

## ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ – ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (7-2-2021)

### ΘΕΜΑ Α

A1. Γ    A2. Β    A3. Β    A4. Δ

A5. Β (x = 2, προκύπτει από τις μονάδες του Kc)

### ΘΕΜΑ Β

B1. A)  $U = K [(CH_3)_3CCl]$

$$B) K = \frac{U}{[(CH_3)_3CCl]} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \frac{M}{sec}}{2 \cdot 10^{-2} M} = 10^{-2} \frac{1}{sec} = 0,01 \text{ sec}^{-1}$$

B2. A) Με την προσθήκη ισχυρής βάσης NaOH στο ρυθμιστικό διάλυμα:  $[OH^-] \uparrow \Rightarrow$   
 $\Rightarrow [H_3O^+] \downarrow \Rightarrow pH \uparrow$

ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ Με την προσθήκη μικρής ποσότητας μικρή ισχυρής βάσης NaOH

Τα  $OH^-$  που προκύπτουν από την πλήρη διάσταση της ισχυρής βάσης εξουδετερώνονται από το ασθενές οξύ HA του ρυθμιστικού διαλύματος με βάση την χημική εξίσωση  $HA + OH^- \rightarrow A^- + H_2O$  οπότε το pH αυξάνεται πολύ λίγο πρακτικά σταθερό, αν η ποσότητα είναι μεγαλύτερη ή ίση με την ποσότητα του οξέος, τότε το ρυθμιστικό καταστρέφεται και το pH αυξάνεται πολύ.

### ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ

Πραγματοποιείται η αντίδραση:  $HA + NaOH \rightarrow NaA + H_2O$



• Όσο HA είναι σε περίσσεια και η ποσότητα του NaOH είναι τόσο μικρή ώστε οι [HA] και [NaA] στο τελικό διάλυμα (ρυθμιστικό) να παρουσιάζουν μικρή διαφορά σε σχέση με τις αρχικές, η αύξηση του pH του ρυθμιστικού διαλύματος είναι πάρα πολύ μικρή. Η αύξηση αυτή μεγαλώνει καθώς η ποσότητα του NaOH αυξάνεται αισθητά μέχρι να εξουδετερώσει πλήρως την ποσότητα του HA (μείωση ρυθμιστικής ικανότητας).

$$\text{Αρχικό ρυθμιστικό διάλυμα: } pH = pK_a + \log \frac{C_{\text{βάσης}}}{C_{\text{οξέος}}} = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{\frac{n}{V}}{\frac{n}{V}}$$

Τελικό ρυθμιστικό διάλυμα:  $\text{pH}' = \text{pKa} + \log \frac{C'_{\text{βάσης}}}{C'_{\text{οξέος}}} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{A}^-]'}{[\text{HA}]'} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{pH}' = \text{pKa} + \log \frac{\frac{n+x}{V}}{\frac{n-x}{V}}$$

Όσο  $x \uparrow \Rightarrow$  μεγαλύτερη αύξηση του  $\frac{\frac{n+x}{V}}{\frac{n-x}{V}} \Rightarrow$  μεγαλύτερη αύξηση του  $\log \frac{\frac{n+x}{V}}{\frac{n-x}{V}} \Rightarrow$  μεγαλύτερη αύξηση του  $\text{pH}$  (μείωση ρυθμιστικής ικανότητας).

- Κατά την πλήρη εξουδετέρωση: παράγεται  $\text{NaA}$  (τελικό διάλυμα: βασικό). Δεν υπάρχει πλέον ρυθμιστικό διάλυμα και η αύξηση του  $\text{pH}$  είναι αισθητά παρατηρήσιμη πλέον.

- Μετά την εξουδετέρωση της ποσότητας του  $\text{HA}$ : περισσεύει  $\text{NaOH}$ , παράγεται  $\text{NaA}$  (βασικό διάλυμα)  $\Rightarrow$  Ε.Κ.Ι:  $\text{OH}^-$ ,  $[\text{OH}^-] \uparrow \Rightarrow \text{pH} \uparrow$  πάρα πολύ, και καθορίζεται από την ισχυρή βάση  $\text{NaOH}$ .

**Συνεπώς: το ζητούμενο διάγραμμα είναι το Β.**

**Β) •** Με αραιώση:  $C_{\text{οξέος}} \cdot V = C'_{\text{οξέος}} \cdot 10V \Rightarrow C'_{\text{οξέος}} = \frac{C_{\text{οξέος}} \cdot V}{10V} \Rightarrow C'_{\text{οξέος}} = \frac{C_{\text{οξέος}}}{10}$

Ομοίως:  $C_{\text{βάσης}} \cdot V = C'_{\text{βάσης}} \cdot 10V \Rightarrow C'_{\text{βάσης}} = \frac{C_{\text{βάσης}} \cdot V}{10V} \Rightarrow C'_{\text{βάσης}} = \frac{C_{\text{βάσης}}}{10}$

( $K_a = \text{σταθ.}$  γιατί  $T = \text{σταθ.}$ )

