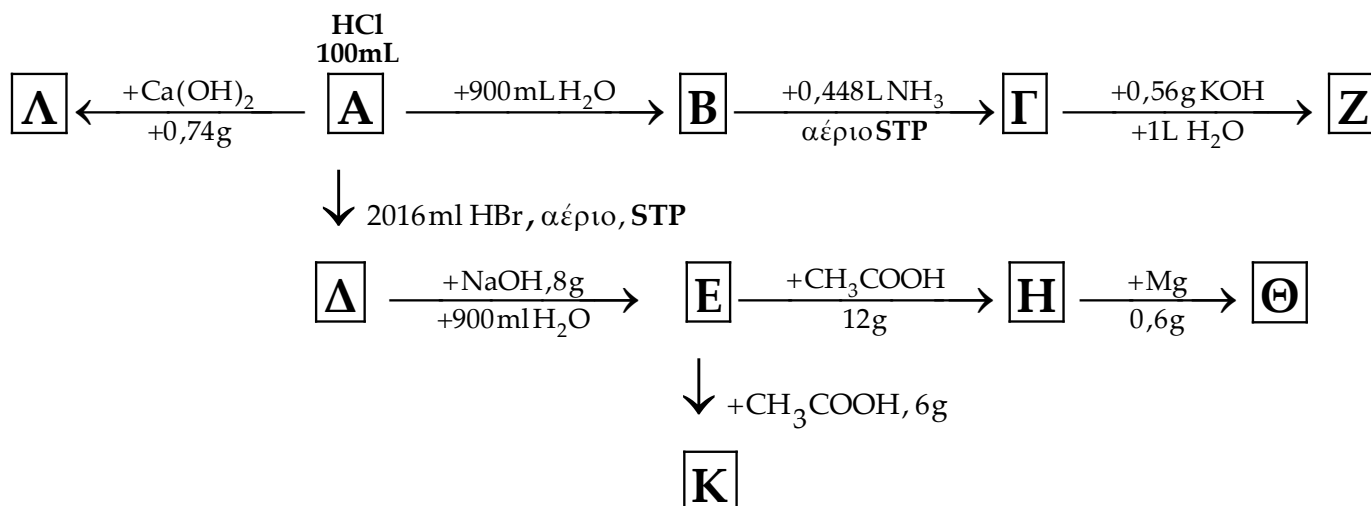


Επαναληπτικά δέντρα..... Ανόργανης στο pH

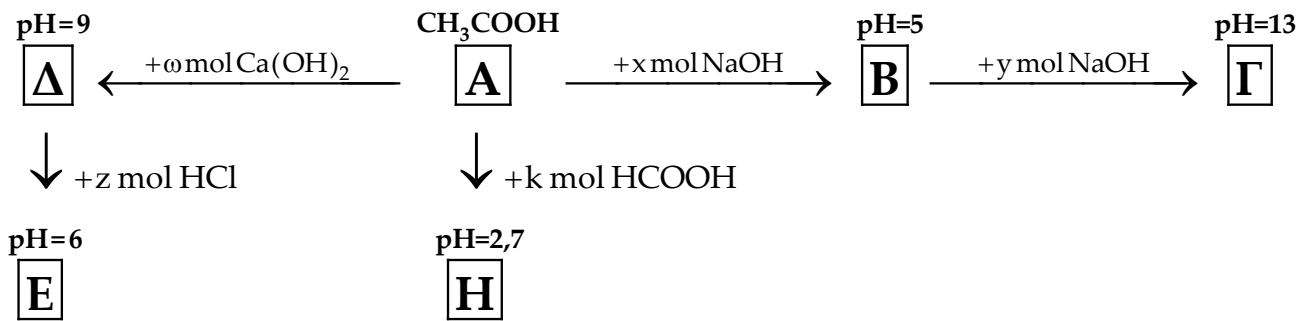
1. Στο παρακάτω διάγραμμα τα γράμματα **A, B, Γ, Δ, E, Z, Θ, Κ, Λ** αναφέρονται σε υδατικά διαλύματα. Το διάλυμα **A** έχει όγκο **100mL** και **pH = 1**



Να βρείτε το pH των διαλυμάτων **B, Γ, Δ, E, Z, Θ, Κ, Λ**.

