

Вычисление соотношения концентраций кислоты и соли для получения буферной смеси с заданным значением pH

Задача 45.

Вычислите, в каком соотношении надо смешать ацетат натрия и уксусную кислоту, чтобы получить буферный раствор с $\text{pH} = 5,00$.

Решение:

$$K_D(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,78 \cdot 10^{-5}.$$

Зная pH раствора можно рассчитать концентрацию ионов водорода H^+ , получим:

$$\text{pH} = 5,00, [\text{H}^+] = 10^{-5} = 10^{-5} \cdot 0,00 = 1 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3.$$

Для буферных растворов, образованных слабой кислотой и солью этой кислоты, $[\text{H}^+]$ находят по формуле:

$$[\text{H}^+] = K_D \cdot C_k/C_c = K_D(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot C_M(\text{CH}_3\text{COOH})/C_M(\text{CH}_3\text{COONa})$$

Из этого выражения вычислим, в каком соотношении надо смешать ацетат натрия (CH_3COONa) и уксусную кислоту (CH_3COOH), чтобы получить буферный раствор с $\text{pH} = 5,00$, получим:

$$\begin{aligned} C_M(\text{CH}_3\text{COOH})/C_M(\text{CH}_3\text{COONa}) &= [\text{H}^+]/K_D(\text{CH}_3\text{COOH}); \\ C_M(\text{CH}_3\text{COOH})/C_M(\text{CH}_3\text{COONa}) &= (1 \cdot 10^{-5})/(1,78 \cdot 10^{-5}) = 1:1,8. \end{aligned}$$

Таким образом, для получения буферного раствора с $\text{pH} = 5$ надо смешать CH_3COOH и CH_3COONa в отношении 1:1,8, т.е. на 1,0 частей CH_3COOH надо взять 1,8 частей CH_3COONa .

Задача

46.

Формиатный буферный раствор имеет $\text{pH} = 5,50$. Рассчитайте соотношение концентраций муравьиной кислоты и формиата натрия в этом растворе, если $K_D = 1,77 \cdot 10^{-4}$.

Решение:

$$K_D(\text{HCOOH}) = 1,77 \cdot 10^{-4}$$

$\text{pH} = 5,50, [\text{H}^+] = 10^{-5,50} = 10^{-6} \cdot 0,50 = 3,16 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3$. Из формулы примера $[\text{H}^+] = K_D \cdot C_k/C_c$ следует:

$$\begin{aligned} C_M(\text{HCOOH})/C_M(\text{HCOONa}) &= [\text{H}^+]/K_D(\text{HCOOH}); \\ C_M(\text{HCOOH})/C_M(\text{HCOONa}) &= (3,16 \cdot 10^{-6})/(1,77 \cdot 10^{-4}) = 0,018. \end{aligned}$$

Таким образом, для получения буферного раствора с $\text{pH} = 5,5$ надо смешать HCOOH и HCOONa в отношении 0,018:1 = 1:55,5, т.е. на 1 часть HCOOH нужно взять примерно 55,5 частей HCOONa .

Задача

47

Вычислите pH раствора, полученного смешенного 38 см^3 6,2 Н. раствора уксусной кислоты и 2 см^3 2,0 Н. раствора ацетата натрия.

Решение:

Получается буферный раствор - смесь слабой кислоты и ее соли (анионов слабой кислоты):

$$pH = pK_a + \lg[\text{соли}]/[\text{кислоты}]$$

$C_M = C_N/z$, где z - число эквивалентности.

Для кислоты число эквивалентности (z) равно основности, для соли - числу катионов или анионов, умноженному на заряд соответствующего иона. Уксусная кислота - одноосновная, поэтому $z = 1$. В формуле ацетата натрия имеется по 1 иону с единичным зарядом, поэтому для ацетата натрия $z = 1$. Соответственно, для уксусной кислоты и ацетата натрия $C_N = C_M$.

При смешивании растворов получен буферный раствор объемом 40 см^3 ($38 + 2 = 40$) = $0,04 \text{ дм}^3$.