Αρχικό διάλυμα:  $\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{C_{\text{βάσης}}}{C_{\text{οξέος}}}$

Αραιωμένο διάλυμα:  $\text{pH}' = \text{pKa} + \log \frac{C'_{\text{βάσης}}}{C'_{\text{οξέος}}} = \text{pKa} + \log \frac{\frac{C_{\text{βάσης}}}{10}}{\frac{C_{\text{οξέος}}}{10}} = \text{pKa} + \log \frac{C_{\text{βάσης}}}{C_{\text{οξέος}}}$

=  $\text{pH}$  (δεν μεταβάλλεται το  $\text{pH}$ )

- Αρχικό διάλυμα:  $\alpha = \frac{x}{C_{\text{οξέος}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_{\text{οξέος}}}$

Αραιωμένο διάλυμα:  $\alpha' = \frac{x'}{C'_{\text{οξέος}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]'}{C'_{\text{οξέος}}} \Rightarrow (\text{pH} = \text{pH}' \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+]')$

$$\Rightarrow \alpha' = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C'_{\text{οξέος}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{\frac{C_{\text{οξέος}}}{10}} = 10 \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_{\text{οξέος}}} = 10\alpha$$

$$\Gamma) C_{\text{οξέος}} \cdot V = C'_{\text{οξέος}} \cdot V' \Rightarrow C'_{\text{οξέος}} = \frac{C_{\text{οξέος}} \cdot V}{V'}$$

$$C_{\text{βάσης}} \cdot V = C'_{\text{βάσης}} \cdot V' \Rightarrow C'_{\text{βάσης}} = \frac{C_{\text{βάσης}} \cdot V}{V'}$$

Διατηρείται σταθερό το pH του ρυθμιστικού, όσο επιτρέπονται οι προσεγγίσεις για να ισχύει η εξίσωση Henderson-Hasselbalch:

$$C'_{\text{οξέος}} - x \approx C'_{\text{οξέος}} \quad \text{και} \quad C'_{\text{βάσης}} + x \approx C'_{\text{βάσης}}$$

Όπου  $x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5}\text{M}$  (pH = 5: σταθ.)

·  $C_{\text{οξέος}} = C_{\text{βάσης}} \Rightarrow C'_{\text{οξέος}} = C'_{\text{βάσης}}$ , οπότε ουσιαστικά θέλουμε:

$$C'_{\text{οξέος}} \geq 10^{-4} \Rightarrow \frac{C_{\text{οξέος}} \cdot V}{V'} \geq 10^{-4} \Rightarrow V' \leq \frac{C_{\text{οξέος}} \cdot V}{10^{-4}} \Rightarrow V_{\text{max}} = \frac{C_{\text{οξέος}} \cdot V}{10^{-4}} = \frac{1 \cdot V}{10^{-4}} = 10^4 V.$$

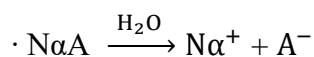
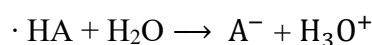
**B3. Α)** Γιατί το  $\text{H}_2\text{O}$  είναι πολικό μόριο και διαλύεται πιο εύκολα σε πολικούς διαλύτες (ο  $\text{CCl}_4$ : μη πολικό μόριο).

**B)** Το  $\text{I}_2$ : πολικό μόριο και συνεπώς διαλύεται πιο εύκολα στον  $\text{CCl}_4$  άρα στην αντίστοιχη στιβάδα (υποκείμενη) ο χρωματισμός θα είναι πιο έντονος).

**B4. 1)** το B

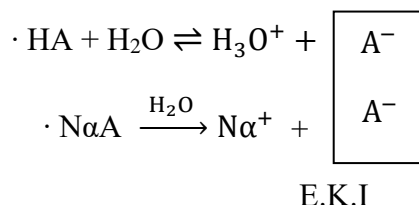
2) Θέλουμε να αυξηθεί η ποσότητα του  $\text{CaCO}_3$  (άλατος του ασβεστίου), δηλαδή η ισορροπία να μετατοπιστεί προς τα δεξιά ( $\text{CaCO}_3$ : προϊόν) με ταυτόχρονη αύξηση της θερμοκρασίας η οποία ευνοεί την ενδόθερμη αντίδραση (Le Chatelier). Άρα η προς τα δεξιά: ενδόθερμη.

**B5. i)** • Αν HA: ισχυρό οξύ



Εμφανίζεται κοινό ιόν αλλά δεν επηρεάζει τον ιοντισμό του HA (μονόδρομη αντίδραση), δηλαδή δεν εμφανίζεται Ε.Κ.Ι και προφανώς δεν επηρεάζεται η  $[H_3O^+]$  άρα και το pH (απορρίπτεται).