- Δίνεται:**
- $K_{\text{bNH}_3} = K_{\text{aCH}_3\text{COOH}} = 10^{-5}$
 - Οι σχετικές μοριακές μάζες:
 Ca(OH)_2 : 74, KOH : 56, NaOH : 40, CH_3COOH : 60 και Ar(Mg) : 24
 - Με τη προσθήκη αερίων και στερεών δε μεταβάλλεται ο όγκος των διαλυμάτων.
 - $K_w = 10^{-14}$, $\log 3 = 0,5$
 - Επιτρέπονται οι προσεγγίσεις.

2. Στο παρακάτω διάγραμμα τα γράμματα Α, Β, Γ, Δ αναφέρονται σε υδατικά διαλύματα. Το διάλυμα Α περιέχει CH_3COOH έχει $\text{pH} = 3$ και όγκο 1L.



Να βρείτε τις τιμές x, y, z, ω, k

- Δίνεται:
- $K_{\text{aCH}_3\text{COOH}} = 10^{-5}, K_{\text{aHCOOH}} = 10^{-4}$
 - Οι προσθήκες ηλεκτρολυτών στα διαλύματα πραγματοποιούνται χωρίς μεταβολή του όγκου.
 - $K_w = 10^{-14}, \log 3 = 0,5, \log 2 = 0,3$
 - Επιτρέπονται οι προσεγγίσεις

Απαντήσεις:

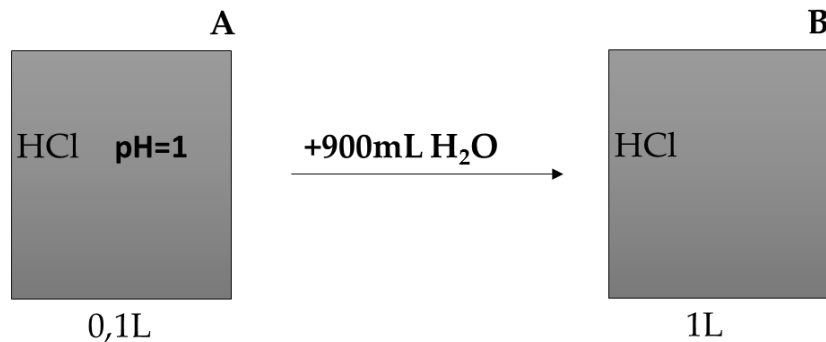
- | | | | |
|---------------|-------------------|------------|--------------------|
| 1. Διάλυμα Β: | $\text{pH} = 2$ | Διάλυμα Δ: | $\text{pH} = 0$ |
| Διάλυμα Γ: | $\text{pH} = 9$ | Διάλυμα Ε: | $\text{pH} = 13$ |
| Διάλυμα Κ: | $\text{pH} = 9$ | Διάλυμα Η: | $\text{pH} = 5$ |
| Διάλυμα Θ: | $\text{pH} = 5,5$ | Διάλυμα Ζ: | $\text{pH} = 10,5$ |
| Διάλυμα Λ: | $\text{pH} = 13$ | | |

2. $x = 0,05$ $y = 0,15$ $\omega = 0,05$ $z = 0,075$ $k = 0,03$

ΛΥΣΕΙΣ

1.

