) часто используется при исследованиях желудочно-кишечного тракта как *рентгеноконтрастное вещество*.

Рассчитаем примерный объем дистиллированной воды (в л при ст. у.), в котором растворится 0,1 г $BaSO_4$.



Поскольку ни сульфат-ион, ни катион бария практически не подвергаются гидролизу, то растворимость сульфата бария $S = [Ba^{2+}] = [SO_4^{2-}]$.

Следовательно: $K_L (BaSO_4) = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] = S^2 = 10^{-10}$, $S (BaSO_4) = 10^{-5}$ М.

Учитывая количество растворенного $BaSO_4$ (0,1 г / 233 г/моль), а также растворимость S , можно оценить объем необходимой дистиллированной воды.

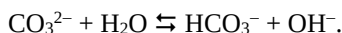
$$V(H_2O) = 0,1 / 233 \cdot 10^{-5} = 42,9 \text{ л } (\sim 43 \text{ л}).$$

В) Среди представленных веществ в пробирках «1»–«7» единственная соль, раствор которой имеет щелочную реакцию среды – *карбонат натрия* ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$).

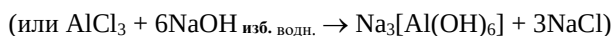
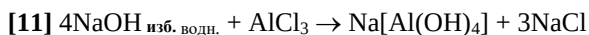
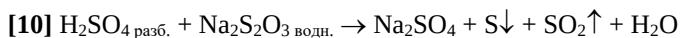
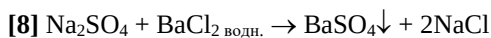
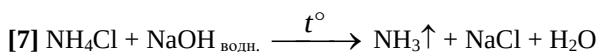
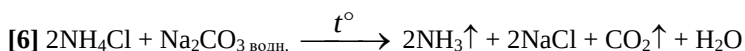
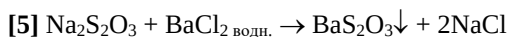
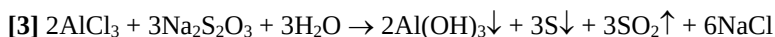
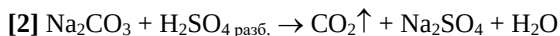
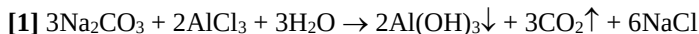
При растворении в воде кристаллогидрат карбоната натрия (ионное соединение, хорошо растворимое в воде), практически полностью диссоциирует:



Карбонат натрия образован «сильным» основанием (NaOH) и «слабой» кислотой ("H₂CO₃"), следовательно, эта соль подвержена *частичному гидролизу* «по аниону»:



Г) Уравнения реакций [1–11], учитывая условия их проведения.



Экспериментальное задание:

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

В условии сказано, что в пробирках «8» и «9» находятся растворы кислоты и щелочи. Определим их содержимое с помощью универсальной индикаторной бумаги. Поместим каплю раствора (при помощи пипетки Пастера) на индикаторную бумагу. В присутствии серной кислоты бумага окрасится в красный цвет (кислая среда), а в присутствии гидроксида натрия – в синий (щелочная среда). Таким образом, мы идентифицировали H_2SO_4 и NaOH .

Приступим к идентификации содержимого пробирок «1»–«7», содержащих *твердые индивидуальные вещества*. Нальем в каждую из этих пробирок ~3 мл дистиллированной воды из промывалки и проверим, растворились ли они при перемешивании. Если какие-то из этих веществ полностью не растворились, можно (*при перемешивании*) добавить еще немного (~1 мл) дистиллированной воды. В одной из пробирок после добавления даже более ~5 мл воды вещество так и не растворилось, следовательно, в этой пробирке был представлен сульфат бария – BaSO_4 .

Далее в решении приводятся формулы солей без молекул кристаллизационной воды.

Среди растворов индивидуальных идентифицируемых веществ можно легко определить Na_2CO_3 – только он дает щелочную реакцию среды. Каплю раствора с помощью пипетки достаточно поместить на полоску универсальной индикаторной бумаги – она окрашивается в синий цвет. Можно дополнительно проверить, добавив к небольшому количеству раствора карбоната немного раствора серной кислоты – происходит характерное «вскипание» (выделение углекислого газа).

