

11 класс

Молярные массы веществ:

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}; M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}; M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126 \text{ г/моль}; M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 90 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 210 \text{ г/моль}; M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 192 \text{ г/моль}.$$

1. В состав пекарского порошка могут входить только заведомо «съедобные» компоненты: пищевая сода и лимонная кислота. Лимонная кислота входит в состав многих пищевых продуктов, другие кристаллические кислоты в домашней кулинарии не используются. (В профессиональной кулинарии в качестве разрыхлителя используется карбонат аммония, но это индивидуальное вещество).

2. По качественному составу на один элемент (водород) отличаются пищевая сода – гидрокарбонат натрия NaHCO_3 и карбонат натрия Na_2CO_3 .

В NaHCO_3 : $\omega(\text{H}) = (1:84)100\% = 1,19\%$, гидрокарбонат натрия не является кристаллогидратом.

3. Карбонат натрия может быть в виде безводной соли Na_2CO_3 и в виде кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Если $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 62,94\%$, $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 37,06\%$.

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 106:0,3706 = 286,02 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = (286,02 - 106):18 = 10; \text{ формула кристаллогидрата: } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}.$$

(При $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 28,57\%$ $n(\text{H}_2\text{O}) = 2,36$ - не верно).

4. Все выданные вещества твердые, поэтому кислоты могут быть только органическими.

Для определения точной концентрации раствора перманганата калия (стандартизации раствора) в методе перманганатометрического титрования в качестве первичного стандартного вещества используется щавелевая кислота (а также оксалаты натрия или аммония) в сернокислой среде по реакции (1).

Щавелевая кислота в дозе более 5 г токсична, так как необратимо связывает кальций.

5. Массовая доля водорода в щавелевой кислоте: $\omega(\text{H}) = (2:90) \cdot 100\% = 2,22\%$, что подтверждает правильность решения.

Щавелевая кислота – кристаллогидрат, при $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 28,57\%$ $\omega(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 71,43\%$.

$$M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 90:0,7143 = 125,997 = 126 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = (126 - 90):18 = 2; \text{ формула кристаллогидрата: } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}.$$

6. По условию в безводной лимонной кислоте $\omega(\text{H}) = 4,17\%$, $\omega(\text{O}) = 58,33\%$, значит $\omega(\text{C}) = 100 - 4,17 - 58,33 = 37,5\%$.

Соотношение элементов в соединении выражается:

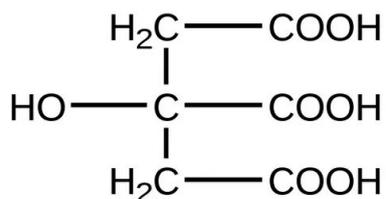
$$\text{H}:\text{C}:\text{O} = \frac{4,17}{1} : \frac{37,5}{12} : \frac{58,33}{16} = 4,17 : 3,125 : 3,6456 = 8 : 6 : 7.$$

Формула безводной лимонной кислоты: $\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7$, $M(\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7) = 192 \text{ г/моль}$.

Кристаллогидрат лимонной кислоты $\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

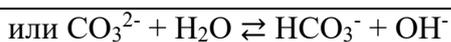
При $n = 1$ $M(\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 210 \text{ г/моль}$; $\omega(\text{O}) = (128:210)100\% = 60,95\%$, что соответствует условию задачи.

Структурная формула лимонной кислоты:

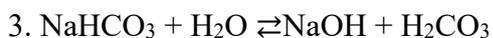


7. Проведение анализа

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| Реагент, условия выполнения реакции | NaHCO_3 | $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ или Na_2CO_3 | $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | $\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или $\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7$ |
| Растворение в воде | Все вещества хорошо растворимы в воде | | | |
| Фенолфталеин | Раствор бледно-розовый (или бесцветный) | Раствор ярко-малиновый | Раствор бесцветный | Раствор бесцветный |
| Универсальная индикаторная бумага | Реакция среды слабо щелочная | Реакция среды щелочная | Реакция среды кислая | Реакция среды кислая |
| HCl | $\uparrow \text{CO}_2$, влажная универсальная индикаторная бумага показывает $\text{pH} \sim 7$. | $\uparrow \text{CO}_2$, влажная универсальная индикаторная бумага показывает $\text{pH} \sim 7$. | - | - |
| CaCl_2 | В <i>разбавленном</i> растворе нет осадка. В <i>концентрированном</i> $\downarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | $\downarrow \text{CaCO}_3$ белый | $\downarrow \text{CaC}_2\text{O}_4$ белый | Нет осадка |
| Уравнения реакций: | | | | |
| 1. $5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ (стандартизация раствора перманганата калия в методе перманганатометрии) | | | | |
| 2. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$ | | | | |

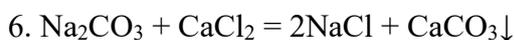
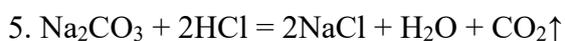
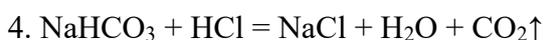


гидролиз соли по первой ступени протекает интенсивно, фенолфталеин дает ярко-малиновую окраску

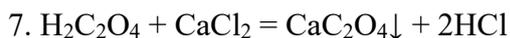


гидролиз кислой соли протекает незначительно, окраска фенолфталеина проявляется слабо.

(Для угольной кислоты константы ионизации при 25°C соответственно $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$)



$\text{NaHCO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow$ в разбавленном растворе осадок не выпадает



Система оценивания:

| | | |
|---|---|-----------|
| 1 | Определен гидрокарбонат натрия, формула подтверждена расчетом (без расчета 0,5 балла) | 1 балл |
| 2 | Определен карбонат натрия | 0,5 балла |
| 3 | Определена формула кристаллогидрата карбоната натрия, подтверждена расчетом | 0,5 балла |
| 4 | Определена щавелевая кислота, формула подтверждена расчетом (без расчета 0,5 балла) | 1 балл |
| 5 | Определена формула кристаллогидрата щавелевой кислоты, подтверждена расчетом | 1 балл |
| 6 | Определена лимонная кислота | 1 балл |
| 7 | Приведена формула лимонной кислоты, подтверждена расчетом | 3 балла |
| 8 | Определена формула моногидрата лимонной кислоты, подтверждена расчетом | 2 балла |
| 9 | Уравнение реакции 1 | 2 балла |

| | | |
|----|--|-----------|
| 10 | Объяснение роли щавелевой кислоты в методе перманганатометрического титрования | 2 балла |
| 11 | Уравнения реакций 2-7 по 1 баллу | 6 баллов |
| 12 | Идентификация веществ в склянках: 4 вещества по 2 балла | 8 баллов |
| 13 | Структурная формула лимонной кислоты | 2 балла |
| | ИТОГО: | 30 баллов |