A → B

**Διάλυμα A:**Έστω C_A η συγκέντρωση του HCl στο διάλυμα A.

$$C_A \qquad C_A \qquad C_A \qquad \text{pH} = 1 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1\text{M} \rightarrow C_A = 0,1\text{M}$$

Διάλυμα B:

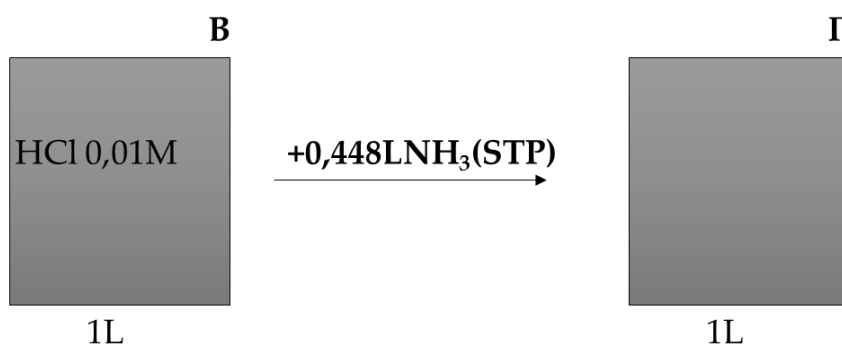
Μετά την αραίωση η συγκέντρωση του HCl θα είναι:

$$C_B = \frac{0,1 \cdot 0,1}{1} \rightarrow C_B = 0,01\text{M}$$



$$C_B \qquad C_B \qquad C_B \qquad [\text{H}_3\text{O}^+] = C_B = 0,01\text{M} \rightarrow \text{pH} = 2$$

B → Γ

Η NH_3 αντιδρά με το HCl.

Επιμέλεια: Γιάννης Καλαμαράς

Αρχικά mol:

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{0,448}{22,4} = 0,02 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = 0,01 \text{ mol}$$



Αρχ. 0,01 0,02

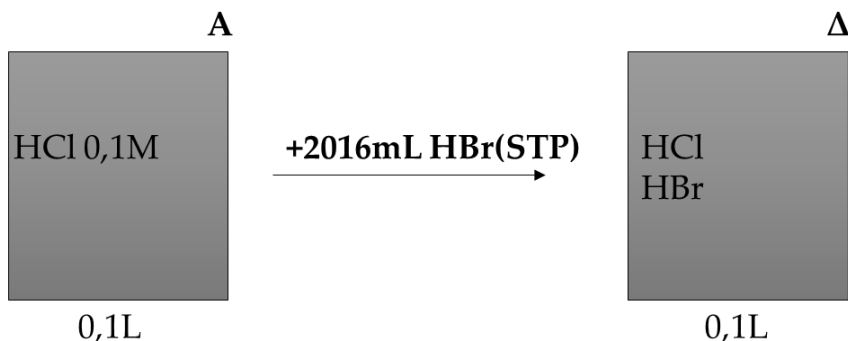
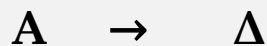
Τελ. - 0,01 0,01

Συγκεντρώσεις στο διάλυμα Γ:

[NH₃] = [NH₄Cl]. Το διάλυμα Γ είναι ρυθμιστικό οπότε:

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{a}(\text{NH}_4^+)} + \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \text{pK}_{\text{a}(\text{NH}_4^+)} = 9 \text{ αφού } [\text{NH}_3] = [\text{NH}_4\text{Cl}]$$

Συνεπώς το διάλυμα Γ θα έχει **pH = 9**



Στο διάλυμα Δ περιέχονται οι ηλεκτρολύτες HCl, HBr.