Добавим к оставшимся растворам идентифицируемых веществ в пробирках *по каплям при перемешивании* водный раствор гидроксида натрия. Отметим, что только в одной из пробирок наблюдается сначала выпадение гелеобразного осадка ($\text{Al}(\text{OH})_3$), который при добавлении избытка щелочи (*при перемешивании*) растворяется. Следовательно, в этой пробирке – AlCl_3 .

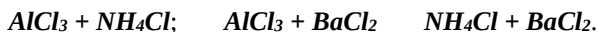
Идентифицировать в одной из пробирок «1»–«7» наличие иона аммония среди оставшихся растворов не составляет труда. Достаточно добавить избыток раствора щелочи, слегка нагреть на водяной бане и поднести влажную полоску универсальной индикаторной бумаги (*не касаясь пробирки!*) – влажная бумага окрасится в синий цвет. Следовательно, в этой пробирке находился **NH₄Cl**.

К 2-3 каплям раствора оставшихся трех идентифицируемых веществ (Na₂S₂O₃, Na₂SO₄ и BaCl₂) добавим несколько капель раствора серной кислоты. В той пробирке, в которой тотчас выпал белый осадок сульфата бария – находился **BaCl₂**.

Для идентификации пробирки с тиосульфатом натрия необходимо учесть, что реакции с тиосульфат-ионом в растворе могут быть кинетически заторможены и при комнатной температуре требуют некоторое время. Действительно, спустя 2-3 минуты после подкисления серной кислотой, образуется мутный раствор (образование серы) – в этой пробирке **Na₂S₂O₃**. Этот процесс можно ускорить, нагрев пробирку на водяной бане. Кроме того, при взаимодействии Na₂S₂O₃ с H₂SO₄ образуется сернистый газ, наличие которого можно определить при помощи влажной универсальной индикаторной бумажки (*не касаясь пробирки!*).

Среди пробирок «1»–«7» неидентифицируемым остался только сульфат натрия **Na₂SO₄**. Его можно определить методом исключения или, например, добавив немного ранее определенного хлорида бария – будет наблюдаться выпадение белого осадка BaSO₄.

Теперь определим содержимое пробирок «10»–«12». По условию задачи в этих пробирках находятся *бинарные смеси твердых хлоридов из перечисленных выше веществ*. Возможные варианты:



К идентифицируемым растворам добавим *по каплям* водный раствор гидроксида натрия. Отметим образование и дальнейшее растворение гелеобразного осадка Al(OH)₃ в пробирках, где содержится AlCl₃. Подтвердим наличие хлорида аммония в пробирках добавлением избытка раствора щелочи и нагреванием на водяной бане (универсальная индикаторная бумага у отверствия

пробирки (*не касаясь пробирки!*) окрашивается в синий цвет). Наличие хлорида бария в смеси можно подтвердить при помощи раствора серной кислоты (или сульфата натрия), при добавлении которого будет образовываться осадок BaSO_4 .

Система оценивания:

А) Формулы тривиальных или минералогических названий 1 б. $\times 4 = 4$ балла

Б) Формула BaSO_4 – 1 балл

Медицинское применение BaSO_4 – 1 балл

Оценка объема H_2O для растворения – 5,5 баллов

В) Указание соли со щелочной реакцией среды в растворе (Na_2CO_3) 1 балл

Уравнения реакций (в ионной форме) диссоциации Na_2CO_3 и *частичного* (только по первой ступени!) гидролиза 1,5 б. $\times 2 = 3$ балла

Г) Уравнения реакций [1–11] 1,5 б. $\times 11 = 16,5$ баллов

(за неверные коэффициенты в уравнениях реакций [1–11] – 0,5 б. за каждое уравнение)

Всего за теоретическую часть (А-Г) 32 балла

Идентификация каждой из пробирок «1»–«12» 4 б. $\times 12 = 48$ баллов

(при неверной идентификации одного из компонентов бинарной смеси (пробирки «10»–«12») – 2 балла)

Повторная выдача идентифицируемого вещества (или смеси) –2 балла

(за каждое вещество или смесь)

Всего – 80 баллов