

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΘΕΜΑ Α

A1: γ

A2: γ

A3: γ

A4: γ

A5: 1:Σ, 2:Σ, 3:Λ, 4:Λ, 5:Λ

ΘΕΜΑ Β

B1

Η ισορροπία α είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά. Συνεπώς το H₂S είναι ισχυρότερο οξύ από το HCN.

Η ισορροπία β είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά. Συνεπώς το HSO₄⁻ είναι ισχυρότερο οξύ από το H₂S.

Άρα τα οξέα κατά σειρά αυξανόμενης ισχύος είναι: HCN < H₂S < HSO₄⁻.

B2

α. Αρχικά θα υπολογίσουμε τα mol του HCl και του HBr:

$$n_{\text{HCl}} = c_1 V_1 = 0,25 \text{ M} \cdot 0,4 \text{ L} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HBr}} = c_2 V_2 = 1,5 \text{ M} \cdot 0,6 \text{ L} = 0,9 \text{ mol}$$

$$\text{Το διάλυμα } \Delta_3 \text{ έχει όγκο: } V_3 = V_1 + V_2 = 0,4 \text{ L} + 0,6 \text{ L} = 1 \text{ L}$$

Οι συγκεντρώσεις του HCl και του HBr στο Δ₃ είναι:

$$[\text{HCl}] = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_3} = \frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,1 \text{ M} \quad \text{και} \quad [\text{HBr}] = \frac{n_{\text{HBr}}}{V_3} = \frac{0,9 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,9 \text{ M}$$

Το HCl και το HBr είναι ισχυρά οξέα και ιοντίζονται πλήρως, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Ιοντισμός:	HCl + H₂O → H₃O⁺ + Cl⁻		
Αρχικά:	0,1 M		
Ιοντίζονται - Παράγονται:	-0,1 M	+0,1 M	+0,1 M
Τελικά:		0,1 M	0,1 M

Ιοντισμός:	HBr + H₂O → H₃O⁺ + Br⁻		
Αρχικά:	0,9 M		
Ιοντίζονται - Παράγονται:	-0,9 M	+0,9 M	+0,9 M
Τελικά:		0,1 M	0,9 M

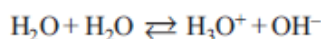
Η συνολική συγκέντρωση των οξονίων στο Δ₃ είναι: [H₃O⁺] = 0,1M + 0,9M = 1 M

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1 = 0$$

β. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων στο Δ₃ είναι:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \text{ M}, [\text{Cl}^-] = 0,1 \text{ M} \quad \text{και} \quad [\text{Br}^-] = 0,9 \text{ M}$$

Επίσης, στο διάλυμα υπάρχουν και ιόντα OH⁻, που προκύπτουν από τον ιοντισμό του νερού:



$$\text{Ισχύει: } K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{1} = 10^{-14} \text{ M}$$

B3 $M_{r_{\text{HCOONa}}} = A_{r_{\text{H}}} + A_{r_{\text{C}}} + 2A_{r_{\text{O}}} + A_{r_{\text{Na}}} = 1 + 12 + 2 \cdot 16 + 23 = 68$

$$n_{\text{HCOONa}} = \frac{m_{\text{HCOONa}}}{M_{r_{\text{HCOONa}}}} = \frac{0,68\text{g}}{68\text{g/mol}} = 0,01\text{mol}$$

Η συγκέντρωση του διαλύματος είναι:

$$c = \frac{n_{\text{HCOONa}}}{V} = \frac{0,01\text{mol}}{\frac{100}{1000}\text{L}} = 0,1\text{M}$$

Η διάστατη του HCOONa φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Διάσταση:	$\text{HCOONa} \rightarrow \text{HCOO}^- + \text{Na}^+$
Αρχικά:	0,1 M
Τελικά:	0,1 M 0,1 M

Τα ιόντα Na^+ δεν αντιδρούν με το νερό, γιατί προέρχονται από την ισχυρή βάση NaOH. Αντίθετα, τα ιόντα HCOO^- αντιδρούν με το νερό γιατί είναι συζυγή του ασθενούς οξέος HCOOH.

