

1 Введение

1.1 Цель

Определить состав трёх неизвестных веществ (условно названных 01, 10, 11).

1.2 Задачи

1. Найти методы качественного анализа доступные в школьной лаборатории.
2. Применить их к нашим веществам

1.3 Методы

1. Осаждение - получение нерастворимого вещества из нескольких растворов.

ИОНЫ	Ag ⁺	Ba ²⁺	Mn ²⁺
OH ⁻	-	P	H
NO ₃ ⁻	P	P	P
F ⁻	P	M	P
Cl ⁻	H	P	P
Br ⁻	H	P	P
I ⁻	H	P	P
S ²⁻	H	-	H
SO ₃ ²⁻	M	M	H
SO ₄ ²⁻	M	H	P
CO ₃ ²⁻	H	H	H
SiO ₃ ²⁻	H	H	H
PO ₄ ³⁻	H	H	H
CH ₃ COO ⁻	P	P	P

Рис. 1: Часть таблицы растворимости использованная при выполнении работы

2. Получение газа - получение газа из нескольких твердых или жидких веществ или их комбинаций.
3. Окраска пламени - изменение цвета пламени после внесения в него твердого или газообразного вещества.

<i>Sc</i>	Темно-красный
<i>Li</i>	Малиновый
<i>Ca</i>	Кирпично-красный
<i>Na</i>	Желтый
<i>Mo</i>	Желто-Зеленый
<i>Ba</i>	Желтовато-зеленоватый
<i>Cu</i>	Ярко-зеленый
<i>B</i>	Бледно-зеленый
<i>Te</i>	Зеленый
<i>Tl</i>	Изумрудный
<i>Se</i>	Голубой
<i>As</i>	Бледно-синий
<i>In</i>	Сине-фиолетовый
<i>Cs</i>	Розово-фиолетовый
<i>Rb</i>	Красно-фиолетовый
<i>K</i>	Фиолетовый

1.4 Общие сведения о веществах

Вещества 01 и 10 хорошо растворимы в воде, оба раствора имеют нейтральную среду (по лакмусу и фенолфталеину). Нерастворимые гидроксиды из этих веществ не удалось получить добавляя избыток щелочи.

Вещество 11 растворимо в кипятке (и только в нем) частично, при этом часть вещества не растворяется независимо от соотношении растворяемого вещества и воды. Среда в растворе также нейтральна. Гидроксид полученный добавлением к раствору щелочи нерастворим.

2 Определение вещества 01

2.1 Окраска пламени

Так как гидроксид полученный из раствора вещества 01 растворим (см. п. 1.4), логично начать его определение с окраски пламени (см. 1.3.3). Так как щелочные и щелочно-земляные металлы окрашивают пламя, мы сможем легко отличить их от аммония (чей гидроксид также растворим)

Наше вещество не окрасило пламя.

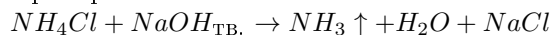
Вывод

Скорее всего катионом нашего вещества является аммоний. Это легко проверить, что и будет сделано в следующем опыте.

2.2 Проба на аммоний

Проба на аммоний представляет собой перетирание твердого вещества с твердым же гидроксидом натрия (и последующим его нагреванием), с тем чтобы почувствовать запах аммиака.

Пример



Наше вещество дало положительную реакцию -



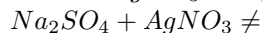
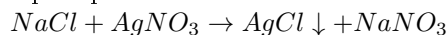
Вывод

Наше вещество содержит ион NH_4^+

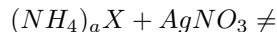
2.3 Реакция с нитратом серебра

Наличие или отсутствие осадка в пробирке с нашим веществом и нитратом серебра позволит нам различить анионы Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , SO_3^{2-} , PO_4^{3-} и CO_3^{2-} от F^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $H_2PO_4^{2-}$ и CH_3COO^- соответственно.

Пример



Реакция с нашим веществом прошла без видимых результатов -



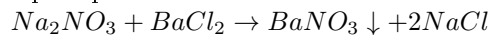
Вывод

Анионом нашего вещества может являться один из перечисленных - F^- , SO_4^{2-} , NO_3^{2-} , $H_2PO_4^-$ и CH_3COO^- .

2.4 Реакция с хлоридом бария

Наличие или отсутствие осадка поможет нам различать анионы F^- и SO_4^{2-} от NO_3^{2-} , CH_3COO^- и $H_2PO_4^-$, соответственно.

Пример



Реакция с нашим веществом прошла с выделением осадка -
 $(NH_4)_aY + BaCl_2 \rightarrow NH_4Cl + BaY$

Вывод

Анионом нашего вещества является один из перечисленных -
 F^- или SO_4^{2-} .

2.5 Реакция с сульфатом магния

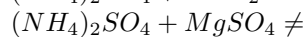
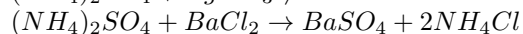
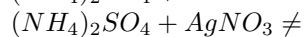
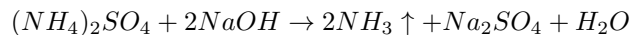
По реакции с сульфатом магния с нашим веществом можно различить сульфат и фторид - фторид магния нерастворим.

