

2. Pufferkapacitás

Adott egy puffer, melyben $c_{\text{NH}_3} = 1,2 \text{ mol/dm}^3$, $c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 1,0 \text{ mol/dm}^3$, és $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5}$. Számítsuk ki a pufferkapacitást savra, illetve lúgra nézve is!

$$\left. \begin{array}{l} c_{\text{NH}_3} = 1,2 \text{ mol/dm}^3 \\ c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 1,0 \text{ mol/dm}^3 \end{array} \right\} \text{ Pufferkapacitást mindig } 1 \text{ dm}^3\text{-re számolunk!!!}$$

Itt 1 dm^3 -ben van $1,2 \text{ mol}$ ammónia és 1 mol NH_4Cl

Kiszámolom a kiindulási oldatban a pH-t:

bázikus pufferről van szó, tehát

$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot n_{\text{bázis}}/n_{\text{só}}, \text{ így } [\text{OH}^-] = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2/1,0$$

$$[\text{OH}^-] = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ M}, \text{ pOH} = 4,678 \text{ és } \text{pH} = 9,322$$

a. Pufferkapacitás savra nézve: $\text{pH} = 9,322 \longrightarrow 8,322$, ebből $[\text{H}^+] = 4,764 \cdot 10^{-9} \text{ M}$

A feladat kétféleképpen is megoldható:

a/1. 1 dm^3 oldatban van $1,2 \text{ mol}$ NH_3 és $1,0 \text{ mol}$ NH_4Cl , így ha savat adok a rendszerhez, az reagál az ammóniával, így az ammónia fogy, a só mennyisége pedig nő. ($\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$)

A pufferképlettel ki tudom számolni, hogy mennyire nő meg az NH_4Cl mennyisége, ez legyen „x” mol. Ha a savas pufferképletet használom, ott a számlálóban a protonált, a nevezőben a deprotonált forma szerepel.

$$[\text{H}^+] = K_s \cdot n_{\text{NH}_4\text{Cl}}/n_{\text{NH}_3} \quad \text{kezdetben volt a rendszerben } 1,2 \text{ mol } \text{NH}_3 \text{ és } 1,0 \text{ mol } \text{NH}_4\text{Cl}, \text{ összesen } 2,2 \text{ mol anyag}$$

Ez az arány a sav hatására megváltozik!

$$K_s = K_v/K_b$$

$$4,764 \cdot 10^{-9} = 5,71 \cdot 10^{-10} \cdot x/2,2-x$$

$$\text{ebből } x = 1,965 \text{ mol}$$

tehát az NH_4Cl mennyisége $1,0$ – ról $1,965$ molra nőtt, tehát $0,965$ molt változott. (a reakcióegyenletet tekintve $1:1:1$ az arány, így ugyanennyi savat adtunk a rendszerhez, hogy a pH 1 egységgel emelkedjen

\Rightarrow Savra nézve a pufferkapacitás: $0,965 \text{ mol}$.

Ha ugyanebben az esetben a bázikus pufferképletet alkalmazom:

$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot n_{\text{NH}_3}/n_{\text{NH}_4\text{Cl}} \quad \text{ebben a deprotonált forma van felül, a protonált alul!}$$

$$[\text{OH}^-] = K_v/[\text{H}^+] \quad [\text{OH}^-] = 2,099 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$\text{ebből: } 2,099 \cdot 10^{-6} = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 2,2-x/x$$

$$x = 1,965 \text{ mol}$$

Tehát ugyanahhoz az eredményhez jutunk, csak el kell tudni dönteni, hogy mi kerül a számlálóba és mi a nevezőbe.

a/2. 1 dm^3 oldatban van $1,2 \text{ mol NH}_3$ és $1,0 \text{ mol NH}_4\text{Cl}$, így ha savat adok a rendszerhez, az reagál az ammóniával, így az ammónia fogy, a só mennyisége pedig nő. ($\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$)

Tehát ha kezdetben volt $1,0 \text{ mol NH}_4\text{Cl}$, akkor ez nőni fog: $(1+x) \text{ mol}$
az ammónia pedig fogy a savval való reakcióban, ezért a kezdeti mennyiség $(1,2-x) \text{ mol}$ -ra változik.

Bázikus pufferképlettel:

$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{(1,2-x)}{(1+x)} \quad \text{számlálóban deprotonált (ammónia), nevezőben protonált (ammónium-klorid)}$$

ebből $x = 0,965 \text{ mol}$ (rögtön megkapom a pufferkapacitást)

Savas pufferképlettel:

$$[\text{H}^+] = K_s \cdot \frac{(1+x)}{(1,2-x)} \quad \text{számlálóban protonált (ammónium-klorid), nevezőben deprotonált (ammónia)}$$

ebből $x = 0,965 \text{ mol}$

Tehát ugyanahhoz az eredményhez jutunk, csak el kell tudni dönteni, hogy mi kerül a számlálóba és mi a nevezőbe.

b. Pufferkapacitás bázisra nézve: analóg módon megoldható a feladat

Ha lúgot adok a rendszerhez, az az ammónium-kloriddal reagál, így a só mennyisége csökken, az ammóniáé pedig nő: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{OH}^- = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$

$$\text{pH} = 9,322 \longrightarrow 10,322, \text{ ebből: } [\text{H}^+] = 4,764 \cdot 10^{-11} \text{ M és } [\text{OH}^-] = 2,099 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

b/1. Analóg módon a/1-gyel:

$$n_{\text{NH}_3} = x \text{ mol és } n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = (2,2-x) \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = K_s \cdot \frac{(2,2-x)}{x} \quad \text{vagy} \quad [\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{x}{(2,2-x)}$$

b/2. Analóg módon a/2-vel

$$n_{\text{NH}_3} = (1,2+x) \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = (1-x) \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = K_s \cdot \frac{(1-x)}{(1,2+x)} \quad \text{vagy} \quad [\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{(1,2+x)}{(1-x)}$$

$x = 0,831 \text{ mol}$ a pufferkapacitás bázisra nézve