Συγκεντρώσεις στο διάλυμα Δ:

$$[\text{HCl}] = 0,1 \text{ M}$$

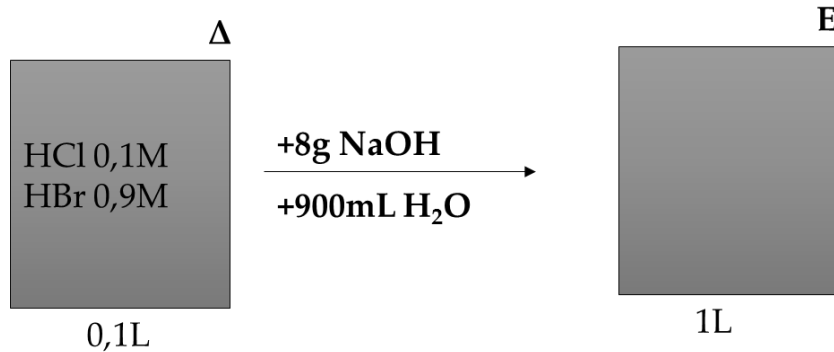
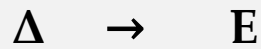
$$[\text{HBr}] = \frac{n}{V_{\Delta}} = \frac{2,016}{22,4 \cdot 0,1} = 0,9 \text{ M}$$



0,1 0,1 0,1



$$0,9 \qquad \qquad \qquad 0,9 \quad 0,9 \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 + 0,9 = 1\text{M} \rightarrow \text{pH} = 0$$



Το NaOH αντιδρά με το HCl και το HBr.

Αρχικά mol:

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m}{M_r} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HBr}} = 0,09 \text{ mol}$$



Αρχ. 0,01 0,2

Τελ. - 0,19 0,01



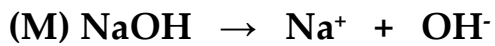
Αρχ. 0,09 0,19

Τελ. - 0,1 0,09

Συνεπώς στο διάλυμα E το οποίο θα έχει όγκο 1L περιέχεται NaOH το οποίο έχει συγκέντρωση:

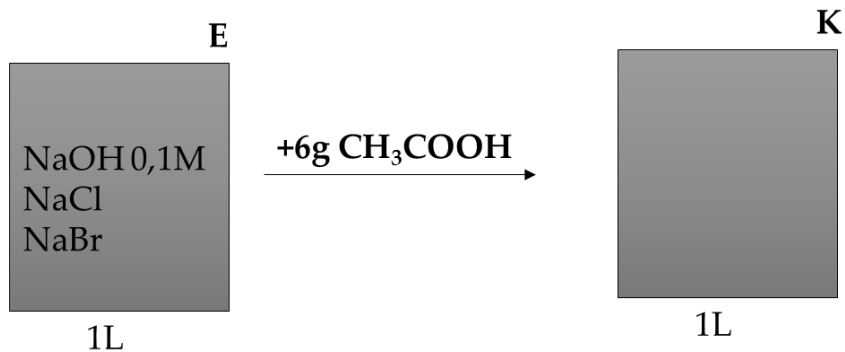
$$[\text{NaOH}] = \frac{0,1}{1} = 0,1\text{M}$$

Διάσταση του NaOH:



$$0,1 \qquad \qquad 0,1 \qquad [\text{OH}^-] = 0,1 \text{ M} \rightarrow \text{pOH} = 1 \rightarrow \text{pH} = 13$$

Οι ηλεκτρολύτες NaCl, NaBr που περιέχονται στο διάλυμα δεν επηρεάζουν το pH του διαλύματος επειδή τα ιόντα τους δεν αντιδρούν με το νερό.



Αρχικά mol:

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{m}{M_r} = \frac{6}{60} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol}$$

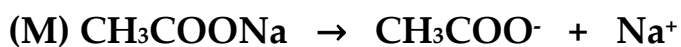


$$\text{Αρχ.} \quad 0,1 \qquad \qquad 0,1$$

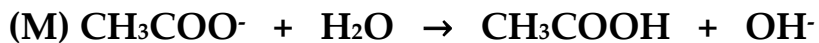
$$\text{Τελ.} \quad - \qquad \qquad - \qquad \qquad 0,1$$

Στο διάλυμα K περιέχεται το CH₃COONa και τα ουδέτερα άλατα NaCl, NaBr που δεν επηρεάζουν το pH.