Реакция с нашим веществом прошла без видимых результатов - $(NH_4)_aY + MgSO_4 \neq$

2.6 Результат

Согласно результатам предыдущих опытов вещество 01 является сульфатом аммония $((NH_4)_2SO_4)$.

2.6.1 Реальный вид уравнений



3 Определение вещества 10

3.1 Окраска пламени

Наше вещество окрасило пламя в зеленый цвет.

Вывод

Вещество содержит один из элементов - *Ba, Cu, B, Te* или *Tl*.

3.2 Проба на борные кислоты и их соли

Так как зеленую окраску пламени дают несколько элементов, необходимо определить, который из них присутствует в нашем веществе. Наиболее вероятными являются *Ba, Cu, B*, и различить их можно в ходе одной реакции.

Проба на борные кислоты (и их соли) проводится путем синтеза их эфиров, и последующего их поджигания. Эфиры борных кислот окрашивают пламя в зеленый цвет.

Пример (в присутствии H_2SO_4)

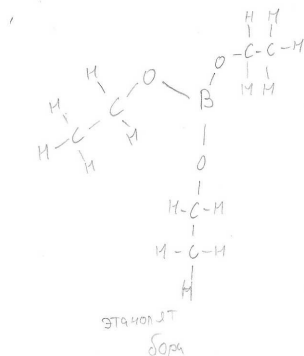
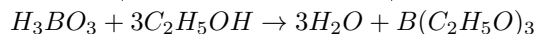


Рис. 2: $B(C_2H_5O)_3$

Наше вещество показало наличие бора

Вывод

Вещество является солью одной из борных кислот (или самой кислотой) - H_3BO_3 (ортоборной), HBO_2 (мета борной), $H_2B_4O_7$ (тетраборной).

Также можно с уверенностью сказать, что в веществе нет бария - его нерастворимого сульфата не было замечено, и не медь - ее сульфат ярко окрашен в синий цвет (чего также не было замечено).

3.3 Борные кислоты и их соли

Наиболее распространенными солями борной кислоты являются бура (тетроборат натрия, $Na_2B_4O_7$) и ашарит (тетраборат магния, $Mg_2B_4O_7$),

Ашаритом вещество 11 быть не может, так как гидроксид магния осаждался бы гидроксидом натрия. Бурой же оно не может быть, так как раствор буры давал бы щелочную среду, как соль слабой кислоты и сильного основания, чего замеченно не было (см. п. 1.4).

3.4 Варка буры

Для одного из опытов с веществом 11 нам нужна была бура ($Na_2B_4O_7$). Сначала, она была приготовлена из заведомой борной кислоты, а затем из нашего вещества. Также варка буры косвенно содержит в себе проверку на кислоту - смешивание раствора испытуемого вещества с раствором же соды, с тем чтобы увидеть выделяющийся углекислый газ.



Рис. 3: $Na_2B_4O_7$

Данный опыт показал, что наше вещество является кислотой.

3.5 Результат

Наше вещество является одной из борных кислот H_3BO_3 , HBO_2 или $H_2B_4O_7$.

3.5.1 Реальный вид уравнений

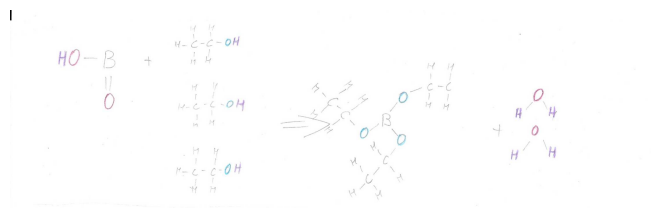
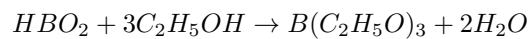


Рис. 4: $H_2B_4O_7 + 12C_2H_5OH$

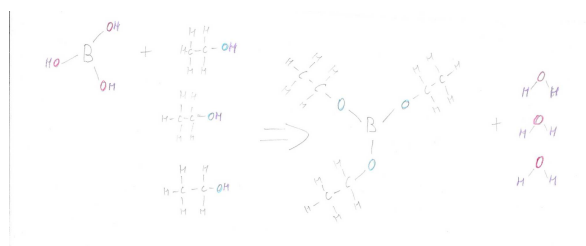
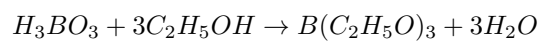


Рис. 5: $HBO_2 + 3C_2H_5OH$

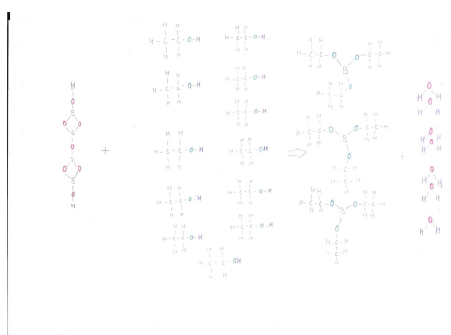
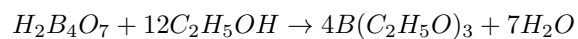
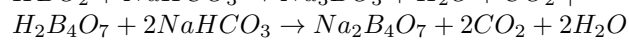
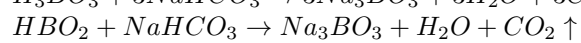
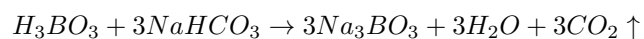


