

Διάλυμα Δ1 όγκου $V = 1\text{ L}$ περιέχει τα οξέα HCl και HCOOH με συγκεντρώσεις $0,1\text{ M}$ το κάθε ένα.

- Πόσο είναι το pH του διαλύματος Δ1;
 - Πόσος είναι ο βαθμός ιοντισμού του HCOOH στο διάλυμα Δ1;
 - Πόσο % των ιόντων H_3O^+ του διαλύματος Δ1 προέρχονται από τον ιοντισμό του HCOOH ;
- Πόσα mol NaOH πρέπει να προσθέσω στο διάλυμα Δ1 (χωρίς μεταβολή του όγκου του), ώστε να προκύψει διάλυμα Δ2 με :**
 - pH = 2**
 - pH = 5**

Δίνεται ότι όλα τα διαλύματα είναι υδατικά στους 25°C .

Δίνονται : για το νερό $K_w = 10^{-14}$, για το HCOOH σταθερά ιοντισμού $K_a = 10^{-5}$

Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Λύση

Ιοντισμοί – διαστάσεις στο διάλυμα Δ1.

	HCl	+	H_2O	$\rightarrow$	Cl^-	+	H_3O^{+1}
Αρχικά (M)	0,1						
Μένουν (M)	-				0,1		0,1

	HCOOH	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	HCOO^-	+	H_3O^{+1}
Αρχικά (M)	0,1						
Μένουν (M)	$0,1 - \chi$				χ		χ

Κοινό ιόν :

$$[\text{H}_3\text{O}^{+1}]_{\text{ολ}} = 0,1 + \chi \approx 0,1\text{ M (λόγω K/C και EKI)} \Rightarrow \text{pH}_{\Delta 1} = 1$$

$$\left. \begin{aligned} K_{a(\text{HCOOH})} = [\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^{+1}]_{\text{ολ}} / [\text{HCOOH}] &\Rightarrow 10^{-5} = \chi \cdot 0,1 / (0,1 - \chi) \\ 0,1 - \chi &\approx 0,1\text{ M (λόγω K/C και EKI)} \end{aligned} \right\} 10^{-5} = \chi \cdot 0,1 / 0,1 \Rightarrow \chi = 10^{-5}$$

$$\alpha_{\text{HCOOH}} = \chi / C_{\text{HCOOH}} = 10^{-5} / 0,1 \Rightarrow \alpha_{\text{HCOOH}} = 10^{-4}$$

Τα H_3O^+ του διαλύματος Δ1 προέρχονται από ...

... τον πλήρη ιοντισμό του HCl

... τον μερικό ιοντισμό του HCOOH

(... τον αυτοιοντισμό του νερού)

$$\% [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ από το } \text{HCOOH} = (\chi / [\text{H}_3\text{O}^{+1}]_{\text{ολ}}) \cdot 100 \% = (10^{-5} / 0,1) \cdot 100 \% = 0,01 \%$$

Επειδή το 99,99% των ιόντων H_3O^+ του διαλύματος προέρχονται από τον ιοντισμό του HCl , μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα ιόντα OH^- που προέρχονται από την διάλυση του NaOH στο διάλυμα εξουδετερώνουν (και εξουδετερώνονται) κατ'αρχάς από H_3O^+ που προέρχονται από το HCl και έτσι να γράψουμε σαν «πρώτη πραγματοποίησιμη» την μοριακή αντίδραση εξουδετέρωσης του HCl .

Έστω ότι προσθέτουμε $x \text{ mol NaOH}$:

Ποσότητες mol :

$$n(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCOOH}) = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ mol}$$

(mol)	HCl	+	NaOH	→	NaCl	+	H_2O
Αρχικά	0,1		x				
Αντιδρούν			Έστω πλήρη αντίδραση, $x = 0,1 \text{ mol}$				
Παράγονται	-		-		0,1		
Μένουν	-		-		-		

Νέες συγκεντρώσεις στο τελικό διάλυμα Δ2 :

$$C_{\text{HCOOH}} = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ M}$$

$$C_{\text{NaCl}} = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ M}$$

Ιοντισμοί – διαστάσεις στο διάλυμα Δ2.