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0,1\text{M}$$

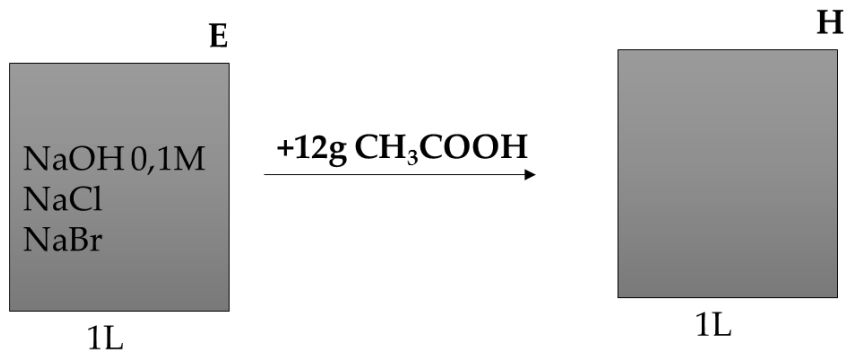
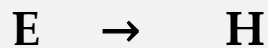


$$0,1 \qquad \qquad 0,1 \qquad \qquad 0,1$$



$$0,1-x \qquad \qquad \qquad x \qquad \qquad \qquad x$$

$$K_{b\text{CH}_3\text{COO}^-} = \frac{x^2}{0,1-x} = \frac{x^2}{0,1} \rightarrow 10^{-9} = \frac{x^2}{0,1} \rightarrow x = 10^{-5} \rightarrow \text{pOH}=5 \rightarrow \text{pH}=9$$



Αρχικά mol:

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{m}{M_r} = \frac{12}{60} = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol}$$



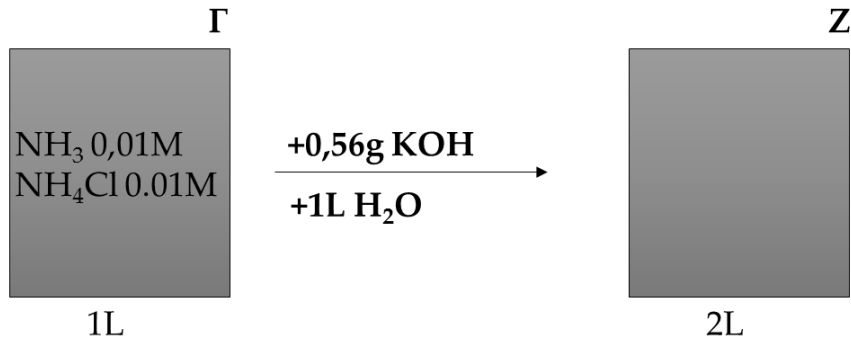
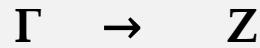
Αρχ. 0,2 0,1

Τελ. 0,1 - 0,1

Στο διάλυμα H περιέχεται CH₃COOH, CH₃COONa και τα ουδέτερα άλατα NaCl, NaBr που δεν επηρεάζουν το pH.

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0,1M \text{ και } [\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1M$$

Το διάλυμα είναι ρυθμιστικό:



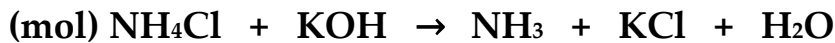
Το KOH αντιδρά με το NH_4Cl .

Αρχικά mol:

$$n_{\text{KOH}} = \frac{m}{M_r} = \frac{0,56}{56} = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3} = 0,01 \text{ mol}$$



