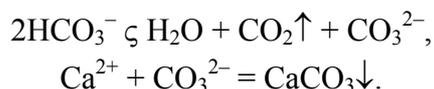


#### Задача 40. Трилометрическое определение магния и кальция в воде

Жесткость воды обусловлена присутствием хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов кальция и магния. При кипячении гидрокарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты:



Устраняемую кипячением жесткость называют временной. Жесткость, обусловленная присутствием хлоридов и сульфатов, не исчезает при кипячении и называется постоянной. Общая жесткость – это сумма временной и постоянной жесткостей. Жесткость воды выражают в мг СаО / 100 см<sup>3</sup> Н<sub>2</sub>О (немецкие градусы,  $D^\circ$ ), в мг СаСО<sub>3</sub> / 100 см<sup>3</sup> Н<sub>2</sub>О (французские градусы,  $F^\circ$ ) и в мг СаСО<sub>3</sub> / 1000 см<sup>3</sup> Н<sub>2</sub>О (американский способ указания жесткости).

**Методика.** Определение общей жесткости воды титрованием этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА)

1. Точно отмеряют 50 см<sup>3</sup> Н<sub>2</sub>О. Вместо «жесткой воды» можно использовать раствор, содержащий ионы Mg<sup>2+</sup> и Са<sup>2+</sup>. Добавляют 2-3 см<sup>3</sup> буферного раствора NH<sub>3</sub> – NH<sub>4</sub>Cl с рН = 10 и 3-4 капли 0.5%-ного спиртового раствора эриохрома Т (индикатор). Раствор приобретает красно-фиолетовую окраску, обусловленную образованием комплекса Mg<sup>2+</sup> с индикатором.

2. Добавляют при перемешивании раствор динатриевой соли ЭДТА известной концентрации 0.01 F (эквивалентна 1 мг СаСО<sub>3</sub> / см<sup>3</sup> ЭДТА, см. вопрос 1). Ионы Са<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> образуют с ЭДТА комплекс состава 1:1. ЭДТА реагирует со свободными ионами Са<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, а в конечной точке титрования ЭДТА свяжет и те ионы Mg<sup>2+</sup>, которые входили в состав комплекса с индикатором. В этой точке индикатор высвобождается и цвет раствора меняется с красного на синий. При рН = 10 переход окраски резкий, что обеспечивает точное определение точки эквивалентности.

Пусть  $V$  – объем раствора ЭДТА, израсходованный на титрование,  $C$  – его концентрация в мг СаСО<sub>3</sub>, эквивалентных 1 см<sup>3</sup> раствора ЭДТА. При объеме образца воды 50 см<sup>3</sup> жесткость воды в мг СаСО<sub>3</sub> / 100 см<sup>3</sup> Н<sub>2</sub>О рассчитывается по формуле

$$F^\circ = 2VC.$$

Если  $C = 0.01 F \sim 1 \text{ мг СаСО}_3 / 1 \text{ см}^3 \text{ ЭДТА}$ , то  $F^\circ = 2V$ .

## Вопросы

1. Докажите, что концентрация раствора ЭДТА 0.01 F эквивалентна 1 мг  $\text{CaCO}_3$  на 1  $\text{cm}^3$  ЭДТА.
2. Как рассчитать жесткость  $F^\circ$ , если объем образца воды 25  $\text{cm}^3$ ?
3. Выразите экспериментально определенную жесткость в  $D^\circ$  и в мг  $\text{CaCO}_3 / \text{dm}^3 \text{H}_2\text{O}$ .
4. Можно ли использовать описанную выше методику, если в растворе присутствуют ионы  $\text{Ca}^{2+}$ , а ионов  $\text{Mg}^{2+}$  нет? Как следует модифицировать методику?
5. Во многих городах для защиты зубной эмали в воду добавляют фторид-ионы. Можно ли достичь желаемой концентрации фторид-ионов 1 часть на миллион (1 ppm) в воде со временной жесткостью  $1.0 \times 10^{-3}$  M без осаждения осадка  $\text{CaF}_2$ ? Произведение растворимости  $\text{CaF}_2$   $1.7 \times 10^{-10}$ .