

Решения экспериментального тура

Девятый класс

(Авторы: Попова Н.Р., Ивахнов А.Д., Хабаров Ю.Г.)

Ответы на теоретические вопросы

1. *Общая жесткость* определяется суммарным содержанием эквивалентов ионов кальция и магния в воде.

Под *карбонатной жесткостью* воды понимается количество эквивалентов ионов кальция и магния, связанных с гидрокарбонат-ионами.

Некарбонатная жесткость воды определяется как разность значений общей и карбонатной жесткости.

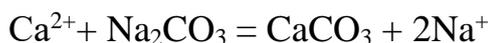
2. $\text{Общая жесткость} = 2 \cdot (\text{C}(\text{Ca}^{2+}) + \text{C}(\text{Mg}^{2+})) = 6.04 \text{ ммоль/л}$;
 $\text{карбонатная жесткость} = \text{C}(\text{HCO}_3^-) = 2.10 \text{ ммоль/л}$; $\text{некарбонатная жесткость} = \text{общая жесткость} - \text{карбонатная жесткость} = 3.94 \text{ ммоль/л}$. Вода Северной Двины является жесткой.

3. Определение содержания кальция на фоне магния проводят в присутствии NaOH, так как в этих условиях образуется плохо растворимый $\text{Mg}(\text{OH})_2$, который в связи с этим не участвует в реакциях с индикатором и трилоном Б, что позволяет определить содержание ионов Ca^{2+} в присутствии ионов Mg^{2+} .

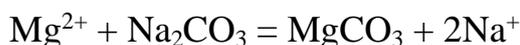
4. Присутствие коэффициента «2» в формуле для вычисления общей жесткости и коэффициента «1/2» в формуле для вычисления содержания ионов магния объясняется тем, что жесткость принято выражать в моль/л эквивалентов ионов кальция и магния, концентрация которых в 2 раза больше содержания самих ионов (это можно понять хотя бы из приведенных в условии молярных масс эквивалентов; при заданной массе каждого элемента количество его эквивалента, имеющего в 2 раза меньшую молярную массу, будет в 2 раза больше количества самого элемента).

5. Найдем массу каждого элемента, содержащуюся в 10 л воды. Она равна 600 мг (0.6 г) для кальция и 300 мг (0.3 г) для магния. Запишем уравнения взаимодействия солей этих элементов с карбонатом натрия и по

пропорции найдем требуемую массу Na_2CO_3 для устранения ионов кальция (X_1) и магния (X_2):



$$X_1 = \frac{m_{\text{Ca}} \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Ca}}} = \frac{0.6 \cdot 106}{40} = 1.59 \text{ г}$$



$$X_2 = \frac{m_{\text{Mg}} \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Mg}}} = \frac{0.3 \cdot 106}{24.3} = 1.31 \text{ г}$$

$$X = X_1 + X_2 = 2.90 \text{ г}$$

Система оценивания

Экспериментальная работа участника оценивается, исходя из относительной погрешности ($\Delta x/x_{\text{ист}}$, %) определения общей жесткости, концентраций кальция и магния в выданном растворе, где $x_{\text{ист}}$ – истинное значение жесткости, истинная концентрация кальция, истинная концентрация магния в выданном растворе; Δx – разница между величиной, полученной участником, и истинным значением.

$\Delta x/x_{\text{ист}}$, %	Баллы		
	Значение жесткости	Содержание кальция	Содержание магния
≤ 5	20	20	20
5-7	18	18	18
7-10	16	16	16
10-15	14	14	14
15-30	12	12	12
>30	10	10	10

Баллы за ответы на вопросы:

1. Определение каждого вида жесткости – по 1 баллу	3
2. Расчет каждого вида жесткости – по 1 баллу Ответ на вопрос о жесткости Северной Двины – 1 балл	4
3. Указание на образование гидроксида магния	4
4. Объяснение присутствия коэффициентов «2» и «1/2»	4
5. Расчет массы соды	5
Максимальная сумма баллов	80