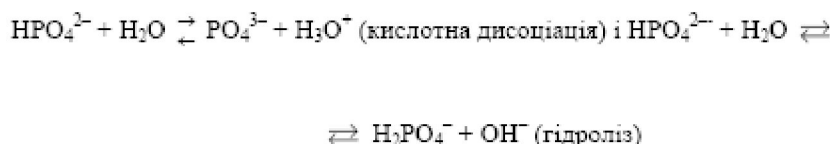


3. РОЗРАХУНОК ВОДНЕВОГО ПОКАЗНИКА РОЗЧИНУ НАТРІЙ ГІДРОГЕНФОСФАТУ З КОНЦЕНТРАЦІЄЮ 10^{-3} МОЛЬ/Л З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО ПАКЕТУ MATHCAD

Д.О. Ляховецький

Національний університет харчових технологій

Натрій гідрогенфосфат відноситься до амфолітів — речовин, які здатні проявляти властивості кислоти і основи. Це обумовлюється тим, що йон HPO_4^{2-} може як приєднувати, так і віддавати протон. При розчиненні Na_2HPO_4 у воді відбуваються процеси:



Як видно із рівнянь, в першій реакції утворюється йон гідроксонію H_3O^+ (або спрощено H^+), в другій — гідроксид-йон. Буде розчин соли кислим чи лужним залежить від співвідношення констант рівноваги цих двох процесів:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}, \quad K_b = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = \frac{K_2}{K_w}$$

Якщо $K_a > K_b$ розчин буде кислим, а якщо навпаки — то лужним.

Якби в розчині відбувався тільки процес дисоціації і не було взаємодії йонів HPO_4^{2-} з водою, то концентрація йонів H^+ дорівнювала б концентрації йонів PO_4^{3-} :

$$[\text{H}^+] = [\text{PO}_4^{3-}]$$

Але в розчинах йде і процес гідролізу, тому $[\text{H}^+] < [\text{PO}_4^{3-}]$ на величину концентрації H_2PO_4^- , яка чисельно дорівнює концентрації йонів OH^- . Тому:

$$[\text{H}^+] = [\text{PO}_4^{3-}] - [\text{H}_2\text{PO}_4^-] \quad (1)$$

Концентрацію йонів PO_4^{3-} і H_2PO_4^- знаходимо із відповідних констант дисоціації —

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} \text{ і } K_2 = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

Можна ввести наближення, що концентрація йонів HPO_4^{2-} дорівнює концентрації соли ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 = 2\text{Na}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$). Тоді

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{K_3 \cdot [\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}^+]} \text{ і } [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HPO}_4^{2-}]}{K_2}$$

Підставимо значення у вираз (1).

$$[\text{H}^+] = \frac{K_3 \cdot C_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}}{[\text{H}^+]} - \frac{[\text{H}^+] \cdot C_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}}{K_2}$$

Звідки

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_2 \cdot K_3 \cdot C_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}}{K_2 + C_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}}} \quad (2)$$

Із довідника знаходимо значення констант:

$$K_3 = 4,810^{-13}; K_2 = 6,210^{-8}.$$

Оскільки $K_2 < C_{Na_2HPO_4}$, вираз (2) можна спростити: $[H^+] = \sqrt{K_2 \cdot K_3}$.

Підставимо значення: $[H^+] = \sqrt{6,2 \cdot 10^{-8} \cdot 4,8 \cdot 10^{-13}} = 1,7 \cdot 10^{-10}$ моль/л, рН = 9,77

Для більш точного розрахунку водневого показника слід було б врахувати дисоціацію води ($K_w = 10^{-14}$) та не вводити допущення, про яке відмічалось раніше. Тоді дістанемо систему із п'яти рівнянь, яку можна розв'язати за допомогою програмного забезпечення для математичної обробки даних.

Математичний пакет MathCad дозволяє розв'язувати системи рівнянь не тільки в скалярній, але і в матричній формі. За допомогою функції Find можливо також рішення систем рівнянь у символьному вигляді, яке є найбільш точним.

Обчислення рН:

$$pH := -\log(1.8226419447008066607 \cdot 10^{-10})$$

$$pH = 9.739$$

Отримане значення можна перевірити експериментально. Розчин готували розчиненням навалки масою 0,1420 г хімічно чистої солі Na_2HPO_4 в 100 мл бідистилляту. Визначення рН даного розчину проводили на рН-метрі «Експерт 001» і одержали значення 9,71, що вкладається в похибку вимірювань.

Наукові керівники: В.М. Іщенко, О.Л. Седих, С.В. Маковецька.