

## 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  $\text{NaHCO}_3$  и карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

В  $\text{NaHCO}_3$ :  $\omega(\text{H}) = (1:84)100\% = 1,19\%$ , гидрокарбонат натрия не является кристаллогидратом.

3. Карбонат натрия может быть в виде безводной соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  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:

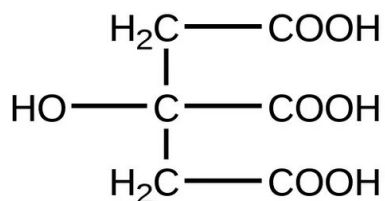
$$\text{H}:\text{C}:\text{O} = \frac{4,17}{1} : \frac{37,5}{12} : \frac{58,33}{16} = 4,17 : 3,125 : 3,6456 = 8 : 6 : 7.$$

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

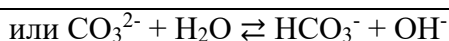
При  $n = 1$   $M(\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 210 \text{ г/моль}$ ;  $\omega(\text{O}) = (128:210)100\% = 60,95\%$ , что соответствует условию задачи.

Структурная формула лимонной кислоты:

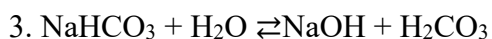


### 7. Проведение анализа

Реагент, условия выполнения реакции	$\text{NaHCO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 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
$\text{HCl}$	$\uparrow \text{CO}_2$ , влажная универсальная индикаторная бумага показывает $\text{pH} \sim 7$ .	$\uparrow \text{CO}_2$ , влажная универсальная индикаторная бумага показывает $\text{pH} \sim 7$ .	-	-
$\text{CaCl}_2$	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
<b>Уравнения реакций:</b>				
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. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$				

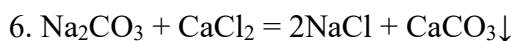
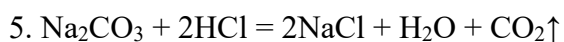
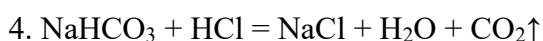


гидролиз соли по первой ступени протекает интенсивно, фенолфталеин дает ярко-малиновую окраску

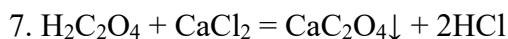


гидролиз кислой соли протекает незначительно, окраска фенолфталеина проявляется слабо.

(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
	<b>ИТОГО:</b>	30 баллов