Αν x είναι η συγκέντρωση του HCOO^- που ιοντίζεται, ο ιοντισμός του HCOO^- φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ιοντισμός:	$\text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOOH} + \text{OH}^-$
Αρχικά:	0,1 M
Ιοντίζονται - Παράγονται:	-x M +x M +x M
Ισορροπία:	(0,1 - x) M x M x M

α. Δίνεται η K_a του συζυγούς οξέος HCOOH, άρα ο υπολογισμός της K_b του HCOO^- γίνεται με τη βοήθεια της σχέσης: $K_a \cdot K_b = K_w$ ή $10^{-4} \cdot K_b = 10^{-14} \Leftrightarrow K_b = 10^{-14}/10^{-4} \Leftrightarrow K_b = 10^{-10}$

$$\frac{K_b}{c} = \frac{10^{-10}}{0,1} = 10^{-9} < 10^{-2}$$

Άρα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι $0,1 - x \cong 0,1$ συνεπώς:

$$K_b = \frac{[\text{HCOOH}][\text{OH}^-]}{[\text{HCOO}^-]} = \frac{x \cdot x}{c - x} \cong \frac{x^2}{c}$$

Λύνοντας την $K_b = x^2/c$ ως προς x, έχουμε:

$$x = \sqrt{K_b \cdot c} = \sqrt{10^{-10} \cdot 0,1} = \sqrt{10^{-11}} = 10^{-5,5}$$

Όμως, $[\text{OH}^-] = x\text{M}$, άρα: $[\text{OH}^-] = 10^{-5,5}\text{M}$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 10^{-5,5} = 5,5$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_w \quad \text{ή} \quad \text{pH} + 5,5 = 14 \Leftrightarrow \text{pH} = 8,5$$

β. Τα ιόντα που υπάρχουν στο διάλυμα είναι:

- Ιόντα Na^+ που προκύπτουν από τη διάσταση του HCOONa, με $[\text{Na}^+] = 0,1\text{M}$
- Ιόντα OH^- που προκύπτουν από τον ιοντισμό του HCOO^- , με $[\text{OH}^-] = 10^{-5,5}\text{M}$
- Ιόντα HCOO^- που δεν έχουν αντιδράσει με το νερό, με:
 $[\text{HCOO}^-] = (0,1 - 10^{-5,5})\text{M} \cong 0,1\text{M}$
- Ιόντα H_3O^+ που προκύπτουν από τον ιοντισμό του H_2O με
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-8,5}\text{M}$

Η ποσότητα OH^- που σχηματίζεται από τον ιοντισμό του νερού δεν λαμβάνεται υπ' όψιν γιατί θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1 Και τα δύο διαλύματα περιέχουν ασθενείς βάσεις, άρα δεν αντιδρούν μεταξύ τους.

Έστω V_1, V_2 οι όγκοι των διαλυμάτων της B και της RNH_2 αντίστοιχα.

Τα mol της B στο αρχικό διάλυμα είναι: $n_1 = c_1 \cdot V_1$

Τα mol της RNH_2 στο αρχικό διάλυμα είναι: $n_2 = c_2 \cdot V_2$

Το διάλυμα που προκύπτει έχει όγκο: $V_T = V_1 + V_2$

Άρα οι συγκεντρώσεις των B και RNH_2 στο τελικό διάλυμα είναι αντίστοιχα:

$$c_1' = n_1/V_T \Leftrightarrow c_1' = c_1 V_1 / (V_1 + V_2) \quad \text{και} \quad c_2' = n_2/V_T \Leftrightarrow c_2' = c_2 V_2 / (V_1 + V_2)$$

