

ΧΗΜΕΙΑ Γ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΟ Δ ΘΕΜΑ (ΜΕ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ)

Όταν υδρολύονται 0,24 mol εστέρα Α σε όξινο περιβάλλον προκύπτουν αλκοόλη Β και κορεσμένο μονοκαρβοξυλικό οξύ Γ. Απομονώνουμε με κατάλληλες μεθόδους τις ενώσεις Β και Γ.

Η ένωση Β οξειδώνεται σε καρβονυλική ένωση, η οποία διαλύεται σε αλκαλικό δ/μα (NaOH) ιωδίου και δίνει κίτρινο ίζημα και άλας οξέος του οποίου το μόριο έχει κατά 1 λιγότερα άτομα άνθρακα απ' το μόριο του οξέος Γ.

α) Αν το οξύ Γ περιέχει 40% κ.β. άνθρακα να βρεθούν οι συντακτικοί τύποι των ενώσεων Α, Β, Γ.

β) Το οξύ Γ το διαλύουμε σε νερό και προκύπτει δ/μα Δ₁ όγκου 300 ml. Αν αναμείξουμε το δ/μα Δ₁ με δ/μα NaOH συγκέντρωσης 0,15 Μ και όγκου 200 ml και προκύψει δ/μα Δ₂ με pH=5, να βρείτε την απόδοση της υδρόλυσης.

γ) Πόσα mol οξέος HCl πρέπει να προσθέσουμε στο δ/μα Δ₂ ώστε το pH του δ/τος να μεταβληθεί κατά 1 μονάδα ;

δ) Γνωρίζουμε πως για τον πρωτολυτικό δείκτη (I) πράσινο της βρωμοκρεσόλης η περιοχή αλλαγής χρώματος είναι 3,8-5,5 από κίτρινο σε μπλε και για τον πρωτολυτικό δείκτη (II) ερυθρό του μεθυλίου η περιοχή αλλαγής χρώματος είναι 4,2-6,3 από κόκκινο σε κίτρινο. Ποια πρέπει να είναι η ελάχιστη και η μέγιστη ποσότητα NaOH σε mol που πρέπει να ρίξουμε στο διάλυμα Δ₂ χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος, ώστε στο νέο διάλυμα Δ₃ που θα προκύψει αν προσθέσουμε σταγόνες του δείκτη (I) να γίνει μπλε, ενώ αν προσθέσουμε σταγόνες του δείκτη (II) να γίνει ερυθροκίτρινο;

Δίνονται : τα ατομικά βάρη : C:12 H:1 O:16 και $K_w = 10^{-14}$, $K_{\text{οξέος Γ}} = 10^{-5}$ στους 25°C. Να ληφθούν υπόψιν οι γνωστές προσεγγίσεις που επιτρέπονται απ' τα δεδομένα του προβλήματος.

Λύση

α) Αφού το οξύ είναι κορεσμένο μονοκαρβοξυλικό έχει μοριακό τύπο C_vH_{2v}O₂ και επειδή περιέχει 40% κ.β. C έχουμε :

στα 14v+32 gr οξέος υπάρχουν 12v gr C

$$\frac{100 \text{ gr}}{14v+32} = \frac{40 \text{ gr}}{12v}$$

$$\text{άρα } (14v+32) \cdot 40 = 12v \cdot 100 \Rightarrow v = 2$$

άρα το οξύ Α έχει τύπο C₂H₄O₂ (CH₃COOH).

Αφού η Β είναι αλκοόλη και δίνει την αλογονοφορμική αντίδραση είναι η αιθανόλη C₂H₆O (CH₃CH₂OH) διότι το άλας του οξέος που προκύπτει είναι το HCOONa όπως φαίνεται απ' την αντίδραση :



και η ένωση Α είναι ο αιθανικός αιθυλεστέρας CH₃COOCH₂CH₃ όπως φαίνεται απ' την αντίδραση :



β) Το δ/μα Δ₁ περιέχει C₂H₄O₂ συγκέντρωσης C και έχει όγκο V₁=300 ml. Στο δ/μα Δ₂ το CH₃COOH έχει συγκέντρωση C₁ και το NaOH

$$\text{συγκέντρωση} : \frac{0,15 \cdot 0,2}{0,5} = \frac{0,03}{0,5} = 0,06 \text{ M. Έτσι έχουμε:}$$



1^η περίπτωση: πλήρης εξουδετέρωση :

στο τελικό δ/μα υπάρχει μόνο CH₃COO⁻ το οποίο δρα ως βάση κατά Bronsted-Lowry άρα θα έπρεπε να είναι pH>7 . Απορρίπτεται

2^η περίπτωση: περίσσεια NaOH:

στο τελικό δ/μα υπάρχει NaOH και CH₃COONa που δρουν και τα δύο ως βάσεις άρα pH>7 . Απορρίπτεται

3^η περίπτωση: περίσσεια CH₃COOH:

στο τελικό δ/μα υπάρχει CH₃COOH και CH₃COONa άρα είναι ρυθμιστικό.



Αρχικά :	C ₁	0,06M	-	-
Αντιδρούν – παράγονται	-0,06M	-0,06M	0,06M	0,06M
Τελικά :	C ₁ -0,06 M	0	0,06M	0,06M

Επίσης : pH=5 ⇒ [H₃O⁺]=10⁻⁵ M.

