

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР**

### **ЗАДАНИЯ**

#### **ДЕВЯТЫЙ КЛАСС**

Для обеспечения процессов жизнедеятельности растений, животных и человека большое значение имеет рН воды, почвы. Напомним, что  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ , где  $[\text{H}^+]$  – равновесная концентрация ионов водорода, которая в водном растворе связана с концентрацией гидроксид-ионов следующим образом:  $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w = 10^{-14}$ ; в нейтральной среде  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$  М и  $\text{pH} = 7$ , в кислой –  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  и  $\text{pH} < 7$ , в щелочной –  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$  и  $\text{pH} > 7$ . В зависимости от рН почвы на ней будут расти различные виды растений, что учитывается агрономами при посадках сельскохозяйственных культур. При этом почвы могут подщелачиваться или подкисляться специальными удобрениями. Кровь человека также имеет определенное значение рН.

Величина рН, а также способность воды или почвы поддерживать постоянное значение рН при изменении внешних условий определяются таким параметром, как общая щелочность. Общая щелочность воды определяется суммой содержащихся в ней анионов  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Поэтому необходимо уметь определять наличие и концентрацию этих анионов в водах разного типа.

#### **Теоретические вопросы**

1. Объясните, почему присутствие в растворе ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  обуславливает щелочную реакцию среды? Приведите уравнения реакций, подтверждающие Ваш ответ.
2. Почему раствор, содержащий анионы  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , сохраняет примерно постоянное значение pH при добавлении в него небольших количеств сильной кислоты или сильного основания? Ответ проиллюстрируйте соответствующими уравнениями реакций.
3. Напишите уравнения реакций (в молекулярном и сокращенном молекулярно-ионном виде), протекающих при титровании соляной кислотой с метиловым оранжевым и фенолфталеином следующих соединений:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ .

### Эксперимент

В данной работе Вам предлагается определить общую щёлочность образца воды. Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, проанализируйте выданный Вам образец воды и определите его щелочность, качественный состав и концентрацию анионов (моль/л) с точностью до 0.001 моль/л. Результаты занесите в колонку «Полученное значение» таблицы 1, которая вклеена в Ваш рабочий журнал. В ячейке, соответствующей отсутствующему компоненту, поставьте прочерк.

Установление состава смесей указанных ионов основано на титровании соляной кислотой с двумя индикаторами – метиловым оранжевым и фенолфталеином.

### Области перехода кислотно-основных индикаторов

Индикатор	pH															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Метиловый оранжевый	красная			3,0–4,4 оран- жевая		желтая										
Фенолфталеин	бесцветная								8,1–9,8		розовая					

**Реактивы:** 0,10 М  $\text{HCl}$ , растворы индикаторов в капельницах: метиловый оранжевый, фенолфталеин.

**Оборудование:** пипетка Мора (10 мл), бюретка (25 мл), воронка для бюретки, конические колбы для титрования (100 мл) – 3 шт.

### Методика выполнения титрования

Бюретку заполняем раствором кислоты. Из склянки с анализируемым образцом воды отбираем аликвоту 10 мл и переносим в колбу для титрования. Добавляем индикатор фенолфталеин, 2–3 капли (раствор должен быть светло-розовым) и титруем до обесцвечивания раствора. Записываем объем кислоты ( $V_1$ ), израсходованный на титрование с индикатором фенолфталеином. В этот же раствор добавляем индикатор метиловый оранжевый, 2–3 капли и продолжаем титровать. Титруем до изменения окраски раствора от желтой к оранжевой. Записываем объем кислоты ( $V_2$ ), израсходованный на титрование с индикатором метиловым оранжевым. Повторяем всю процедуру до получения трех сходящихся результатов, которые усредняем.

### Расчет результатов титрования

По результатам титрования определяем щелочность раствора и содержание каждого из компонентов.

Расчет общей щелочности воды ( $A$ ) проводят по формуле:

$$A = (V_1 + V_2) \cdot C(\text{HCl}) / V_{\text{п}} \text{ (моль/л)},$$

где

$V_1$  – объем кислоты, израсходованный на титрование с фенолфталеином, мл

$V_2$  – объем кислоты, израсходованный на титрование с метиловым оранжевым, мл

$C(\text{HCl})$  – концентрация кислоты, моль/л

$V_{\text{п}}$  – объем пипетки, 10 мл

При титровании могут реализоваться три различные ситуации:  $V_1 = V_2$ ,  $V_1 < V_2$  и  $V_1 > V_2$ . В зависимости от этого, расчет количественного содержания компонентов раствора проводят по следующим формулам:

1. Если  $V_1 = V_2$ , то в воде содержится только  $\text{CO}_3^{2-}$

$$C(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V_1}{V_{\text{п}}} \text{ (моль/л)},$$

где

$C(\text{CO}_3^{2-})$  – концентрация карбонат-ионов в анализируемом растворе, моль/л

$C(\text{HCl})$  – концентрация кислоты, моль/л

$V_1$  – объем кислоты, израсходованный на титрование с индикатором фенолфталеином, мл

$V_{\text{п}}$  – объем пипетки, 10 мл

**2.** Если  $V_1 < V_2$ , то в воде находятся  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ .

При этом для расчета концентрации карбонат-ионов используется формула, аналогичная случаю 1. Концентрацию гидрокарбонат-ионов можно рассчитать по следующей формуле:

$$C(\text{HCO}_3^-) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot (V_2 - V_1)}{V_{\text{п}}} \text{ (моль/л),}$$

где

$C(\text{HCO}_3^-)$  – концентрация гидрокарбонат-ионов в анализируемом растворе, моль/л

$C(\text{HCl})$  – концентрация кислоты, моль/л

$V_1$  – объем кислоты, израсходованный на титрование с индикатором фенолфталеином, мл

$V_2$  – объем кислоты, израсходованный на титрование с индикатором метиловым оранжевым, мл

$V_{\text{п}}$  – объем пипетки, 10 мл

**3.** Если  $V_1 > V_2$ , то в воде находятся  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{OH}^-$ .

При этом для расчета концентрации карбонат-ионов используется формула, аналогичная случаю 1. Концентрацию гидроксид-ионов можно рассчитать по следующей формуле:

$$C(\text{OH}^-) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot (V_1 - V_2)}{V_{\text{п}}} \text{ (моль/л),}$$

где

$C(\text{OH}^-)$  – концентрация гидроксид-ионов в анализируемом растворе, моль/л

$C(\text{HCl})$  – концентрация кислоты, моль/л

$V_1$  – объем кислоты, израсходованный на титрование с индикатором фенолфталеином, мл

$V_2$  – объем кислоты, израсходованный на титрование с индикатором метиловым оранжевым, мл

$V_{\text{п}}$  – объем пипетки, 10 мл