

## БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ

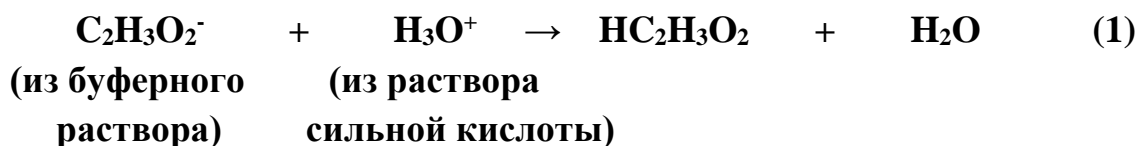
Буферный раствор – это раствор, который устойчив к изменению своего рН при добавлении ограниченного количества сильной кислоты или сильного основания или при разбавлении.

Рассмотрим буферный раствор, представляющий собой смесь слабой кислоты, уксусной кислоты и ее соли, ацетата натрия. В буферном растворе растворенными частицами являются:

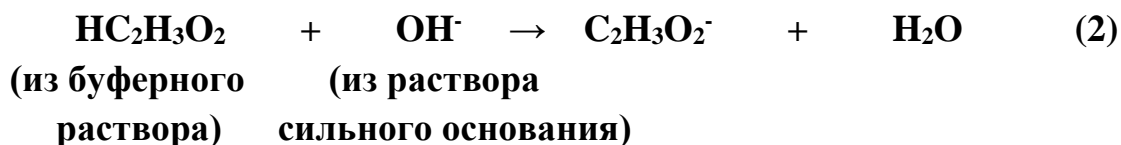


Обратите внимание: частицы буферного раствора включают слабую кислоту  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  и ее сопряженное основание  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ . Это частицы, которые будут выполнять буферизацию. Ион натрия - это ион-наблюдатель.

Если к буферному раствору добавить раствор сильной кислоты, то ионы  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$  в буферном растворе вступят в реакцию (нейтрализуют) ионы  $\text{H}_3\text{O}^+$  из сильной кислоты, как показано в чистом ионном уравнении для реакции нейтрализации:

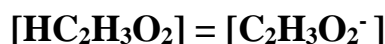


Или, если бы в буферный раствор было добавлено сильное основание, молекулы  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  в буферном растворе вступили бы в реакцию (нейтрализовали)  $\text{OH}^-$  ионы из сильного основания, как показано в чистом ионном уравнении для реакции нейтрализации:

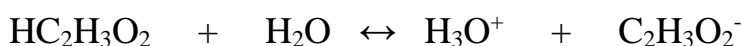


Приведенные выше уравнения показывают, что буферный раствор (часто называемый “буферной системой”) сохраняет свой рН даже при добавлении значительного количества сильной кислоты или основания. До тех пор, пока не будет добавлен достаточно сильный кислотный раствор, чтобы использовать большую часть  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$  - ионов, присутствующих в буфере (см. уравнение 1), или до тех пор, пока не будет добавлен достаточно сильный основной раствор, чтобы использовать большую часть  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  в буферном растворе ( см. уравнение 2), рН буфера будет оставаться постоянным до  $\pm 1$ .

Способность буферных растворов поддерживать свой pH называется их *буферной емкостью*. Наибольшая буферная емкость получается, если буферный раствор содержит эквимольные концентрации (равные молярным концентрациям) слабой кислоты и ее конъюгированного основания. В случае нашей буферной системы это означает:



В буферном растворе ионизируется очень мало  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ , из-за присутствия его сопряженного основания,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ , который является его общим ионом.



поэтому, при равновесии в буферном растворе можно предположить, что

$$[\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2] = \underline{M} \text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \text{ and } [\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-] = \underline{M} \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$$

Следовательно,

$$\left[ \frac{[\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-]}{[\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2]} \right] = \left[ \frac{M \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-}{M \text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2} \right] = 1$$

В результате в буферном растворе, содержащем эквимольные концентрации  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  и  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ , концентрация ионов гидрония  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , равна  $K_a$ :

$$\sqrt{\quad} = 1$$

$$K_a = [\text{H}_3\text{O}^+] \left[ \frac{[\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-]}{[\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2]} \right]$$

Так как:

$$K_a = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

и

$$\frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \left[ \frac{[\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-]}{[\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2]} \right]$$

## КАК ПРИГОТОВИТЬ БУФЕРНЫЙ РАСТВОР

Один из способов получения буферного раствора состоит в том, чтобы сначала выбрать слабую кислоту, которая имеет  $K_a$ , близкую к  $[H_3O^+]$ , которая подходит для вашего раствора, или выберите слабое основание, чья  $K_b$  близка к нужному  $[OH^-]$ .