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση Henderson Hasselbalch για τα ρυθμιστικά δ/τα έχουμε:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{C_{\alpha\epsilon}}{C_{\beta\omega\omega}} \Rightarrow C_{\alpha\epsilon} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] C_{\beta\omega\omega}}{K_a} \Rightarrow C_{\alpha\epsilon} = \frac{10^{-5} \cdot 6 \cdot 10^{-2}}{10^{-5}} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$C_{\alpha\epsilon} = C_1 - 0,06 \Rightarrow C_1 = C_{\alpha\epsilon} + 0,06 = 0,12 \text{ M}$$

$$\text{Όμως } C = \frac{0,12 \cdot 0,5}{0,3} = \frac{0,06}{0,3} = 0,2 \text{ M άρα } n_{\alpha\epsilon} = 0,2 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ mol}$$



Αρχικά :	0,24mol	-	-
Αντιδρούν – παράγονται :	-x	x	x
Τελικά :	0,24-x	x	x

Όπου x=0,06 mol

Η απόδοση της αντίδρασης είναι : $\alpha = \frac{0,06}{0,24} = 0,25$ ή 25% .

γ) Προσθέτοντας οξύ στο δ/μα Δ₂ αυξάνεται η [H₃O⁺] και το pH μειώνεται. Άρα το pH_{νέο}=5-1=4



αρχικά	n	0,06 \cdot 0,5 = 0,03 mol	-	-
αντιδρούν – παράγονται	-n	-n	n	n
τελικά	0	0,03-n	n	n

Άρα n_{CH₃COOH} = 0,06+n και n_{CH₃COONa} = 0,03-n

Το δ/μα που προκύπτει είναι πάλι ρυθμιστικό οι νέες συγκεντρώσεις θα είναι

$$C_{\alpha\epsilon} = \frac{0,06 + n}{0,5} M \quad \text{και} \quad C_{\beta\alpha\sigma} = \frac{0,03 - n}{0,5} M \quad \text{Επειδή : } \text{PH} = 5 - 1 = 4 \Rightarrow$$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4} \text{M}$. Από την εξίσωση του Henderson Hasselbalch έχουμε:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{τά}} = K_a \frac{C_{\alpha\epsilon}}{C_{\beta\alpha\sigma}} \Rightarrow 10^{-4} = 10^{-5} \frac{0,06 + n}{0,03 - n} \Rightarrow 0,03 - n = 0,006 + 0,1n \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,03 - 0,006 = 0,1n + n \Rightarrow 0,024 = 1,1n \Rightarrow n = 0,022 \text{mol HCl}$$

δ) Επειδή προσθέτοντας σταγόνες του δείκτη (I) το διάλυμα Δ₃ αποκτά χρώμα μπλε άρα : $\text{PH}_{\Delta 3} > 5,5$. Επίσης επειδή προσθέτοντας σταγόνες του δείκτη (II) το διάλυμα Δ₃ αποκτά χρώμα ερυθροκίτρινο άρα : $4,2 < \text{PH}_{\Delta 3} < 6,3$. Επομένως ισχύει : $5,5 < \text{PH}_{\Delta 3} < 6,3$.

Έστω C₂ και C₃ η ελάχιστη και η μέγιστη συγκέντρωση NaOH που πρέπει να προστεθεί στο δ/μα Δ₂ ώστε το PH να γίνει 5,5 και 6,3 αντίστοιχα.

Έτσι έχουμε: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

Αρχικά :	0,06M	C ₂	-	-
Αντιδρούν - παράγονται	- C ₂	- C ₂	C ₂	C ₂
Τελικά :	0,06 - C ₂ M	0	C ₂	C ₂

Το δ/μα είναι ρυθμιστικό (για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν και στο ερώτημα β) με $C_{\alpha\epsilon} = 0,06 - C_2$, $C_{\beta\alpha\sigma} = 0,06 + C_2$, $\text{PH} = 5,5$ και $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5,5} \text{M}$. Από την εξίσωση Henderson Hasselbalch έχουμε:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{C_{\alpha\epsilon}}{C_{\beta\alpha\sigma}} \Rightarrow C_2 = 0,03 \text{M}. \text{ Άρα } n_{\text{min}} = 0,03 \cdot 0,5 \Rightarrow n_{\text{min}} = 0,015 \text{mol NaOH}$$

Ομοίως: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

Αρχικά :	0,06M	C ₃	-	-
Αντιδρούν - παράγονται	- C ₃	- C ₃	C ₃	C ₃
Τελικά :	0,06 - C ₃ M	0	C ₃	C ₃

Το δ/μα είναι ρυθμιστικό (για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν και στο ερώτημα β) με $C_{\alpha\epsilon} = 0,06 - C_3$, $C_{\beta\alpha\sigma} = 0,06 + C_3$, $\text{PH} = 6,3$ και $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-6,3} \text{M}$. Από την εξίσωση Henderson Hasselbalch έχουμε:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{C_{\alpha\epsilon}}{C_{\beta\alpha\sigma}} \Rightarrow C_3 = 0,05 \text{M}. \text{ Άρα } n_{\text{max}} = 0,05 \cdot 0,5 \Rightarrow n_{\text{max}} = 0,025 \text{mol NaOH}$$