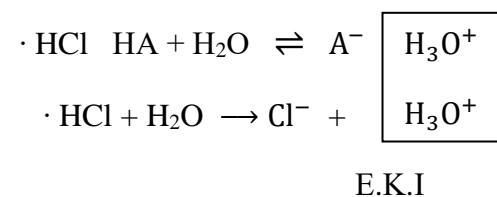
• Αν HA: ασθενές οξύ



Ε.Κ.Ι:  $A^- \Rightarrow [A^-] \uparrow \Rightarrow$  (Le Chatelier): η Ι.  $I_{HA}$  μετατοπίζεται προς τα αριστερά  $\Rightarrow [H_3O^+] \downarrow \Rightarrow pH \uparrow$  και ταυτόχρονα  $\alpha_{HA} \downarrow$  ( $\alpha_{HA} = \frac{n_{\text{ιοντ.}}}{n_{\text{αρχ.}}}$ ,  $n_{\text{ιοντ.}} \downarrow$ ,  $n_{\text{αρχ.}} = \text{σταθ.}$ ) (δεκτό)

Άρα HA ασθενές οξύ.

ii) αν ήταν HCl χωρίς ΔV



Ε.Κ.Ι:  $H_3O^+ \Rightarrow [H_3O^+] \uparrow \Rightarrow$  (Le Chatelier): η Ι.  $I_{HA}$  μετατοπίζεται προς τα αριστερά  $\Rightarrow [H_3O^+] \uparrow$  (δεν αναιρείται πλήρως η μεταβολή)  $\Rightarrow pH \downarrow$  και ταυτόχρονα  $\alpha_{HA} \downarrow$  ( $\alpha_{HA} = \frac{n_{\text{ιοντ.}}}{n_{\text{αρχ.}}}$ ,  $n_{\text{ιοντ.}} \downarrow$ ,  $n_{\text{αρχ.}} = \text{σταθ.}$ ).

**ΕΠΕΙΔΗ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΛΥΜΑ HCl ΓΙΝΕΤΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΑΡΑΙΩΣΗ**

$[H_3O^+] \downarrow$  pH  $\uparrow$

**ΑΡΑ ΤΑ ΠΑΝΤΑ ΕΞΑΡΤΩΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ pH ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ HCl**

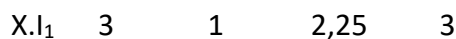
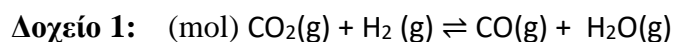
Αν το pH ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ HCl είναι μεγαλύτερο από το δμα του HA pH  $\uparrow$  και ο α αυξάνεται

Αν το pH ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ HCl είναι μικρότερο από το δμα του HA

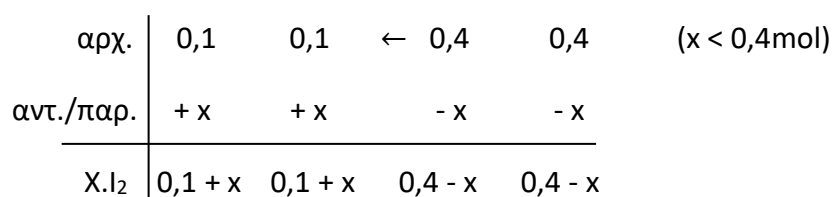
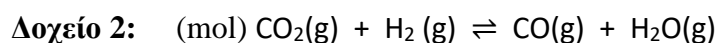
pH  $\downarrow$  και ταυτόχρονα  $\alpha_{HA} \downarrow$

## ΘΕΜΑ Γ

Γ1.



$$(\Theta^\circ\text{C}) K_c = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]} = \frac{\frac{2,25}{0,5} \cdot \frac{3}{0,5}}{\frac{3}{0,5} \cdot \frac{1}{0,5}} = 2,25.$$



• Βρίσκουμε Q<sub>c</sub> για να δούμε προς τα πού θα πραγματοποιηθεί η αντίδραση:

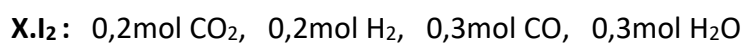
$$Q_c = \frac{[\text{CO}]' \cdot [\text{H}_2\text{O}]'}{[\text{CO}_2]' \cdot [\text{H}_2]'} = \frac{\frac{0,4}{2} \cdot \frac{0,4}{2}}{\frac{0,1}{2} \cdot \frac{0,1}{2}} = 16 \Rightarrow Q_c > K_c \Rightarrow \text{πρέπει } Q_c \downarrow \text{ ώστε να γίνει ίσο με } K_c$$

και να αποκατασταθεί ισορροπία, δηλαδή πρέπει [CO] ↓, [H<sub>2</sub>O] ↓ ενώ [CO<sub>2</sub>] ↑, [H<sub>2</sub>] ↑.  
Συνεπώς η αντίδραση πραγματοποιείται προς τα αριστερά.

$$(\Theta^\circ\text{C}) K_c' = K_c \Rightarrow \frac{[\text{CO}]' \cdot [\text{H}_2\text{O}]'}{[\text{CO}_2]' \cdot [\text{H}_2]'} = \frac{\frac{(0,4-x)^2}{2^2}}{\frac{(0,1+x)^2}{2^2}} = 2,25 \Rightarrow \left(\frac{0,4-x}{0,1+x}\right)^2 = 1,5^2 \Rightarrow$$