Так как $C_1V_1 = C_2V_2$; $C_N(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH}) = C_N(\text{CH}_3\text{COONa}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COONa})$

отсюда:

$$C_M(\text{CH}_3\text{COONa}) = [C_N(\text{CH}_3\text{COONa}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COONa})]/V(\text{буф.}) = (6,2 \cdot 0,038)/0,04 = 5,89 \text{ М};$$

$$C_M(\text{CH}_3\text{COOH}) = [C_N(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})]/V(\text{буф.}) = (2 \cdot 0,002)/0,04 = 0,10 \text{ М}.$$

$$C_M(\text{CH}_3\text{COONa, буф.}) = C_N(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})/V(\text{буф.}) = 6,2 \cdot 0,019 / 0,02 = 5,89 \text{ М};$$

$$C_M(\text{CH}_3\text{COOH, буф.}) = C_N(\text{CH}_3\text{COONa}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COONa})/V(\text{буф.}) = 2 \cdot 0,001 / 0,02 = 0,1 \text{ М}.$$

$$pK_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76;$$

$$pH = 4,76 + \lg(5,89/0,1) = 6,53.$$

Ответ: $pH = 6,53$.

Расчеты, связанные с приготовлением буферных растворов

Вычисление буферной емкости по кислоте

Задача**51.**

Какова буферная емкость по кислоте, если прибавление к 80 мл буферного раствора 30 мл 0,1 М раствора HCl вызвало изменение pH на единицу?

Решение:

Буферная емкость (*buffer capacity*) B – число эквивалентов кислоты или щелочи, которое следует добавить к 1 л буферного раствора, чтобы изменить pH на единицу. **Буферную емкость** рассчитывают по уравнению:

$$B = n/(z \cdot V \cdot \Delta pH)$$

HCl - кислота одноосновная, поэтому $z = 1$:

$$n(\text{HCl}) = CV = 0,030 \cdot 0,1 = 0,003 \text{ моль};$$

$$V(\text{буфера}) = 0,08 \text{ л}$$

$$B = 0,003/(1 \cdot 0,08 \cdot 1) = 0,0375 \text{ моль/л}.$$

Ответ: $B = 0,0375 \text{ моль-экв/л}$.

Вычисление рН буферного раствора

Задача

52.

Вычислите рН раствора, полученного при смешивании 29 см³ 6,2 Н. раствора уксусной кислоты и 1 см³ 2,0 Н. раствора ацетата натрия.

Решение:

Получается **буферный раствор** - смесь слабой кислоты и ее соли (анионов слабой кислоты):

$$pH = pK_a + \lg[C_M(\text{соли})/C_M(\text{кислоты})];$$

$C_M = C_N/z$, где z - число эквивалентности.

Для кислоты z равно основности, для соли - числу катионов или анионов, умноженному на заряд соответствующего иона.

Уксусная кислота - одноосновная, поэтому $z = 1$.

В формуле ацетата натрия имеется по 1 иону с единичным зарядом, поэтому $z = 1$.

Соответственно, для обоих веществ $C_N = C_M$.

При смешивании раствора получен буферный раствор объемом $29 + 1 = 30$ мл = 0,03 л.

$C_1V_1 = C_2V_2$, отсюда:

$$C_M(\text{CH}_3\text{COONa}) = C_1V_1/V_2(\text{буф. р-ра}) = (6,2 \cdot 0,029)/0,03 = 5,99 \text{ М};$$

$$C_M(\text{CH}_3\text{COOH}) = C_1V_1/V_2(\text{буф.}) = (2 \cdot 0,001)/0,03 = 0,067 \text{ М};$$

$$pK(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76;$$

$$pH = 4,76 + \lg(5,99/0,067) = 4,76 + \lg 89,4 = 4,76 + 1,95 = 6,71.$$

Ответ: рН = 6,71.

Расчет количества (моль) одноосновной кислоты

Задача

53.

Какое количество (моль) одноосновной кислоты необходимо ввести больному с рН крови 7,6 объемом 4л и буферной емкостью по кислоте 0,06 моль/л для нормализации рН крови?

Решение:

Установлено, что состоянию нормы соответствует определенный диапазон колебаний рН крови – от 7,37 до 7,44 со средней величиной 7,40. Расчет будем производить по формуле:

$$B = n/(z \cdot V \cdot \Delta pH), \text{ где}$$

B - буферная емкость, n - количество вещества кислоты или соли, z - основность кислоты, V - объем раствора, ΔpH - изменене системы.

$$B = 0,06 \text{ моль/л};$$

$z = 1$, потому что кислота одноосновная;

$$\Delta pH = (7,6 - 7,4) = 0,2;$$

$$V = 4 \text{ л}.$$

Рассчитаем количество (моль) одноосновной кислоты, получим:

$$B = n/(z \cdot V \cdot \Delta pH);$$

$$n(\text{кислоты}) = B \cdot (z \cdot V \cdot \Delta pH) = 0,06 \text{ моль/л} \cdot (1 \cdot 4 \text{ л} \cdot 0,2) = 0,048 \text{ моль}.$$

Ответ: $n(\text{кислоты}) = 0,048$ моль.