	КИСЛОТА	К	СОПРЯЖЕННОЕ ОСНОВАНИЕ
Гидросульфат	$HSO_4^-$	$K_a = 1.1 \times 10^{-2}$	$SO_4^{2-}$
Сернистая кислота	$H_2SO_3$	$K_a = 1.3 \times 10^{-2}$	$HSO_3^-$
Фосфорная кислота	$H_3PO_4$	$K_a = 6.9 \times 10^{-3}$	$H_2PO_4^-$
Метановая (муравьиная) кислота	$HCHO_2$	$K_a = 1.7 \times 10^{-4}$	$CHO_2^-$
Этановая (уксусная) кислота	$HC_2H_3O_2$	$K_a = 1.7 \times 10^{-5}$	$C_2H_3O_2^-$
Угольная кислота	$H_2CO_3$	$K_a = 4.3 \times 10^{-7}$	$HCO_3^-$
Хлорноватистая кислота	$HClO$	$K_a = 3.5 \times 10^{-8}$	$ClO^-$
Дигидрофосфат	$H_2PO_4^-$	$K_a = 6.2 \times 10^{-8}$	$HPO_4^{2-}$
Гидрокарбонат	$HCO_3^-$	$K_a = 4.8 \times 10^{-11}$	$CO_3^{2-}$
Аммоний-ион	$NH_4^+$	$K_a = 5.6 \times 10^{-10}$	$NH_3$
	ОСНОВАНИЕ		СОПРЯЖЕННАЯ КИСЛОТА
Аммиак	$NH_3$	$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$	$NH_4^+$

Например, если бы вы хотели приготовить буферный раствор с pH 4.20 — то есть,  $[H_3O^+] = 6.3 \times 10^{-5}$ , вы бы искали кислоту, у которой  $K_a$  ближе всего к  $6.3 \times 10^{-5}$ .

В этом случае лучшим выбором будет  $HC_2H_3O_2$  с  $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$ , поскольку это даст вам наибольшую буферную емкость.



Затем вы вычислите отношение  $K_a$  к желаемому  $[H_3O^+]$ , которое равно отношению сопряженного основания к кислоте, которое вы хотите иметь в своем буферном растворе:

$$\frac{K_a}{[H_3O^+]} = \left[ \frac{[C_2H_3O_2^-]}{[HC_2H_3O_2]} \right]$$

← *сопряженное основание*  
← *кислота*

$$\frac{1.7 \times 10^{-5}}{6.3 \times 10^{-5}} = \frac{0.27}{1} = \left[ \frac{[C_2H_3O_2^-]}{[HC_2H_3O_2]} \right]$$

Поэтому отношение  $M$   $C_2H_3O_2^-$  к  $M$   $HC_2H_3O_2$ , в буферном растворе составляет 0,27 к 1. А так как мы будем использовать эквимольные концентрации сопряженного основания и кислоты, то отношение объема раствора сопряженного основания к объему раствора кислоты в буфере будет равно 0,27 к 1

$$\frac{M C_2H_3O_2^-}{M HC_2H_3O_2} = \frac{0.27}{1} = \frac{V \text{ раствора сопряженного основания}}{V \text{ раствора кислоты}}$$

Для подготовки конкретного объема этого буфера, в котором имеются .27 частей сопряженного основания к 1 части кислоты, сначала добавьте части, чтобы получить общее количество частей (в данном случае  $1 + .27 = 1.27$ ), а затем разделить объем буферного раствора на общее количество частей, чтобы получить объем на часть. Например, если бы мы хотели 30 мл этого буфера,

$$\frac{30 \text{ мл}}{1.27 \text{ части}} = 23.6 \text{ мл/часть}$$

Поэтому объем раствора кислоты составляет: 1 часть кислоты x 23,6 мл / часть = 23,6 мл.

А объем раствора сопряженного основания составляет: 30,0 мл—23,6 мл = 6,4 мл.

Затем буферный раствор готовят путем добавления 23,6 мл раствора кислоты к 6,4 мл раствора сопряженного основания.