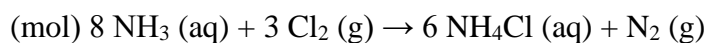
$$\Rightarrow \frac{0,4-x}{0,1+x} = \pm 1,5 \Rightarrow 0,4 - x = 1,5(0,1 + x) \text{ ή } 0,4 - x = -1,5(0,1 + x) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 0,1 \text{ mol ή } x < 0 \text{ (απορ.)}$$



**Γ2.** Έστω  $n$  mol  $\text{Cl}_2$ . Για την  $\text{NH}_3$ :  $n_1 = C_1 \cdot V_1 = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,11 \text{ L} = 0,11 \text{ mol}$

Εφόσον προκύπτει ρυθμιστικό διάλυμα, καταλαβαίνουμε ότι περισεύει  $\text{NH}_3$ .



αρχ.	0,11	n	-	-
αντ./παρ.	$-\frac{8n}{3}$	- n	+ 2n	$+\frac{n}{3}$
τελ.	$0,11 - \frac{8n}{3}$	-	2n	$\frac{n}{3}$

$$[\text{NH}_3] = \frac{0,11 - \frac{8n}{3}}{0,11} \text{ M} = C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma} \quad , \quad K\alpha_{(\text{NH}_4^+)} = \frac{K_w}{K_b_{(\text{NH}_3)}} = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-5}} = 5 \cdot 10^{-10}$$

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = [\text{NH}_4^+] = \frac{2n}{0,11} \text{ M} = C_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}$$

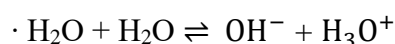
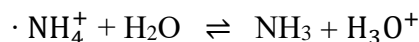
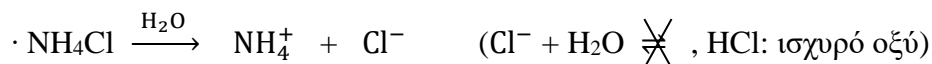
Από την εξίσωση Henderson – Hasselbalch:  $\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}}{C_{\omicron\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}}$  ή με Ε.Κ.Ι

$$K_b = \frac{x(C_{\text{NH}_4\text{Cl}} + x)}{C_{\text{NH}_3} - x} \approx \frac{x \cdot C_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{C_{\text{NH}_3}} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-5} \cdot \frac{2n}{0,11}}{\frac{0,11 - \frac{8n}{3}}{0,11}} \Rightarrow 2(0,11 - \frac{8n}{3}) = 2n \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = 0,03 \text{ mol Cl}_2.$$

$$\frac{K_b_{(\text{NH}_3)}}{C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}} \leq 10^{-2}$$

**Γ3.** ΙΣ:  $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$  (πλήρης εξουδετέρωση, παράγεται το άλας)



$$\text{Άρα: } [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{NH}_4^+} > [\text{OH}^-]_{\text{H}_2\text{O}} \Rightarrow \text{pH} < 7 \text{ (25}^\circ \text{C)}$$

Η περιοχή αλλαγής χρώματος του δείκτη είναι:

$$\text{pKa}_{(\text{H}\Delta)} - 1 \leq \text{pH} \leq \text{pKa}_{(\text{H}\Delta)} + 1 \Rightarrow -\log 10^{-8} - 1 \leq \text{pH} \leq -\log 10^{-8} + 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathbf{7 \leq \text{pH} \leq 9}$$
 , δηλαδή ο δείκτης αλλάζει χρώμα στη βασική περιοχή.

Το διάλυμα όμως που προκύπτει στο Ι.Σ είναι όξινο (μικρότερο) άρα ισχύει:  $V_{T.S} < V_{I.S}$  άρα εμφανίζεται "αρνητικό" σφάλμα ( $C_{πειρ.} < C_{πραγμ.}$ ).

Έστω  $\psi$  η ποσότητα της  $NH_3$  στο αρχικό διάλυμα και  $\omega$  η ποσότητα  $HCl$  που αντιδρά στο Τ.Σ πλήρως. Οπότε αυτή είναι και η ποσότητα της  $NH_3$  που αντιδρά.