Ο ιοντισμός της B στο τελικό διάλυμα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ιοντισμός:	$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$		
Αρχικά:	$c_1' M$		
Ιοντίζονται - Παράγονται:	$-x M$	$+x M$	$+x M$
Ισορροπία:	$(c_1' - x) M$	$x M$	$x M$

Ο ιοντισμός της RNH_2 στο τελικό διάλυμα φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ιοντισμός:	$RNH_2 + H_2O \rightleftharpoons RNH_3^+ + OH^-$		
Αρχικά:	$c_2' M$		
Ιοντίζονται - Παράγονται:	$-y M$	$+y M$	$+y M$
Ισορροπία:	$(c_2' - y) M$	$y M$	$y M$

Οι συγκεντρώσεις των σωμάτων στο διάλυμα είναι:

$$[B] = (c_1' - x) M \cong c_1' M \quad [RNH_2] = (c_2' - y) M \cong c_2' M \quad [BH^+] = x M$$

$$[RNH_3^+] = y M \quad [OH^-] = (x + y) M$$

$$pH + pOH = pK_w \quad \text{ή} \quad 11 + pOH = 14 \Leftrightarrow pOH = 3$$

$$pOH = -\log[OH^-] \Leftrightarrow 3 = -\log(x + y) \Leftrightarrow x + y = 10^{-3}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} \quad \text{ή} \quad 2 \cdot 10^{-6} = \frac{(x+y)x}{c_1'} \Leftrightarrow 2 \cdot 10^{-6} = \frac{10^{-3}x}{c_1'} \Leftrightarrow 10^{-3}x = 2 \cdot 10^{-6}c_1' \Leftrightarrow x = 2 \cdot 10^{-3}c_1'$$

$$K_b' = \frac{[RNH_3^+][OH^-]}{[RNH_2]} \quad \text{ή} \quad 10^{-6} = \frac{(x+y)y}{c_2'} \Leftrightarrow 10^{-6} = \frac{10^{-3}y}{c_2'} \Leftrightarrow 10^{-3}y = 10^{-6}c_2' \Leftrightarrow y = 10^{-3}c_2'$$

Προσθέτοντας κατά μέλη τις παραπάνω σχέσεις έχουμε: $x + y = 2 \cdot 10^{-3}c_1' + 10^{-3}c_2'$

$$\text{Όμως, } x + y = 10^{-3} \text{ άρα: } 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3}c_1' + 10^{-3}c_2' \Leftrightarrow 2c_1' + c_2' = 1 \quad (1)$$

Στην (1) τοποθετούμε τις τιμές των c_1' και c_2' που έχουμε υπολογίσει:

$$2 \cdot [c_1 V_1 / (V_1 + V_2)] + c_2 V_2 / (V_1 + V_2) = 1 \Leftrightarrow 2c_1 V_1 + c_2 V_2 = V_1 + V_2 \Leftrightarrow 2 \cdot 0,4V_1 + 1,2V_2 = V_1 + V_2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0,2V_2 = 0,2V_1 \Leftrightarrow V_1 = V_2$$

Άρα, τα διαλύματα πρέπει να αναμειχθούν με αναλογία όγκων 1/1.

Γ2.α Ο ιοντισμός του H_2A φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Ιοντισμός:	$H_2A + H_2O \rightleftharpoons HA^- + H_3O^+$		
Αρχικά:	$10^{-1} M$		
Ιοντίζονται - Παράγονται:	$-x M$	$+x M$	$+x M$
Ισορροπία:	$(10^{-1} - x) M$	$x M$	$x M$

Ιοντισμός:	$HA^- + H_2O \rightleftharpoons A^{2-} + H_3O^+$		
Αρχικά:	$x M$		$x M$
Ιοντίζονται - Παράγονται:	$-y M$	$+y M$	$+y M$
Ισορροπία:	$(x - y) M$	$y M$	$(x + y) M$