Αρχ. 0,01 0,01 0,01

Τελ. - - 0,02 0,01

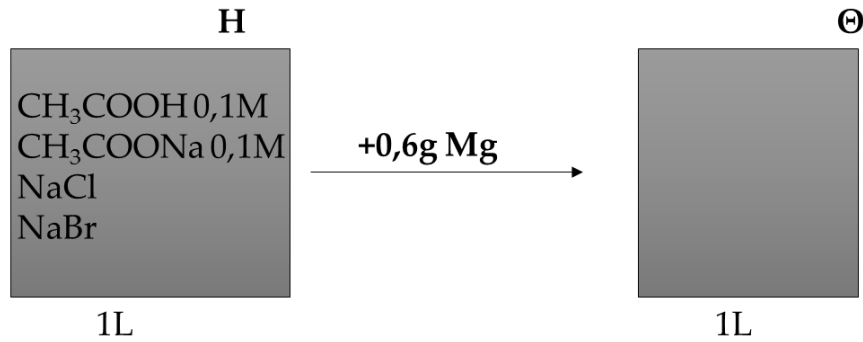
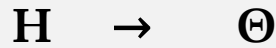
Στο διάλυμα Z περιέχονται οι ηλεκτρολύτες NH_3 και KCl . Το KCl δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος αφού τα ιόντα του δεν αντιδρούν με το νερό.

$$[\text{NH}_3] = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ M}$$



0,01-x x x

$$K_{b_{\text{NH}_3}} = \frac{x^2}{0,01-x} = \frac{x^2}{0,01} \rightarrow 10^{-5} = \frac{x^2}{0,01} \rightarrow x = 10^{-3,5} \rightarrow \text{pOH} = 3,5 \rightarrow \text{pH} = 10,5$$



Το Mg αντιδρά με το CH₃COOH.

Αρχικά mol:

$$n_{Mg} = \frac{m}{M_r} = \frac{0,6}{24} = 0,025 \text{ mol}$$

$$n_{CH_3COOH} = 0,1 \text{ mol}$$

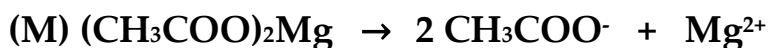
$$n_{CH_3COONa} = 0,1 \text{ mol}$$



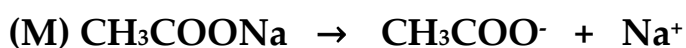
Αρχ.	0,1	0,025		
A-Π.	0,05	0,025	0,025	0,025
Τελ.	0,05	-	0,025	0,025

Στο διάλυμα Θ περιέχονται οι ηλεκτρολύτες CH₃COOH, (CH₃COO)₂Mg και CH₃COONa με συγκεντρώσεις:

$$[CH_3COOH] = 0,05M, [(CH_3COO)_2Mg] = 0,025M \text{ και } [CH_3COONa] = 0,1M$$



$$0,025 \qquad \qquad 0,05 \qquad \qquad 0,025$$



$$0,1 \qquad \qquad 0,1 \qquad \qquad 0,1$$

Το διάλυμα Θ χαρακτηρίζεται ρυθμιστικό:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,05\text{M} \text{ και } [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,15\text{M}$$

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{a}_{\text{CH}_3\text{COOH}}} + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \text{pK}_{\text{a}_{\text{CH}_3\text{COOH}}} + \log \frac{0,15}{0,05} = 5 + 0,5 = 5,5$$

Συνεπώς το διάλυμα Θ έχει **pH = 5,5**

Τα ιόντα NaCl, NaBr που περιέχονται στο Θ δεν επηρεάζουν το pH.

2. Εύρεση συγκέντρωση στο διάλυμα A



C - λ

λ

λ

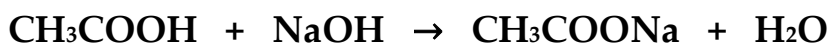
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \lambda = 10^{-3}$$

$$\text{K}_{\text{a}_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = \frac{\lambda^2}{\text{C} - \lambda} \rightarrow 10^{-5} = \frac{10^{-6}}{\text{C}} \rightarrow \text{C} = 0,1\text{M}$$

Η προσέγγιση επιτρέπεται από εκφώνηση.

A → B

Το NaOH αντιδρά με το CH₃COOH.



