

## Лабораторная работа «Определение жесткости воды»

**Цель работы** - научиться определять временную, постоянную и общую жёсткость воды.

### Опыт I. Определение временной жёсткости воды

#### Выполнение опыта

Так как вода, содержащая гидрокарбонаты кальция и магния имеет щелочную реакцию (почему?), определение карбонатной жёсткости производится непосредственным титрованием воды соляной кислотой в присутствии индикатора - метилового оранжевого.

Для анализа в коническую колбу отмерить с помощью мерного цилиндра **100** мл исследуемой воды. Добавить 2-3 капли индикатора **метилового оранжевого**.

В приготовленную заранее бюретку налить 0,1N раствор **соляной кислоты**. Установить уровень на нулевое деление и по каплям приливать соляную кислоту в воду до изменения окраски раствора от **жёлтой до оранжево-розовой**. Определить объём израсходованной на титрование кислоты.

Титрование повторить ещё два раза, каждый раз доливая в бюретку кислоту до нулевого деления.

Результаты титрования записать в таблицу 1:

Таблица 1

№ титрования	Объем H <sub>2</sub> O V(H <sub>2</sub> O), мл	Объем раствора HCl V (HCl), мл	Средний объем раствора HCl V <sub>сред</sub> (HCl), мл	Нормальность раствора HCl C <sub>н</sub> (HCl), моль/л
1	100			
2	100			
3	100			

#### Оформление результатов опыта

1. Написать уравнения протекающих химических реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде. Объяснить, почему вода имеет щелочную реакцию. Записать закон эквивалентов.

2. Рассчитать временную жесткость воды (*Ж<sub>врем</sub>* в мэкв/л) по формуле:

$$Ж_{врем} = \frac{C_{н} (HCl) \cdot V_{сред}(HCl)}{V(H_2O)} \cdot 1000$$

## Опыт 2. Определение общей жёсткости воды трилонометрическим методом

Метод основан на комплексонометрическом титровании исследуемой воды с применением **реактива трилона Б** (натриевой соли этилендиамина тетрауксусной кислоты) в присутствии индикатора **эриохрома черного Т**.

В присутствии ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  при  $\text{pH} = 7-11$  индикатор за счёт образования комплексов с этими ионами приобретает характерный **лилово-красный цвет**.

При добавлении трилона Б эти комплексы распадаются и ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  связываются в бесцветный более прочный комплекс с трилоном Б, а раствор приобретает **бледно-синюю окраску** индикатора.

Изменение окраски происходит в тот момент, когда израсходуются все ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . При этом количество вступившего в реакцию трилона Б эквивалентно количеству ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .

### Выполнение опыта

Для анализа в коническую колбу отмерить **50 мл** исследуемой воды и добавить **5мл аммонийного буферного раствора** ( $\text{NH}_4\text{OH}+\text{NH}_4\text{Cl}$ ) и микрошпатель индикатора **эриохрома черного**.

Затем 0,01N раствором **трилона Б** оттитровать пробу воды до перехода **лилово-красной окраски в синюю**.

Титрование повторить ещё два раза.

Результаты титрования записать в таблицу 2:

Таблица 2

№ титрования	Объем $\text{H}_2\text{O}$ $V(\text{H}_2\text{O}), \text{мл}$	Объем раствора трилона Б, $V(\text{трилонаБ}), \text{мл}$	Средний объем раствора трилона Б $V_{\text{сред}}(\text{трилонаБ}), \text{мл}$	Нормальность раствора трилона Б $\text{Сн}(\text{трилонаБ}), \text{моль/л}$
1	50			
2	50			
3	50			

## Оформление результатов опыта:

1. Записать закон эквивалентов. Рассчитать общую жесткость воды (*Ж общая* в мэкв/л) по формуле:

$$Ж_{общая} = \frac{Сн \text{ (трилонаБ)} \cdot V_{\text{сред(трилонаБ)}}}{V(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000$$

2. Определить по таблице 2.1 к какой группе относится анализируемая вода.
3. Рассчитать постоянную жесткость воды (*Ж постоянная* в мэкв/л), зная её общую и временную жёсткость:

$$Ж_{постоянная} = Ж_{общая} - Ж_{врем.}$$

## Приложение

Таблица 2.1

Величина общей жесткости (мэкв/л)	Группа воды
До 2	мягкая
2...6	средней жесткости
6...10	жесткая
более10	очень жесткая

## Оформление лабораторной работы в рабочей тетради

- 1) Название лабораторной работы
- 2) Опыт № 1, название опыта. Таблица 1, оформление опыта 1.
- 3) Опыт № 2, название опыта. Таблица 2, оформление опыта 2.
- 4) Конспект ответов на контрольные вопросы и задачи.

### Контрольные вопросы и задачи

1. Что такое жёсткость воды, влияние жесткости воды на физиологические и биологические процессы жизнедеятельности организмов, на санитарно-бытовые свойства воды, на строительные сооружения.
2. Виды жёсткости. В каких единицах выражается жёсткость воды?
3. Как можно определить временную жёсткость воды?
4. Почему вода, обладающая временной жёсткостью, имеет щелочную реакцию?

5. Как определить общую жёсткость воды?
6. Как определить постоянную жёсткость воды?
7. Сущность известкового способа умягчения воды. Написать протекающие реакции.
8. Известково-содовый способ умягчения воды, его сущность, химические реакции.
9. Ионообменный способ умягчения воды.
10. Сущность метода, применяемого в методике определения жесткости воды. Какой закон лежит в основе титриметрического анализа? Приведите его математическую запись.
3. Какому содержанию  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  соответствует жёсткость 1 мэкв/л?
11. Минеральная вода содержит 0,3894 г/л ионов кальция и 0,0884 г/л ионов магния. Какова общая жесткость этой воды?
12. Сколько граммов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  необходимо прибавить к 1000 л воды, чтобы удалить временную жесткость, равную 2,86 мэкв/л?
13. Жесткость воды, содержащей только гидрокарбонат магния равна 2 мэкв/л. Определите массу гидрокарбоната, содержащегося в 10 л воды.
14. При кипячении 250 мл воды, содержащей гидрокарбонат кальция, выпал осадок массой 3,5 мг. Чему равна жёсткость воды?
15. Вычислить временную жесткость воды, зная, что на титрование 100 мл этой воды потребовалось 4 мл 0,05N раствора хлороводородной кислоты.

### Литература

1. В.И.Слесарев. Химия: Основы химии живого.– СПб.: Химиздат, 2000-2005.– 784 с.
2. Ю.А.Ершов, В.А.Попков, А.С.Берлянд, А.В.Книжник, Н.И.Михайличенко. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов.–М.: Высшая школа, 1992-2005.– 560 с.
3. С.А. Пузаков. Химия. М.: Медицина, 1995 – 2006.– 640с.
4. А.С. Ленский. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию.– М.: Высшая школа, 1989.– 256с.
5. В.А. Попков. Учебно-методическое пособие по общей химии для студентов лечебных и медико-профилактического факультетов. Часть 1. –Москва.: ММА им. И.М. Сеченова. 1993.– 225с.
6. А.В.Суворов, А. Б. Никольский. Вопросы и задачи по общей химии.– СПб.: Химиздат, 2002. – 304с.
7. И.К.Цитович. Курс аналитической химии.– СПб.: Издательство «Лань», 2004.– 496 с.
8. В.Н.Алексеев. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972.
9. В.П.Васильев. Аналитическая химия. Ч.1 и 2.– М.: Высшая школа, 1989.
10. А.П. Крешков. Основы аналитической химии. Т. 2 и 3.– М.: Химия, 1978.