

Занятие 13. Буферные растворы. Расчет pH буферных растворов. Влияние факторов на буферную емкость.

Контрольные вопросы.

1. Протолитическое равновесие в буферных растворах. Классификация буферных растворов. Механизм буферного действия.
2. Буферная емкость и её определение.
3. Значение pH в буферных растворах (уравнение Гендерсона-Гассельбаха).
4. Роль буферных систем в организме человека. Использование буферных систем в анализе.

Буферные растворы.

Буферные растворы поддерживают постоянное значение pH среды при добавлении небольших количеств сильных кислот и оснований, а также при разбавлении или концентрировании раствора.

Механизм действия их основан на смещении ионных равновесий, поскольку буферные растворы представляют собой сопряжённую кислотно-основную пару. Буферные растворы имеют две количественные характеристики: pH и буферную ёмкость.

Расчёт pH буферных растворов

Для буферных растворов величина pH определяется природой и концентрациями растворённых веществ.

А) Буферный раствор, состоящий из слабой кислоты и её соли

$$[H^+] = K_A \cdot C_{HA} / C_{соли} \Rightarrow$$

$$pH = pK + \lg \frac{C_{соли}}{C_{HA}}$$

Б) Буферный раствор, состоящий из слабого основания и его соли

$$[OH^-] = K_B \cdot C_B / C_{соли} \Rightarrow$$

$$pH = pK_w - pK_B - \lg \frac{C_{соли}}{C_B}$$

Примеры решения задач по расчёту pH буферных растворов.

Пример 3. Рассчитать pH буферной смеси, содержащей 0,02 моль/дм³ раствор NH₄OH и присутствии 0,2 моль/дм³ раствора NH₄Cl.

Решение.

Из справочных таблиц находят $pK_{NH_4OH} = 4,75$, подставляют в формулу

$$pH = 14 - pK_{NH_4OH} + \lg C_{NH_4OH} / C_{NH_4Cl}$$

$$pH = 14 - 4,75 + \lg 0,02 / 0,2 = 9,35 \text{ среда основная.}$$

Пример 4. К 100 см³ 0,2 моль/дм³ раствора HCOOH прибавили 50 см³ 0,5 моль/дм³ HCOONa. Вычислить pH полученного раствора.

Решение.

Для расчёта новой концентрации кислоты и соли используют закон эквивалентов: $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$, где: C_1 и V_1 - начальные концентрации объёмы кислоты и соли,

C_2 и V_2 - концентрации и объёмы их после смешивания растворов. Поскольку HCOOH - одноосновная кислота, то $C_2 = C_M$.

$$C_{2 \text{ HCOOH}} = C_{1 \text{ HCOOH}} \cdot V_{2 \text{ HCOOH}} / V_{\text{общ}} = 0,2 \cdot 100 / 150 = 0,13 \text{ моль/дм}^3$$

$$C_{2 \text{ HCOONa}} = C_{1 \text{ HCOONa}} \cdot V_{1 \text{ HCOONa}} / V_{\text{общ}} = 0,5 \cdot 50 / 150 = 0,17 \text{ моль/дм}^3$$

Из справочных таблиц находим $pK_{\text{HCOOH}} = 3,75$, тогда:

$$pH = pK_{\text{HCOOH}} - \lg C_{\text{HCOOH}} / C_{\text{HCOONa}} = 3,75 - \lg 0,13 / 0,17 = 3,87 \text{ среда кислая}$$

Пример 5. Вычислить pH буферной смеси CH₃COOH + CH₃COONa, содержащей каждый компонент в концентрации 0,1 моль/дм³. Рассчитать, как изменится pH при добавлении к 1 дм³ смеси: а) 0,01 моль/дм³ раствора HCl;

б) 0,01 моль/дм раствора NaOH;

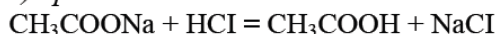
в) при разбавлении смеси водой в 10 раз.

Решение.

Находят в справочных таблицах $pK_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 4,76$, тогда:

$$pH = pK_{\text{CH}_3\text{COOH}} - \lg C_{\text{CH}_3\text{COOH}} / C_{\text{CH}_3\text{COONa}} = 4,76 - \lg 0,1 / 0,1 = 4,76 \text{ среда слабокислая}$$

а) при добавлении HCl:

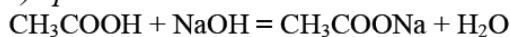


При добавлении к 1 дм буферной смеси 0,01 моль/дм³ раствора HCl концентрация CH₃COOH увеличится, а концентрация CH₃COONa уменьшится на 0,01 моль и станут равными:

$$C_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,11 \text{ моль/дм}^3, C_{\text{CH}_3\text{COONa}} = 0,0900 \text{ моль/дм}^3.$$

$$pH = 4,76 - \lg 0,11 / 0,09 = 4,76 - 0,09 = 4,67$$

б) при добавлении NaOH:



При добавлении 0,01 моль/дм³ раствора NaOH к 1 дм³ буферной смеси концентрация CH₃COOH уменьшится, а концентрация CH₃COONa увеличится на 0,01 моль и станут равными: $C_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,09 \text{ моль/дм}^3$ $C_{\text{CH}_3\text{COONa}} = 0,1100 \text{ моль/дм}^3$.

$$pH = 4,76 - \lg 0,09 : 0,11 = 4,76 + 0,1 = 4,86$$

в) при разбавлении буферного раствора водой в 10 раз получают:

$$pH = 4,76 - \lg 0,01 : 0,01 = 4,76$$

Как видно, буферный раствор во всех приведенных случаях поддерживает pH на одинаковом уровне.

Задачи:

- 1 Как изменится pH и степень диссоциации CH₃COOH в 0,2М растворе, если к 100 мл этого раствора прибавили 30 мл 0,3М CH₃COONa.
- 2 Вычислить pH раствора, если к 2 литрам воды прибавили 23г HCOOH и 21г HCOOK.
- 3 Какую среду (кислую, нейтральную или щелочную) имеют водные растворы солей (NH₄)₂CO₃, Na₃PO₄, Al₂(SO₄)₃, KCl ?
- 4 .К 20мл воды прибавили 5мл 3М раствора KNO₂. Вычислить pH раствора и степень гидролиза соли.
- 5 Вычислить концентрацию ионов [H⁺] и pH раствора полученного смешением 15мл 0,1М раствора HCOOH и 12мл 0,2М раствора HCOONa.
- 6 В 500мл раствора содержится 2,52г Na₂CO₃. Определить pH и степень гидролиза соли.
- 7 Рассчитать pH полученного раствора, если к 100мл 0,0375М CH₃COOH прибавили 0,102г CH₃COONa.
- 8 Вычислить pH смеси, содержащей равные объёмы 5%-ных растворов азотистой кислоты и её натриевой соли. (Ответ:3,23)

- 9 Вычислить pH буферной смеси, содержащей равные объёмы 5%-ных растворов аммиака и хлорида аммония. (Ответ: 9,44)
- 10 Рассчитать pH аммиачной буферной системы, содержащей по 0,5 моль/дм³ раствора аммиака и хлорида аммония. Как изменится pH при добавлении к 1 дм этой смеси:
- а) 0,1 моль/дм³ раствора хлороводородной кислоты;
 - б) 0,1 моль/дм³ раствора гидроксида натрия;
 - в) при разбавлении водой в 10 раз. (Ответ: 9,25; 9,12; 9,39, 9,25)
- 11 Вычислить pH буферной смеси, содержащей 0,01 моль/дм³ раствор уксусной кислоты и 0,1 моль/дм³ раствор ацетата натрия. (Ответ: 5,76)