	HCOOH	+	H_2O	↔	HCOO^-	+	H_3O^+
Αρχικά (M)	0,1						
Μένουν (M)	0,1 - ψ				ψ		ψ

	NaCl	→	Na^+	+	Cl^-
Αρχικά (M)	0,1				
Μένουν (M)	-		0,1		0,1

$$\left. \begin{aligned} K_{a(\text{HCOOH})} = [\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ολ}} / [\text{HCOOH}] &\Rightarrow 10^{-5} = \psi^2 / 0,1 - \psi \\ 0,1 - \psi &\approx 0,1 \text{ M (λόγω } K/C) \end{aligned} \right\} 10^{-5} = \psi^2 / 0,1 \Rightarrow \psi = 10^{-3} \Rightarrow \text{pH} = 3$$

Μελέτη του σημείου εξουδετέρωσης το μίγματος των οξέων

Ποσότητες mol :

$$n(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCOOH}) = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ mol}$$

(mol)	HCl	+	NaOH	→	NaCl	+	H_2O
Αρχικά	0,1		x				
Αντιδρούν	0,1		0,1				
Παράγονται	-		-		0,1		
Μένουν	-		x - 0,1		0,1		

(mol)	HCOOH	+	NaOH	→	HCOONa	+	H ₂ O
Αρχικά	0,1		x - 0,1				
Αντιδρούν	Έστω πλήρη αντίδραση , 0,1 = x - 0,1 ⇒ x = 0,2 mol						
Παράγονται	-		-		0,1		
Μένουν	-		-		0,1		

Νέες συγκεντρώσεις στο τελικό διάλυμα Δ2 :

$$C_{\text{HCOONa}} = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ M}$$

$$C_{\text{NaCl}} = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ M}$$

Ιοντισμοί – διαστάσεις στο διάλυμα Δ2

	HCOONa	→	Na ⁺	+	HCOO ⁻
Αρχικά (M)	0,1				
Μένουν (M)	-		0,1		0,1

	NaCl	→	Na ⁺	+	Cl ⁻
Αρχικά (M)	0,1				
Μένουν (M)	-		0,1		0,1

	HCOO ⁻	+	H ₂ O	⇌	HCOOH	+	OH ⁻
Αρχικά (M)	0,1						
Μένουν (M)	0,1 - ψ				ψ		ψ

Άρα [OH⁻] > [H₃O⁺] ⇒ **pH_{Δ2} > 7**

Άρα μετά τις διερευνήσεις των «δύο σημείων εξουδετέρωσης» , το διάλυμα Δ2 αποκτά

	3	>7
Μερική εξουδετέρωση του HCl	Πλήρης εξουδετέρωση του HCl , μερική εξουδετέρωση του HCOOH	Πλήρης εξουδετέρωση του HCl πλήρης εξουδετέρωση του HCOOH
x < 0,1	0,1 < x < 0,2	0,2 < x

Άρα (... επιτέλους !!!!)

2^Α. Για να προκύψει διάλυμα Δ2 με pH = 2 πρέπει να γίνει μερική εξουδετέρωση του HCl
x < 0,1

(mol)	HCl	+	NaOH	→	NaCl	+	H ₂ O
Αρχικά	0,1		x				
Αντιδρούν	x		x				
Παράγονται	-		-		x		
Μένουν	0,1 - x				x		

Νέες συγκεντρώσεις στο τελικό διάλυμα Δ2 :

$$C_{\text{HCl}} = (0,1 - x) / 1 = 0,1 - x = C_1$$

$$C_{\text{NaCl}} = x / 1 = x = C_2$$

$$C_{\text{HCOOH}} = 0,1 \text{ M}$$

... για το ylikonet.gr
Αντώνης Μπαλτζόπουλος
Χημικός

Ιοντισμοί – διαστάσεις στο διάλυμα Δ2

	HCl	+	H_2O	$\rightarrow$	Cl^{-1}	+	H_3O^{+1}
Αρχικά (M)	C_1						
Μένουν (M)	-				C_1		C_1

