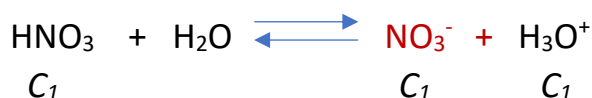


Πρόσθετα παραδείγματα στην ενότητα μέτρηση pH - ρυθμιστικά διαλύματα

1. Υδατικό διάλυμα HNO_3 (Δ_1) έχει όγκος 2L και $\text{pH}=1$. Α) Στο διάλυμα Δ_1 προσθέτουμε 198 L νερού. Να υπολογιστεί το pH του διαλύματος που προκύπτει. Β) Πόσα mol HNO_3 πρέπει να προσθέσουμε στο διάλυμα Δ_1 , ώστε να προκύψει διάλυμα Δ_3 όγκου 2 L με $\text{pH}=0,6$;

Λύση

Α) Από το pH του δ/τος Δ_1 υπολογίζουμε τη συγκέντρωση c_1 του HNO_3 στο διάλυμα. Το HNO_3 ιοντίζεται πλήρως, οπότε έχουμε:

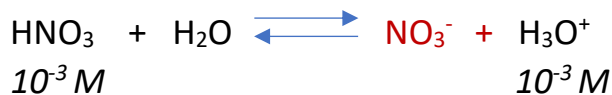


Είναι $\text{pH}=1$, άρα $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1} \text{ M} \rightarrow c_1 = 0,1 \text{ M}$

Με την προσθήκη νερού το διάλυμα αραιώνεται, οπότε η συγκέντρωση ελαττώνεται. Κατά την αραιώση από όγκο $V_1 = 2\text{L}$ σε όγκο $V_2 = 2 + 198 \text{ L} = 200 \text{ L}$, η ποσότητα του HNO_3 παραμένει σταθερή, οπότε ισχύει:

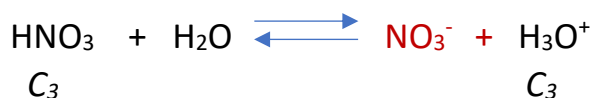
$$n_{\text{αρχ.}} = n_{\text{τελ.}} \quad \text{ή} \quad c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \quad \text{ή} \quad 0,1 \cdot 2 = c_2 \cdot 200 \quad \text{ή} \quad c_2 = 10^{-3}$$

Στο αραιωμένο διάλυμα, το HNO_3 ιοντίζεται πλήρως, οπότε έχουμε:



Είναι $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} \text{ M} \rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 3$

Β) Με την προσθήκη καθαρής ποσότητας HNO_3 αυξάνεται η συγκέντρωση του διαλύματος. Έστω ότι στο διάλυμα Δ_3 η συγκέντρωση του HNO_3 είναι c_3 , έχουμε:



Είναι $\text{pH}=0,6$, άρα $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-0,6} \text{ M} \rightarrow c_3 = 0,25 \text{ M}$.

Για την ποσότητα του HNO_3 στα διαλύματα Δ_1 και Δ_3 ισχύει $n_1 + n_{\text{προσθ.}} = n_3$ ή $c_1 \cdot V + n_{\text{προσθ.}} = c_3 \cdot V$ ή $0,1 \cdot 2 + n_{\text{προσθ.}} = 0,25 \cdot 2$ ή $n_{\text{προσθ.}} = 0,3 \text{ mol}$.

2. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξουμε υδατικό διάλυμα οξέος HA 0,5M και υδατικό διάλυμα άλατος NaA 0,25M, ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με pH=6; Δίνεται για το HA: $K_a=2 \cdot 10^{-6}$.

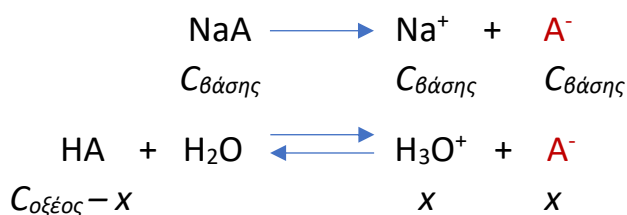
Λύση

Κατά την ανάμιξη των 2 διαλυμάτων δεν πραγματοποιείται αντίδραση. Έτσι, το διάλυμα που προκύπτει περιέχει HA και NaA (ρυθμιστικό διάλυμα → περιέχει το ασθενές οξύ HA και τη συζυγή του βάση A⁻), που προκύπτει από τη διάσταση του άλατος NaA). Έστω ότι αναμιγνύονται V_1 L από το διάλυμα HA και V_2 L από το διάλυμα NaA, οπότε προκύπτει το ρυθμιστικό διάλυμα όγκου $V=V_1+V_2$ L. Οι συγκεντρώσεις των συστατικών του ρυθμιστικού διαλύματος είναι:

$$c_{HA} = \frac{n_{HA}}{V} = \frac{0,5 \cdot V_1}{V_1+V_2} M = c_{οξέος} \quad (1)$$

$$c_{NaA} = \frac{n_{NaA}}{V} = \frac{0,25 \cdot V_2}{V_1+V_2} M = c_{βάσης} \quad (2)$$

Το άλας NaA δίσταται πλήρως, ενώ ο ιοντισμός του οξέος HA καταλήγει σε ισορροπία:



Το διάλυμα έχει pH=6, άρα $[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 10^{-6}$ M. Αντικαθιστώντας στην έκφραση της σταθεράς ιοντισμού K_a προκύπτει:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \text{ή} \quad 2 \cdot 10^{-6} = \frac{(c_{βάσης} + x) \cdot x}{c_{οξέος} - x} \cong \frac{c_{βάσης} \cdot 10^{-6}}{c_{οξέος}} \quad \text{ή} \quad c_{βάσης} = 2 \cdot c_{οξέος}$$

Αντικαθιστώντας τις $C_{οξέος}$ και $C_{βάσης}$ από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

$$\frac{0,25 \cdot V_2}{V_1+V_2} = 2 \cdot \frac{0,5 \cdot V_1}{V_1+V_2} \Rightarrow V_2 = 4 \cdot V_1$$

Στο ίδιο αποτέλεσμα καταλήγουμε αν χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση Henderson-Hasselbach. Για το HA $pK_a = -\log K_a = -\log(2 \cdot 10^{-6}) = 6 - \log 2$, οπότε ισχύει.

$$pH = pK_a + \log \frac{c_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}}{c_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}} \Rightarrow 6 = 6 - \log 2 + \log \frac{c_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}}{c_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}} \Rightarrow \log \frac{c_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}}{c_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}}$$

$$= \log 2 \Rightarrow c_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma} = 2 \cdot c_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}$$

Αντικαθιστώντας από τις σχέσεις (1) και (2) όπου $V_2 = 4 \cdot V_1$, υπολογίζουμε τις τιμές των $C_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}$ και $C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}$ στο ρυθμιστικό διάλυμα:

$$c_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma} = \frac{0,5 \cdot V_1}{V_1 + 4 \cdot V_1} M = 0,1 M \quad \text{και} \quad c_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma} = \frac{0,25 \cdot V_2}{V_1 + V_2} M = 0,2 M$$