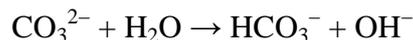
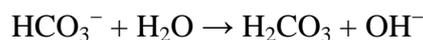


РЕШЕНИЯ

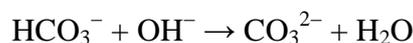
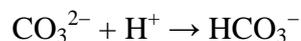
ДЕВЯТЫЙ КЛАСС (О.Л. Саморукова, В.В. Апяри)

Ответы на теоретические вопросы

1. Щелочная реакция среды растворов гидрокарбонатов и карбонатов обусловлена гидролизом анионов слабых кислот:

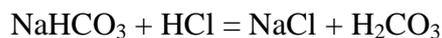
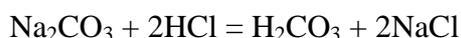
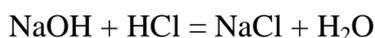


2. При добавлении к раствору, содержащему анионы HCO_3^- и CO_3^{2-} , сильной кислоты или основания протекают, соответственно, следующие реакции кислотно-основного взаимодействия:

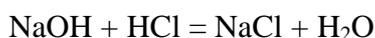


В этих реакциях ионы H^+ и OH^- , отвечающие за изменение pH раствора, расходуются (превращаются, соответственно, в более слабую кислоту или основание). Поэтому pH раствора изменяется мало.

3. Установление количественного состава смесей указанных ионов основано на титровании соляной кислотой с двумя индикаторами – метиловым оранжевым и фенолфталеином. Титрование с метиловым оранжевым протекает до воды или угольной кислоты:



Титрование с фенолфталеином протекает до воды или гидрокарбоната натрия:





Эксперимент

Ниже приведен один из возможных вариантов решения задачи для случая смеси, содержащей 0,050 М Na₂CO₃ и 0,030 М NaHCO₃:

Бюретку заполняем раствором кислоты. Отбираем 10 мл выданного раствора и переносим в колбу для титрования. Добавляем индикатор фенолфталеин 2–3 капли (наблюдаем появление розовой окраски) и титруем до обесцвечивания раствора. Записываем объем кислоты (V_1), израсходованный на титрование с индикатором фенолфталеином. В этот же раствор добавляем 2–3 капли индикатора метиловый оранжевый и продолжаем титровать до перехода окраски из желтой в оранжевую. Записываем объем кислоты (V_2), израсходованный на титрование с индикатором метиловым оранжевым. Повторяем титрование до получения трех сходящихся результатов.

Результаты титрования:

V_1 , мл:	4,9	5,0	5,1	$V_{1, \text{cp}} = 5,0$ мл
V_2 , мл:	7,8	8,1	8,1	$V_{2, \text{cp}} = 8,0$ мл

Вычислим значение общей щелочности по суммарному объему титранта, пошедшего на титрование 10 мл выданного раствора:

$$A = \frac{C(\text{HCl}) \cdot (V_1 + V_2)}{V_{\text{н}}} = \frac{0,1 \text{ М} \cdot (5,0 \text{ мл} + 8,0 \text{ мл})}{10 \text{ мл}} = 0,130 \text{ М}$$

Установим качественный состав пробы и найдем концентрации анионов:

Видим, что $V_1 < V_2$, что соответствует случаю 2 из описанных в условии, поэтому данная вода содержит карбонат- и гидрокарбонат-ионы. Произведем расчет их концентрации по соответствующим формулам:

$$C(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V_1}{V_{\text{н}}} = \frac{0,1 \text{ М} \cdot 5,0 \text{ мл}}{10 \text{ мл}} = 0,050 \text{ М}$$

$$C(\text{HCO}_3^-) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot (V_2 - V_1)}{V_{\text{н}}} = \frac{0,1 \text{ М} \cdot (8,0 \text{ мл} - 5,0 \text{ мл})}{10 \text{ мл}} = 0,030 \text{ М}$$

Система оценивания

1. За обоснованное объяснение, почему присутствие в растворе ионов HCO_3^- и CO_3^{2-} обуславливает щелочную реакцию среды – **1 балл**

За соответствующие уравнения реакций – по 0,5 балла = **1 балл**

2. За обоснованное объяснение, почему раствор, содержащий анионы HCO_3^- и CO_3^{2-} , сохраняет примерно постоянное значение рН при добавлении в него небольших количеств сильной кислоты или сильного основания – **1,5 балла**

За соответствующие уравнения реакций – по 0,5 балла = **1 балл**

3. За уравнения реакций, протекающих при титровании – по 1 баллу (за молекулярное) и по 0,5 баллов (за сокращенное молекулярно-ионное) = **7,5 баллов**

4. За расчет общей щелочности (как таковой, невзирая на погрешность) – **2 балла**

5. За определение концентраций ионов:

Критерием оценки являются абсолютные величины разности (Δ_c , моль/л) между реальными значениями концентраций анионов и величинами, полученными участником, **независимо для каждого аниона**, в соответствии со следующей таблицей:

Δ_c , моль/л	Баллы
$\leq 0,002$	18
0,002 – 0,004	17
0,004 – 0,006	16
0,006 – 0,010	12
0,010 – 0,015	8
$> 0,015$	6
Анион определен неправильно	6

Полученные по каждому аниону баллы суммируются.

ИТОГО: 50 баллов