αρχ.	$\psi$	$\omega$	$-$
αντ./παρ.	$-\omega$	$-\omega$	$+\omega$
τελ.	$\psi - \omega$	$-$	$\omega$

Προκύπτει ρυθμιστικό διάλυμα:

$$[NH_3] = C_{βάσης} = \frac{\psi - \omega}{V}, [NH_4Cl] = [NH_4^+] = C_{οξέος} = \frac{\omega}{V}$$

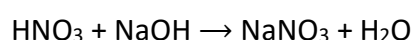
$$\cdot pH = pK_a + \log \frac{C_{βάσης}}{C_{οξέος}} \Rightarrow 8 = -\log 10^{-9} + \log \frac{\psi - \omega}{\omega} \Rightarrow 8 = 9 + \log \frac{\psi - \omega}{\omega} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -1 = \log \frac{1}{10} = \log \frac{\psi - \omega}{\omega} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{\psi - \omega}{\omega} \Rightarrow 10\psi - 10\omega = \omega \Rightarrow 10\psi = 11\omega \Rightarrow$$

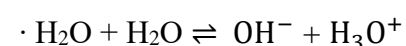
$$\Rightarrow \frac{\omega}{\psi} = \frac{10}{11} = 0,909 \rightarrow \text{εξουδετερώθηκε } 90,9\% \text{ της αρχικής ποσότητας της } NH_3.$$

**ΘΕΜΑ Δ**

**Δ1. Α,Β)** Εφόσον στο Ι.Σ το pH του διαλύματος είναι 7 καταλαβαίνουμε ότι το οξύ  $HNO_x$  είναι ισχυρό (ώστε μετά την πλήρη εξουδετέρωση, το άλας που θα προκύψει να περιέχει ιόντα που δεν υδρολύονται). Προφανώς πρόκειται για το  $HNO_3$  ( $x = 3$ ).

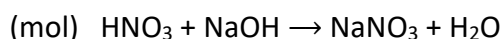


- $NaNO_3 \xrightarrow{H_2O} Na^+ + NO_3^-$
- $NO_3^- + H_2O \nrightarrow$ ,  $HNO_3$ : ισχυρό οξύ
- $Na^+ + H_2O \nrightarrow$ ,  $NaOH$ : ισχυρή βάση



$$\psi M \quad \psi M \quad \rightarrow [OH^-]_{H_2O} = [H_3O^+]_{H_2O} \Rightarrow pH = 7 (25^\circ C)$$

I.Σ:  $n_{\text{HNO}_3} = C \cdot 0,01 \text{ mol}$ ,  $n_{\text{NaOH}} = 0,2 \cdot 0,01 = 0,002 \text{ mol}$



αρχ.  $C \cdot 0,01$   $0,002$  -

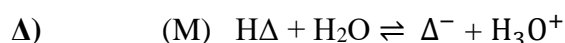
τελ. - -  $0,002 = C \cdot 0,01$

Άρα:  $C = 0,2 \text{ M}$

γ) Η περιοχή αλλαγής χρώματος του δείκτη είναι:

$$\text{p}K_{\text{a}(\text{H}\Delta)} - 1 \leq \text{pH} \leq \text{p}K_{\text{a}(\text{H}\Delta)} + 1 \Rightarrow -\log 10^{-5} - 1 \leq \text{pH} \leq -\log 10^{-5} + 1 \Rightarrow$$

$\Rightarrow 4 \leq \text{pH} \leq 6$  (Δεν περιλαμβάνει το pH του I.Σ, δεν είναι ο καταλληλότερος δείκτης, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μιας και η περιοχή δράσης του περιλαμβάνει μέρος του κατακόρυφου τμήματος.).



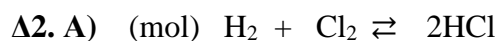
αρχ.	$C_{\text{H}\Delta}$	-	-
ιοντ./παρ.	$-z$	$+z$	$+z$
I.I	$C_{\text{H}\Delta} - z$	$z$	$z$

·  $K_{\text{a}(\text{H}\Delta)} = \frac{[\Delta^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ολ.}}}{[\text{H}\Delta]} \Rightarrow \frac{[\Delta^-]}{[\text{H}\Delta]} = \frac{K_{\text{a}(\text{H}\Delta)}}{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ολ.}}} \Rightarrow \frac{[\Delta^-]}{[\text{H}\Delta]} = \frac{10^{-5}}{10^{-7}} = 10^{+2}$  (επικρατεί η βασική μορφή)

(Η ολική συγκέντρωση των  $\text{H}_3\text{O}^+$  καθορίζεται από εκείνη του διαλύματος μιας και η συγκέντρωση του δείκτη είναι αμελητέα:  $\text{pH} = 7 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ολ.}} = 10^{-7} \text{ M}$ )

· Από το πινακάκι:  $[\text{H}\Delta] = C_{\text{H}\Delta} - z$ ,  $[\Delta^-] = z$

Ζητάμε:  $\alpha_{(\text{H}\Delta)} = \frac{z}{C_{\text{H}\Delta}} = \frac{[\Delta^-]}{[\text{H}\Delta] + [\Delta^-]} = \frac{100[\text{H}\Delta]}{[\text{H}\Delta] + 100[\text{H}\Delta]} = \frac{100[\text{H}\Delta]}{101[\text{H}\Delta]} = \frac{100}{101}$