	HCOOH	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	HCOO^{-1}	+	H_3O^{+1}
Αρχικά (M)	0,1						
Μένουν (M)	0,1 - ψ				ψ		Ψ

	NaCl		$\rightarrow$	Na^{+}	+	Cl^{-1}
Αρχικά (M)	C_2					
Μένουν (M)	-			C_2		C_2

Κοινό ιόν :

$$[\text{H}_3\text{O}^{+1}]_{\text{ολ}} = C_1 + \psi \approx C_1 \text{ (ΕΚΙ - εκφώνηση περί προσεγγίσεων)}$$

$$\text{pH}_{\Delta 2} = 2 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^{+1}]_{\text{ολ}} = 10^{-2}$$

$$\left. \begin{array}{l} C_1 = 10^{-2} \Rightarrow 0,1 - x = 0,01 \\ \Rightarrow x = 0,09 \text{ mol} \\ \text{(δεκτή γιατί } x < 0,1 \text{ mol)} \end{array} \right\}$$

2^B Για να προκύψει διάλυμα Δ2 με pH = 5 πρέπει να γίνει πλήρη εξουδετέρωση του HCl και μερική εξουδετέρωση του HCOOH δηλ

$$0,1 < x < 0,2$$

(mol)	HCl	+	NaOH	$\rightarrow$	NaCl	+	H_2O
Αρχικά	0,1		x				
Αντιδρούν	0,1		0,1				
Παράγονται	-		-		0,1		
Μένουν	-		x - 0,1		0,1		

(mol)	HCOOH	+	NaOH	$\rightarrow$	HCOONa	+	H_2O
Αρχικά	0,1		x - 0,1				
Αντιδρούν	x - 0,1		x - 0,1				
Παράγονται	-		-		x - 0,1		
Μένουν	0,1 - (x - 0,1) 0,2 - x		-		x - 0,1		

$$C_{\text{HCOOH}} = (0,2 - x)/1 = 0,2 - x = C_1$$

$$C_{\text{HCOONa}} = (x - 0,1)/1 = x - 0,1 = C_2$$

$$C_{\text{NaCl}} = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ M}$$

Ιοντισμοί – διαστάσεις στο διάλυμα Δ2

	$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
Αρχικά (M)	C_1
Μένουν (M)	$C_1 - \psi \qquad \qquad \qquad \psi \qquad \qquad \psi$

	$\text{HCOONa} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HCOO}^-$
Αρχικά (M)	C_2
Μένουν (M)	$- \qquad \qquad \qquad C_2 \qquad \qquad C_2$

	$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
Αρχικά (M)	$0,1$
Μένουν (M)	$- \qquad \qquad \qquad 0,1 \qquad \qquad 0,1$

Κοινό ιόν : (~~δεν μ'αρέσει η Henderson – Hasselbalch~~)

$$[\text{HCOO}^-]_{\text{ολ}} = C_2 + \psi \approx C_2 \text{ (EKI – εκφώνηση περί προσεγγίσεων)}$$

$$\text{pH}_{\Delta 2} = 5 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ολ}} = 10^{-5}$$

$$K_{a(\text{HCOOH})} = [\text{HCOO}^-]_{\text{ολ}} [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HCOOH}] \Rightarrow 10^{-5} = C_2 \cdot 10^{-5} / (C_1 - \psi)$$

$$C_1 - \psi \approx C_1 \text{ M (λόγω EKI)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 10^{-5} = C_2 \cdot 10^{-5} / C_1 \Rightarrow C_1 = C_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow 0,2 - x = x - 0,1 \Rightarrow \mathbf{x = 0,15 \text{ mol}} \\ \text{(Δεκτή λόγω } 0,1 < x < 0,2 \text{)} \end{array} \right\}$$