$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaOH}} = x \text{ mol}$$

- ♦ Αν $x = 0,1$ τότε το διάλυμα B θα περιέχει CH₃COONa το οποίο έχει pH > 7 αφού το CH₃COO⁻ που προκύπτει από τη διάσπαση του CH₃COONa αντιδρά με το νερό δίνοντας OH⁻
- ♦ Αν $x > 0,1$, τότε το διάλυμα B θα περιέχει NaOH/CH₃COONa το οποίο έχει

$$\text{pH} > 7$$

- ♦ Οπότε το NaOH αντιδρά πλήρως και $x < 0,1$



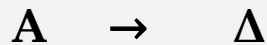
$$\text{Αρχ.} \quad 0,1 \quad \quad \quad x$$

$$\text{Τελ.} \quad 0,1-x \quad \quad \quad - \quad \quad \quad x$$

Το διάλυμα Β είναι ρυθμιστικό.

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{a}_{\text{CH}_3\text{COOH}}} + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$5 = 5 + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \rightarrow [\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] \rightarrow \frac{0,1-x}{1} = \frac{x}{1} \rightarrow x = 0,05$$



Αρχικά mol:

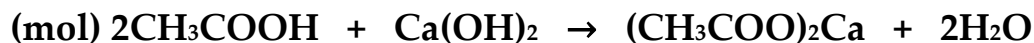
$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = \omega \text{ mol}$$

Αν οι ηλεκτρολύτες βρίσκονται σε στοιχειομετρική αναλογία το διάλυμα Δ θα περιέχει το άλας $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ που έχει βασικό χαρακτήρα αφού το ιόν CH_3COO^- αντιδρά με το νερό παράγοντας OH^- .

Έστω ότι $n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2 \cdot n_{\text{Ca(OH)}_2}$ (στοιχειομετρική αναλογία)

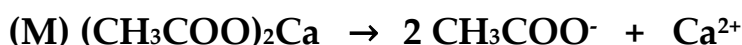
$$0,1 = 2\omega \rightarrow \omega = 0,05$$



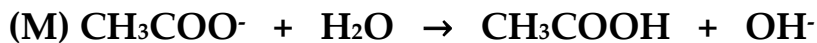
$$\text{Αρχ.} \quad 0,1 \quad \quad \quad 0,05$$

$$\text{Τελ.} \quad - \quad \quad \quad - \quad \quad \quad 0,05$$

$$[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}] = 0,05 \text{ M}$$



$$0,05 \quad \quad \quad 0,1 \quad \quad \quad 0,05$$



$$K_{b_{\text{CH}_3\text{COO}^-}} = \frac{x^2}{0,1 - x} = \frac{x^2}{0,1} \rightarrow 10^{-9} = \frac{x^2}{0,1} \rightarrow x = 10^{-5} \rightarrow \text{pOH} = 5 \rightarrow \text{pH} = 9 \text{ δεκτό}$$

Οπότε $\omega = 0,05$

B → Γ

Το διάλυμα Β περιέχει CH_3COOH 0,05M και CH_3COONa 0,05M

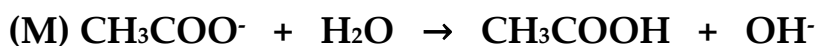
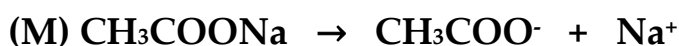
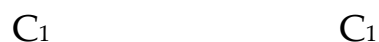
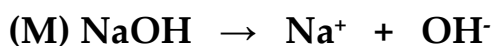
Το NaOH αντιδρά με το CH_3COOH .

Το διάλυμα Γ έχει $\text{pH} = 13$. Αν οι ηλεκτρολύτες είναι σε στοιχειομετρική αναλογία θα προκύψει διάλυμα που θα περιέχει μόνο το άλας CH_3COONa με $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,05\text{M}$. Η περίπτωση αυτή απορρίπτεται αφού το διάλυμα Δ που περιέχει CH_3COO^- σε μεγαλύτερη συγκέντρωση (0,1M) έχει $\text{pH} = 9$. Οπότε για να προκύψει διάλυμα με $\text{pH} = 13$ περισσεύει NaOH .