Рис. 6: $H_3BO_3 + 3C_2H_5OH$

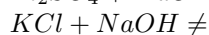
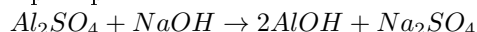


4 Определение вещества 11

4.1 Гидроксид, амфотерность, комплексность

Попытка осаждения раствора вещества гидроксидом натрия позволит нам отличать щелочные металлы, водород и аммоний от земляных и щелочно земляных металлов.

Пример



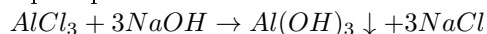
Реакция с нашим веществом прошла с выделением белого осадка.

Вывод

Катионом нашего вещества не является щелочной или щелочно земляной метал.

Далее была проведена проверка гидроксида на амфотерность. Амфотерными называют вещества, которые ведут себя одновременно и как основания, и как кислоты.

Пример



Аналогично ведут себя гидроксиды большинства d-элементов (Cr^{+3} , Fe , Cu , Zn , Cd), некоторые s-элементы (Al , Ga , Pb) и другие. Также к амфотерным гидроксидам можно отнести воду.

Наше вещество явно показало амфотерность, хотя полностью растворено не было.

Наиболее распространенными в школьных лабораториях вещества содержат цинк и алюминий. Их (вернее их гидроксиды) легко различить используя 25% раствор аммиака. Гидроксид цинка в нем растворится.

Реакция раствора аммиака с нашим веществом прошла без видимых результатов.

Вывод

Наше вещество не содержит цинка. Скорее всего, катионом нашего вещества является алюминий, но с уверенностью этого сказать нельзя. Есть подозрения на комплексную или двойную соль.

4.2 Квасцы

Квасцы - двойные соли (сульфаты) одновалентного металла с трех валентным. Обычно в роли трех валентного металла выступает алюминий, реже хром или железо.

$AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Алюмоаммонийные квасцы
$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Алюмокалильные квасцы
$NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Алюмонатриевые квасцы
$RbAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Алюморубидиевые квасцы
$CsAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Алюмоцезейные квасцы
$FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Железоаммонийные квасцы
$KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Железокалийные квасцы
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Хромокалильные квасцы

Из всех выше перечисленных квасцов, нас интересуют только первые, так как остальные "алюмо-" квасцы гидролизуются по основанию (напомним, среда в растворе вещества нейтральная).

Проверить, является ли наше вещество алюмоаммонийным квасцом, можно проведя пробу на аммоний (также как и с первым веществом, см. п. 2.2).

Проба на аммоний прошла без видимых результатов.

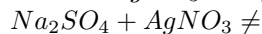
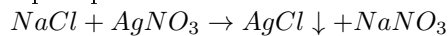
Вывод

Наше вещество не является квасцом.

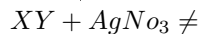
4.3 Реакция с нитратом серебра

Наличие или отсутствие осадка в пробирке с нашим веществом и нитратом серебра позволит нам различить анионы Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , SO_3^{2-} , PO_4^{3-} и CO_3^{2-} от F^- , SO_4^{2-} , HSO_3^- , NO_3^- , $H_2PO_4^{2-}$ и CH_3COO^- соответственно.

Пример



Реакция с нашим веществом прошла без видимых результатов -

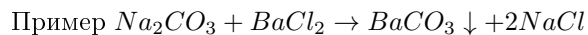


Вывод

Анионом нашего вещества может являться один из перечисленных - F^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $H_2PO_4^{2-}$ и CH_3COO^- .

4.4 Реакция с хлоридом бария

Наличие или отсутствие осадка поможет нам различать анионы F^- , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , CO_3^{2-} и SiO_3^{2-} от Cl^- , Br^- , I^- , HS^- , HSO_3^- , NO_3^{2-} , NO_2^- , H_2PO_4 , HCO_3^- и CH_3COO^- , соответственно.



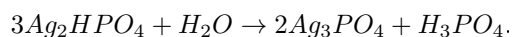
Реакция с нашим веществом прошла с выделением осадка. $XY + BaCl_2 \rightarrow$
Белый осадок

Вывод

Анионом нашего вещества являются один из перечисленных F^- , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , $H_2PO_4^{2-}$, CO_3^{2-} и SiO_3^{2-}

4.5 Анионы-кандидаты

По результатам предыдущих опытов, было установлено, что анионом вещества 11 могут являться: F^- или SO_4^{2-} . HPO_4 мы отвергли в опыте с нитратом серебра, так как гидрофосфат серебра разлагается в воде :



SiO_3 был отвергнут после опыта с хлоридом лития - силикат лития нерастворим.