αρχ.	$x$	$x$	-
αντ./παρ.	$-z$	$-z$	$+2z$
X.I <sub>1</sub>	$x - z$	$x - z$	$2z$ ( $z < x$ )



$$\cdot U_{\text{μέση}} = - \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = - \frac{\left(\frac{x-z}{10} - \frac{x}{10}\right)M}{(1-0)\text{min}} = 0,2 \frac{M}{\text{min}} \Rightarrow \frac{z}{10} = 0,2 \Rightarrow z = 2 \text{ mol}$$

$$\cdot K_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{Cl}_2]} = \frac{\left(\frac{2z}{10}\right)^2}{\left(\frac{x-z}{10}\right)^2} = 1 \Rightarrow \left(\frac{2z}{x-z}\right)^2 = 1 \Rightarrow 2z = x - z \text{ ή } 2z = -x + z \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3z = x \text{ ή } z = -x \text{ (απορ.) και τελικά: } x = 6 \text{ mol}$$

Οι αρχικές ποσότητες των αντιδρώντων είναι: 6 mol H<sub>2</sub> και 6 mol Cl<sub>2</sub>.

$$\alpha = \frac{n_{\text{HCl}}(\text{πρακτ.})}{n_{\text{HCl}}(\text{θεωρ.})} = \frac{2z}{2x} = \frac{z}{x} = \frac{2}{6} = 0,667 \rightarrow 66,7\%$$

**B) X.I<sub>1</sub>:** 4 mol H<sub>2</sub>, 4 mol Cl<sub>2</sub>, 4 mol HCl



X.I <sub>1</sub>	4	4	4
Μεταβολή			→ - ω
αντ./παρ.	-ψ	-ψ	+ 2ψ (2ψ < ω)
X.I <sub>2</sub>	4-ψ	4-ψ	4-ω+2ψ

$$(\theta = \text{σταθ.}) \Rightarrow K_c' = K_c \Rightarrow \frac{[\text{HCl}]'^2}{[\text{H}_2]' \cdot [\text{Cl}_2]'} = \frac{\left(\frac{4-\omega+2\psi}{10}\right)^2}{\left(\frac{4-\psi}{10}\right)^2} = 1 \Rightarrow \left(\frac{4-\omega+2\psi}{4-\psi}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

i) **1<sup>ο</sup> μέρος:**  $n_{\text{HCl}} = \frac{\omega}{2} \text{ mol}$ ,  $n_{\text{CH}_3\text{NH}_2} = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ mol}$

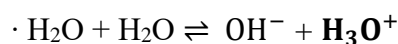
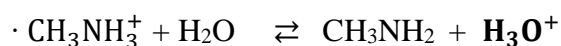
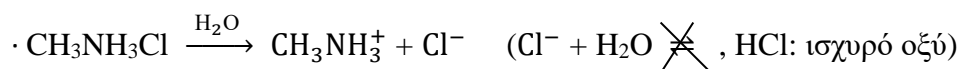


$$2,5 \text{ mol} \quad \frac{\omega}{2} \text{ mol}$$

Δεν γνωρίζουμε ποιο βρίσκεται σε περίσσεια, αλλά γνωρίζουμε το pH του τελικού διαλύματος. Κάνουμε ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ (pH=10: τελικό διάλυμα ΒΑΣΙΚΟ)

**• 1<sup>η</sup> περίπτωση:**

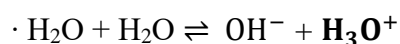
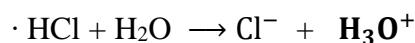
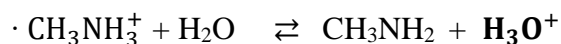
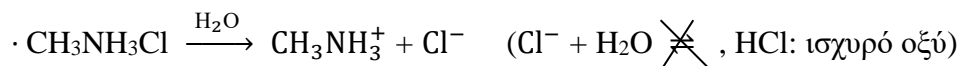
Αν αντιδρούν πλήρως ( $\frac{\omega}{2} = 2,5 \text{ mol}$ ) και παράγεται CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>Cl:



$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ολ.}} > [\text{OH}^-]_{\text{ολ.}} \Rightarrow \text{pH} < 7 \text{ (25}^\circ\text{C)} \text{ (Οξύνο: απορρίπτεται)}$$

· **2<sup>η</sup> περίπτωση:**

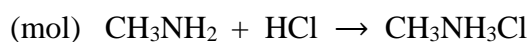
Αν περισσεύει HCl και παράγεται CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>Cl:



$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ολ.}} > [\text{OH}^-]_{\text{ολ.}} \Rightarrow \text{pH} < 7 \text{ (25}^\circ\text{C)} \text{ (Οξύνο: απορρίπτεται)}$$

· **3<sup>η</sup> περίπτωση:**

Τελικά περισσεύει CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub> και παράγεται CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>Cl (ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ)