Άρα οι συγκεντρώσεις στο διάλυμα είναι:

$$[H_2A] = (10^{-1} - x) M \quad [HA^-] = (x - y) M \quad [A^{2-}] = y M \quad [H_3O^+] = (x + y) M$$

$$K_1 = \frac{[HA^-][H_3O^+]}{[H_2A]} \quad \text{ή} \quad 10^{-7} = \frac{(x - y)(x + y)}{10^{-1} - x}$$

$$K_1/c = 10^{-7}/10^{-1} = 10^{-6} < 10^{-2}, \text{ για αυτό θεωρούμε } 10^{-1} - x \cong 10^{-1}$$

Επίσης: $K_1 \ll K_2$, για αυτό θεωρούμε $x \pm y \cong x$, άρα:

$$10^{-7} = \frac{x \cdot x}{10^{-1}} \Leftrightarrow x^2 = 10^{-8} \Leftrightarrow x = 10^{-4}$$

$$K_2 = \frac{[A^{2-}][H_3O^+]}{[HA^-]} \quad \text{ή} \quad 10^{-13} = \frac{(x + y)y}{x - y}$$

$K_1 \ll K_2$, για αυτό θεωρούμε $x \pm y \cong x$, άρα:

$$10^{-13} = \frac{x \cdot y}{x} \Leftrightarrow x \cdot y = 10^{-13} x \Leftrightarrow y = 10^{-13}$$

Άρα:

$$[H_2A] = (10^{-1} - x) M = (10^{-1} - 10^{-4})M \cong 10^{-1} M$$

$$[HA^-] = (x - y) M = (10^{-4} - 10^{-13}) M \cong 10^{-4} M$$

$$[A^{2-}] = y M = 10^{-13} M$$

$$[H_3O^+] = (x + y) M = (10^{-4} + 10^{-13}) M \cong 10^{-4} M$$

Επίσης στο διάλυμα υπάρχουν ανιόντα OH^- που προκύπτουν από τον ιοντισμό του νερού.

$$\text{Ισχύει: } [OH^-][H_3O^+] = K_w \quad \text{ή} \quad [OH^-]10^{-4} = 10^{-14} \Leftrightarrow [OH^-] = 10^{-10}$$

β. $pH = -\log[H_3O^+] = -\log 10^{-4} = 4.$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1 Τα mol του HCOOK σε κάθε ένα από τα 2 μέρη που χωρίσαμε το διάλυμα Δ είναι:

$$n_{\text{HCOOK}} = cV = 10^{-1}\text{M} \cdot 0,2\text{L} = 0,02 \text{ mol}$$

α. Η αντίδραση μεταξύ HCOOK και HCl φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Αντίδραση:	HCOOK + HCl → HCOOH + KCl			
Αρχικά:	0,02 mol	0,01 mol		
Αντιδρούν - Παράγονται:	-0,01 mol	-0,01 mol	+0,01 mol	+0,01 mol
Τελικά:	0,01 mol		0,01 mol	0,01 mol

Δηλαδή, το διάλυμα μετά την αντίδραση περιέχει: KCl, HCOOH και HCOOK. Το KCl δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος.

Οι συγκεντρώσεις των HCOOH και HCOOK είναι:

$$c_{\text{HCOOH}} = n_{\text{HCOOH}}/V = 0,01 \text{ mol}/0,2\text{L} = 0,05 \text{ M}$$

$$c_{\text{HCOOK}} = n_{\text{HCOOK}}/V = 0,01 \text{ mol}/0,2\text{L} = 0,05 \text{ M}$$

Το διάλυμα είναι ρυθμιστικό, γιατί περιέχει το ασθενές οξύ HCOOH και την συζυγή του ασθενή βάση HCOO⁻, που προκύπτει από τη διάσπαση του HCOOK με:

$$c_{\text{οξέος}} = c_{\text{HCOOH}} = 0,05 \text{ M} \quad \text{και} \quad c_{\text{βάσης}} = c_{\text{HCOOK}} = 0,05 \text{ M}$$

