

Προσθήκη ασθενούς ηλεκτρολύτη (και αντίδραση) σε ρυθμιστικό. (Part 2)

... κάποιες πρώτες σκέψεις είχαν εκφραστεί εδώ → <http://ylikonet.gr/group/ximiac/forum/topics/prosthheke-asthenohus>

... μετά ο Χρήστος έθεσε ένα πρόβλημα ... ο Θανάσης έριξε μια ιδέα ... και ο Διονύσης έλυσε την άσκηση ... όλα αυτά εδώ → <http://ylikonet.gr/forum/topics/phoso-ehinai-to-ph>

Για να δούμε (?) τι θα γίνει εάν σε ένα ρυθμιστικό διάλυμα (έστω $HA - NaA$) προσθέσω ποσότητα ασθενούς οξέος (HB).

Η αντίδραση $HB + NaA \rightarrow HA + NaB$ είναι εφικτή αφού παράγεται ελάχιστη ιοντιζόμενη ουσία (HA) αλλά επειδή ταυτόχρονα καταναλώνεται ασθενής ηλεκτρολύτης, πραγματοποιείται ως Χημική Ισορροπία δηλ ως $HB + NaA \rightleftharpoons HA + NaB$

Από την επίλυση διαφόρων παραδειγμάτων φαίνεται ότι όσο πιο ισχυρό είναι το οξύ HB τόσο πιο πολύ προς τα δεξιά είναι η παραπάνω ΧΙ δηλ πιο πολύ πραγματοποιείται (αύξηση ποσοστού συμμετοχής του HB στην αντίδραση) με προφανές αποκορύφωμα την πραγματοποίηση μονόδρομα της αντίδρασης (απόδοση 100%) όταν το HB είναι ισχυρό (πχ το HCl).

Ταυτόχρονα επιβεβαιώνεται ότι όσο πιο ισχυρό είναι το οξύ που προσθέτουμε , τόσο πιο μικρή τιμή pH αποκτά το τελικό διάλυμα.

Τα συμπεράσματα είναι ανάλογα και στην περίπτωση που προσθέσουμε NaB αλλά και σε αντίστοιχες περιπτώσεις αλκαλικών ρυθμιστικών διαλυμάτων. Για χάρη ευκολίας επικεντρώνομαι στην περίπτωση προσθήκης ασθενούς HB σε ρυθμιστικό $HA-NaA$.

Η περίπτωση αυτή θα μπορούσε να είναι το δύσκολο ερώτημα του 4^{ου} θέματος της Χημείας (ιδιαίτερα εάν η αντίδραση της ΧΙ δοθεί στους μαθητές) ενώ ταυτόχρονα η αντιστροφή των ερωτημάτων οδηγεί στο 4^ο θέμα των πανελληνίων του 98.

Λοιπόν ...

Ρυθμιστικό διάλυμα Δ όγκου $V = 1 \text{ l}$ περιέχει το οξύ HA με συγκέντρωση 1 M και το άλας NaA με συγκέντρωση 1 M , στους 25°C . Στο διάλυμα αυτό προσθέτω, χωρίς μεταβολή όγκου, 1 mol ασθενούς οξέως HB και πραγματοποιείται η παρακάτω αντίδραση : $HB + NaA \rightleftharpoons HA + NaB$

1. Πόσα mol HB αντιδρούν ?
2. Πόσο είναι το pH του τελικού διαλύματος

Δίνονται : $K_{HA} = 10^{-4}$, $K_{HB} = 10^{-5}$, $K_w = 10^{-14}$

Απάντηση

	HB	+	NaA	\rightleftharpoons	HA	+	NaB
Αρχικά	1 mol		1 mol		1 mol		-
Αντιδρούν	x		x		-		-
Παράγονται	-		-		x		x
Μένουν	1 - x		1 - x		1 + x		x

Συγκεντρώσεις μετά την αντίδραση, ($V_{\Delta} = 1 \ell$):

$$C_{HA} = C_1 = 1 + x$$

$$C_{NaA} = C_2 = 1 - x$$

$$C_{HB} = C_3 = 1 - x$$

$$C_{NaB} = C_4 = x$$

Ιοντισμοί και διαστάσεις:

	HA	+	H ₂ O	\rightleftharpoons	H ₃ O ⁺	+	A ⁻
Μένουν	C ₁ - ψ				ψ		ψ

	NaA	\rightarrow	Na ⁺	+	A ⁻
Μένουν			C ₂		C ₂

	HB	+	H ₂ O	\rightleftharpoons	H ₃ O ⁺	+	B ⁻
Μένουν	C ₃ - ω				ω		ω

	NaB	\rightarrow	Na ⁺	+	B ⁻
Μένουν			C ₄		C ₄

Κοινά ιόντα:

$$[H_3O^+]_{ολ} = \psi + \omega$$

$$[A^-]_{ολ} = C_2 + \psi \approx C_2$$

$$[B^-]_{ολ} = C_4 + \omega \approx C_4$$

Εκφράσεις σταθερών ιοντισμού:

$$\left. \begin{aligned}
 K_{HA} &= \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+] \cdot C_2}{C_1} \\
 K_{HB} &= \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]} = \frac{[H_3O^+] \cdot C_4}{C_3}
 \end{aligned} \right\} \frac{K_{HA}}{K_{HB}} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_1 \cdot C_4} = \frac{(1-x) \cdot (1-x)}{(1+x) \cdot x} \Rightarrow \frac{K_{HA}}{K_{HB}} = \frac{x^2 - 2x + 1}{x + x^2} \quad (1)$$

Εάν, $K_{HA} = 10^{-4}$, $K_{HB} = 10^{-5}$, η σχέση (1) γίνεται

$$\frac{10^{-4}}{10^{-5}} = 10 = \frac{x^2 - 2x + 1}{x + x^2} \Rightarrow 10x + 10x^2 = x^2 - 2x + 1 \Rightarrow 9x^2 + 12x - 1 = 0$$

Με αποδεκτή λύση : $x = 0.0786$ (δηλ απόδοση $7,86\%$) και από την αντικατάσταση στις συγκεντρώσεις και επίλυση όποιας Κ θέλουμε $\Rightarrow [H_3O^+]_{OL} = 1,170 \cdot 10^{-4} \Rightarrow pH = 3.93$

(το αρχικό διάλυμα Δ έχει $pH = pK_{HA} = 4$)

=====

Εάν το HB είχε $K_{HB} = K_{HA} = 10^{-4}$... η σχέση (1) γίνεται

$$\frac{10^{-4}}{10^{-4}} = 1 = \frac{x^2 - 2x + 1}{x + x^2} \Rightarrow x + x^2 = x^2 - 2x + 1 \Rightarrow 3x - 1 = 0$$

Με λύση : $x = 0.3324$ (δηλ απόδοση $33,34\%$) και από την αντικατάσταση στις συγκεντρώσεις και επίλυση όποιας Κ θέλουμε $\Rightarrow [H_3O^+]_{OL} = 2 \cdot 10^{-4} \Rightarrow pH = 3,69$

=====

Εάν το HB είχε $K_{HB} = 10^{-3}$... η σχέση (1) γίνεται

$$\frac{10^{-4}}{10^{-3}} = \frac{1}{10} = \frac{x^2 - 2x + 1}{x + x^2} \Rightarrow x + x^2 = 10x^2 - 20x + 10 \Rightarrow 9x^2 - 21x + 10 = 0$$

Με αποδεκτή λύση : $x = 0,6667$ (δηλ απόδοση $66,67\%$) και από την αντικατάσταση στις συγκεντρώσεις και επίλυση όποιας Κ θέλουμε $\Rightarrow [H_3O^+]_{OL} = 5 \cdot 10^{-4} \Rightarrow pH = 3.30$

=====

Εάν δε το HB ήταν ισχυρό (πχ το HCl) ... θα είχαμε πλήρη αντίδραση του ($x = 1$) δηλ απόδοση 100% (