αρχ.	2,5	$\frac{\omega}{2}$	-
αντ./παρ.	$-\frac{\omega}{2}$	$-\frac{\omega}{2}$	$+\frac{\omega}{2}$
τελ.	$2,5 - \frac{\omega}{2}$	-	$\frac{\omega}{2}$

$$\cdot [\text{CH}_3\text{NH}_2] = \frac{2,5 - \frac{\omega}{2}}{2,5} M = C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma} \quad , \quad [\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}] = \frac{\frac{\omega}{2}}{2,5} M = [\text{CH}_3\text{NH}_3^+] = C_{\text{o}\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}$$

$$\text{Έστω ότι ισχύουν: } \frac{K_{\alpha(\text{CH}_3\text{NH}_3^+)}}{C_{\text{o}\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}} \leq 10^{-2} \quad \text{και} \quad \frac{K_{\beta(\text{CH}_3\text{NH}_2)}}{C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}} \leq 10^{-2}$$

$$\text{Henderson - Hasselbalch: } \text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}}{C_{\text{o}\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10 = -\log 10^{-10} + \log \frac{2,5 - \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}} \Rightarrow 10 = 10 + \log \frac{2,5 - \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0 = \log 1 = \log \frac{2,5 - \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}} \Rightarrow 1 = \frac{2,5 - \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}} \Rightarrow 2,5 - \frac{\omega}{2} = \frac{\omega}{2} \Rightarrow \omega = 2,5 \text{ mol}$$

$$\cdot C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma} = 0,5 \text{ M} = C_{\text{o}\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}$$

$$\cdot \text{Έλεγχος: } \frac{K\alpha_{(\text{CH}_3\text{NH}_3^+)}}{C_{\text{o}\xi\acute{\epsilon}\omicron\varsigma}} = \frac{10^{-10}}{0,5} < 10^{-2}, \quad \frac{K\beta_{(\text{CH}_3\text{NH}_2)}}{C_{\beta\acute{\alpha}\sigma\eta\varsigma}} = \frac{10^{-4}}{0,5} < 10^{-2}$$

$$(1) \Rightarrow \left(\frac{4-\omega+2\psi}{4-\psi}\right)^2 = 1 \Rightarrow \left(\frac{4-2,5+2\psi}{4-\psi}\right)^2 = 1 \Rightarrow \frac{1,5+2\psi}{4-\psi} = \pm 1 \Rightarrow$$

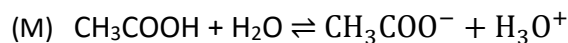
$$\Rightarrow 1,5 + 2\psi = 4 - \psi \quad \text{ή} \quad 1,5 + 2\psi = -4 + \psi \Rightarrow 3\psi = 2,5 \quad \text{ή} \quad \psi < 0 \text{ (απορ.)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \psi = 5/6 \text{ mol} \quad (2\psi < \omega: \text{ισχύει})$$

X.I<sub>2</sub>:

$$\text{ii) } \cdot \mathbf{2^{\circ} \mu\acute{\epsilon}\rho\omicron\varsigma:} \quad n_{\text{HCl}} = \frac{\omega}{2} \text{ mol} = 1,25 \text{ mol}$$

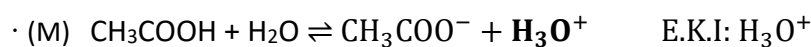
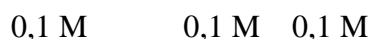
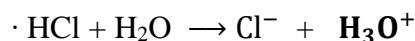
Αρχικό διάλυμα CH<sub>3</sub>COOH:



$$\cdot K\alpha_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 10^{-5} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{k^2}{\text{C}-k} \approx \frac{k^2}{\text{C}} \Rightarrow k^2 = 10^{-5} \text{ C} \quad (2)$$

$$\cdot \alpha_1 = \frac{k}{\text{C}} \quad (3)$$

$$\text{Τελικό διάλυμα: } [\text{HCl}] = \frac{1,25}{12,5} = 0,1 \text{ M}$$



E.K.I: H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ⇒ [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] ↑ ⇒ (Le Chatelier): η I. I<sub>HA</sub> μετατοπίζεται προς τα αριστερά και ταυτόχρονα α<sub>HA</sub> =  $\frac{n_{\text{ιο}\nu\tau.}}{n_{\alpha\rho\chi.}}$ , n<sub>ιο\υ\tau.</sub> ↓, n<sub>\alpha\rho\chi.</sub> = σταθ. ⇒ α<sub>HA</sub> ↓

$$\cdot \alpha_2 = \frac{\alpha_1}{100} \Rightarrow \frac{\text{v}}{\text{C}} = \frac{\frac{k}{\text{C}}}{100} \Rightarrow 100\text{v} = k \quad (4)$$

$$\cdot K\alpha_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 10^{-5} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{\text{v}(0,1+\text{v})}{\text{C}-\text{v}} \approx \frac{\text{v}0,1}{\text{C}} \Rightarrow 0,1\text{v} = 10^{-5} \text{ C} \quad (5)$$

$$(2), (5) \Rightarrow k^2 = 0,1v \Rightarrow v = \frac{k^2}{0,1} \quad (6)$$

$$(4), (6) \Rightarrow 100 \frac{k^2}{0,1} = k \Rightarrow 100k = 0,1 \Rightarrow k = 0,001 \text{ M}$$