Εφαρμόζουμε την εξίσωση Henderson - Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{c_{\text{βάσης}}}{c_{\text{οξέος}}} = -\log 10^{-4} + \log \frac{0,05}{0,05} = 4 + \log 1 = 4$$

β. Τα mol του HNO₃ στο διάλυμα Δ₂ είναι: $n_{\text{HNO}_3} = cV = 0,05\text{M} \cdot 0,4\text{L} = 0,02 \text{ mol}$

Η αντίδραση μεταξύ HCOOK και HNO₃ φαίνεται στον επόμενο πίνακα:

Αντίδραση:	HCOOK + HNO₃ → HCOOH + KNO₃			
Αρχικά:	0,02 mol	0,02 mol		
Αντιδρούν - Παράγονται:	-0,02 mol	-0,02 mol	+0,02 mol	+0,02 mol
Τελικά:			0,02 mol	0,02 mol

Δηλαδή, το διάλυμα μετά την αντίδραση περιέχει: KNO₃ και HCOOH.

Το KNO₃ δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος.

Η συγκέντρωση του HCOOH είναι: $c_{\text{HCOOH}} = n_{\text{HCOOH}}/V = 0,02 \text{ mol}/0,6\text{L} = 1/30 \text{ M}$

Ο ιοντισμός του HCOOH φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ιοντισμός:	$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$		
Αρχικά:	1/30 M		
Ιοντίζονται - Παράγονται:	-x M	+x M	+x M
Ισορροπία:	(1/30 - x) M	x M	x M

Η σταθερά ιοντισμού του HCOOH δίνεται από τη σχέση:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]} \quad \text{ή} \quad K_a = \frac{x \cdot x}{1/30 - x} \quad (1)$$

Θεωρούμε ότι $1/30 - x \cong 1/30$, επειδή $K_a/c = 3 \cdot 10^{-3} < 10^{-2}$.

$$\text{Άρα η (1) γίνεται: } K_a = 30x^2 \Leftrightarrow x = \sqrt{\frac{K_a}{30}} \Leftrightarrow x = \sqrt{\frac{10^{-4}}{30}} \text{ M}$$

$$\text{Συνεπώς } [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{\frac{10^{-4}}{30}} \text{ M}$$

Δ2 α. Για το διάλυμα Δ₁ έχουμε:

Ο ιοντισμός της NH₃ φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ιοντισμός:	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$		
Αρχικά:	0,1 M		
Ιοντίζονται - Παράγονται:	-x M	+x M	+x M
Ισορροπία:	(0,1 - x) M	x M	x M

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_w \quad \text{ή} \quad 11 + \text{pOH} = 14 \Leftrightarrow \text{pOH} = 3$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] \Leftrightarrow 3 = -\log x \Leftrightarrow x = 10^{-3}$$

$$\text{Η σταθερά ιοντισμού της NH}_3 \text{ είναι: } K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x \cdot x}{0,1 - x}$$

Θεωρούμε ότι $0,1 - x \cong 0,1$ οπότε έχουμε: $K_b = x^2/0,1 = (10^{-3})^2/0,1 = 10^{-5}$

$K_b/c_1 = 10^{-5}/0,1 = 10^{-4} < 10^{-2}$ άρα σωστά θεωρήσαμε ότι: $0,1 - x \cong 0,1$

β. Το διάλυμα Δ₂ έχει όγκο $V_2 = V_1 + V_{\text{νερού}} = 50\text{mL} + 50\text{mL} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$

Αν c_2 η συγκέντρωση του Δ₂, από το νόμο της αραιώσης έχουμε:

$$c_2 V_2 = c_1 V_1 \Leftrightarrow c_2 = c_1 V_1 / V_2 = 0,1\text{M} \cdot 0,05\text{L} / 0,1\text{L} = 0,05 \text{ M}$$