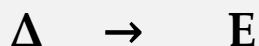


$$[\text{NaOH}] = \frac{y - 0,05}{1} = y - 0,05 = C_1$$

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = \frac{y}{1} = y$$



$$\text{pH} = 13 \rightarrow \text{pH} = 1 \rightarrow [\text{OH}^-] = 0,1 \text{ M} \rightarrow C_1 + y' = 0,1 \rightarrow C_1 = 0,1 \rightarrow y - 0,05 = 0,1 \rightarrow y = 0,15$$



Το διάλυμα Δ περιέχει το άλας $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ με συγκέντρωση 0,05 M

Το HCl αντιδρά με το $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$

Αρχικά mol:

$$n_{(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}} = 0,05 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = z \text{ mol}$$

Αν οι ηλεκτρολύτες είναι σε στοιχειομετρική αναλογία δηλ $z = 0,1$ τότε προκύπτει διάλυμα που περιέχει το CH_3COOH με συγκέντρωση 0,1M το οποίο από εκφώνηση δίνει $\text{pH} = 3$. Το CaCl_2 δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος αφού τα ιόντα του δεν αντιδρούν με το νερό.

Οπότε για να προκύψει διάλυμα με $\text{pH} = 6$ πρέπει να καταναλωθεί πλήρως το HCl διότι αν περίσσευε το διάλυμα θα είχε $\text{pH} < 3$.



$$\text{Αρχ.} \quad 0,05 \quad \quad \quad z$$

$$\text{Τελ.} \quad 0,05 - z/2 \quad \quad \quad - \quad \quad \quad z$$

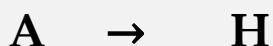
Το διάλυμα Ε είναι ρυθμιστικό.

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = z \text{ M} \quad \quad \quad [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 2 \cdot (0,05 - z/2) \text{ M}$$

$$\text{pH} = 5,5 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{5,5} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-5}}{10^{0,5}} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-5}}{3} \text{ αφού } \log 3 = 0,5$$

$$K_a \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{10^{-5}}{3} \rightarrow \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{1}{3} \rightarrow [\text{CH}_3\text{COOH}] = 3 \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

$$z = 3 \cdot 2 \cdot (0,05 - \frac{z}{2}) \rightarrow z = 0,3 - 3z \rightarrow z = 0,075$$



Οι ηλεκτρολύτες δεν αντιδρούν.

Συγκεντρώσεις στο διάλυμα Η.

xhmeiastokyma.gr

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1\text{M}$$

$$[\text{HCOOH}] = k \text{ M}$$



$$0,1 - x_1 \qquad \qquad \qquad x_1 \qquad \qquad \qquad x_1$$



$$k - x_2 \qquad \qquad \qquad x_2 \qquad \qquad \qquad x_2$$

$$K_{a_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = \frac{x_1(x_1 + x_2)}{0,1 - x_1} \rightarrow 10^{-5} = \frac{x_1(x_1 + x_2)}{0,1} \rightarrow x_1(x_1 + x_2) = 10^{-6} \quad (1)$$

$$K_{a_{\text{HCOOH}}} = \frac{x_2(x_1 + x_2)}{k - x_2} \rightarrow 10^{-4} = \frac{x_2(x_1 + x_2)}{k} \rightarrow x_2(x_1 + x_2) = 10^{-4} \cdot k \quad (2)$$

Με πρόσθεση κατά μέλη των (1) και (2)

$$(x_1 + x_2)^2 = 10^{-6} + 10^{-4} \cdot k \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 10^{-6} + 10^{-4} \cdot k$$

$$4 \cdot 10^{-6} = 10^{-6} + 10^{-4} \cdot k \rightarrow \mathbf{k=0,03}$$