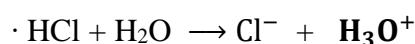
$$(4) \Rightarrow v = 10^{-5} \text{ M}$$

$$(5) \Rightarrow C = \frac{0,1 \cdot 10^{-5}}{10^{-5}} = 0,1 \text{ M}$$

$$\cdot [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 + v = 0,1 + \cdot 10^{-5} \approx 0,1 \text{ M} \quad (\text{ισχύουν οι προσεγγίσεις}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{pH} = -\log \cdot 10^{-1} = 1$$

$$\Gamma) \text{ X.I: } 4 \text{ mol HCl} \rightarrow [\text{HCl}]_1 = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ M}$$



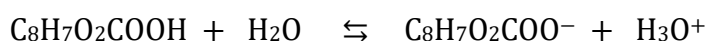
$$0,4 \text{ M} \quad \quad 0,4 \text{ M} \quad 0,4 \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_1 = 0,4 \text{ M} > 10^{-6} \quad (\text{δεν λαμβάνουμε υπόψη τον αυτοϊοντισμό του νερού})$$

$$\text{pH}_1 = -\log 4 \cdot 10^{-1} \Rightarrow \text{pH}_1 = 1 - \log 4$$

· Αν η X.I:  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ , αποκατασταθεί σε μικρότερη θερμοκρασία, και με την ίδια διαδικασία το διάλυμα που προκύπτει έχει μεγαλύτερο pH ( $\text{pH}_2 = 2$ ) καταλαβαίνουμε ότι προκλήθηκε μείωση της  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , άρα και της  $[\text{HCl}]$ . Συνεπώς η αντίδραση πραγματοποιήθηκε προς τα αριστερά για την αποκατάσταση ισορροπίας, όπου ευνοείται η εξώθερμη με την μείωση της θερμοκρασίας (εξώθερμη η προς τα αριστερά). Τελικά η προς τα δεξιά είναι ενδόθερμη.

Δ. i) Η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{H}_3\text{O}^+$  στο γαστρικό υγρό ( $\text{pH} = 1$ ) είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή στο καθαρό νερό ( $\text{pH} = 7$ ), με αποτέλεσμα η ισορροπία ιοντισμού του ακετυλοσαλικυλικού οξέος:



στο γαστρικό υγρό να είναι περισσότερο μετατοπισμένη προς τ' αριστερά (αρχή Le Chatelier). Επομένως το ακετυλοσαλικυλικό οξύ **ιοντίζεται περισσότερο στο καθαρό νερό.**

ii) Στο γαστρικό υγρό το pH είναι ρυθμισμένο στην τιμή  $\text{pH} = 1$ , επομένως για την ισορροπία ιοντισμού του ακετυλοσαλικυλικού οξέος είναι:

	$C_8H_7O_2COOH + H_2O \rightleftharpoons C_8H_7O_2COO^- + H_3O^+$			
ισορροπία (M)	$c - \omega \approx c$		$\omega$	0,1

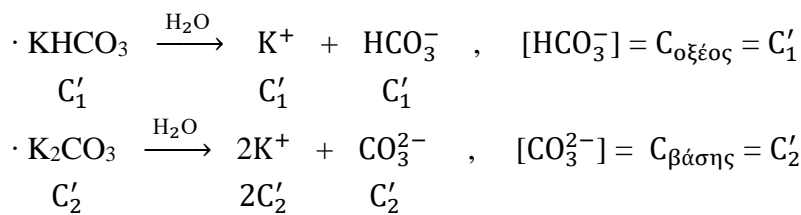
$$K_\alpha = \frac{[C_8H_7O_2COO^-][H_3O^+]}{[C_8H_7O_2COOH]} \quad \text{ή} \quad 2,5 \cdot 10^{-4} = \frac{\omega \cdot 0,1}{c} \quad \text{ή}$$

$$\frac{\omega}{c} = \alpha = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

**Δ3.** Y1 :  $KHCO_3$  ,  $C_1 = 0,2 \text{ M}$  ,  $V_1$

$$Y2 : K_2CO_3 \text{ , με περιεκτικότητα } 13,8 \text{ g/L} \rightarrow C_2 = \frac{n}{V} = \frac{\frac{13,8 \text{ gr}}{138 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}}}{1\text{L}} = 0,1\text{M}, V_2$$

Βρίσκουμε τις συγκεντρώσεις μετά την ανάμειξη:  $C'_1 = \frac{0,2 V_1}{V_1 + V_2}$  ,  $C'_2 = \frac{0,1 V_2}{V_1 + V_2}$



Για να έχει μέγιστη ρυθμιστική ικανότητα το διάλυμα, πρέπει:  $C_{\text{οξέος}} = C_{\text{βάσης}}$ , δηλαδή

$$C'_1 = C'_2 \Rightarrow \frac{0,2 V_1}{V_1 + V_2} = \frac{0,1 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 0,2 V_1 = 0,1 V_2 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$$