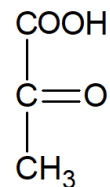
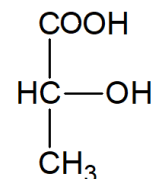


Θέμα 4°

Η διάσπαση της γλυκόζης των τροφών στον οργανισμό μέσω μιας σειράς δέκα αντιδράσεων παράγει ως τελικό προϊόν το πυροσταφυλικό οξύ ($\text{CH}_3\text{COCO}_2\text{H}$). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται γλυκόλυση. Το πυροσταφυλικό οξύ χρησιμοποιείται και ως διατροφικό συμπλήρωμα. Ο συντακτικός τύπος του πυροσταφυλικού οξέος δίνεται στο διπλανό σχήμα.



α) Για τη μελέτη των ιδιοτήτων του πυροσταφυλικού οξέος σε χημικό εργαστήριο παρασκευάζεται πυροσταφυλικό οξύ μέσω της οξείδωσης ποσότητας υδατικού διαλύματος γαλακτικού οξέος ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$) με διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) παρουσία θειικού οξέος (H_2SO_4). Ο συντακτικός τύπος του γαλακτικού οξέος δίνεται στο διπλανό σχήμα.



- i. Να γράψετε και να ισοσταθμίσετε τη χημική εξίσωση της οξείδωσης του γαλακτικού οξέος προς πυροσταφυλικό οξύ με υπερμαγγανικό κάλιο παρουσία θειικού οξέος. (μονάδες 4)
- ii. Να αιτιολογήσετε αν θα αποχρωματιστεί διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου όγκου $V_1 = 400 \text{ mL}$ και συγκέντρωσης $c_1 = 0,01 \text{ M}$ σε υπερμαγγανικό κάλιο παρουσία θειικού οξέος (διάλυμα Δ1), όταν αντιδράσει με όγκο $V_2 = 300 \text{ mL}$ διαλύματος γαλακτικού οξέος συγκέντρωσης $c_2 = 0,05 \text{ M}$ σε γαλακτικό οξύ (διάλυμα Δ2). (μονάδες 9)

β) Σε άλλο πείραμα, σε υδατικό διάλυμα Δ3 όγκου $V = 500 \text{ mL}$ και συγκέντρωσης $c_3 = 0,1 \text{ M}$ σε γαλακτικό οξύ προστίθενται $5,6 \text{ g}$ γαλακτικού νατρίου ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$) και παρασκευάζεται ρυθμιστικό διάλυμα Δ4. Η προσθήκη του στερεού δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

- i. Να υπολογίσετε το pH του ρυθμιστικού διαλύματος Δ4 που παρασκευάστηκε. (μονάδες 7)
- ii. Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του γαλακτικού οξέος στο διάλυμα Δ4. (μονάδες 5)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{O})=16$, $A_r(\text{Na})=23$. Όλες οι διαδικασίες στο ερώτημα β έγιναν σε θερμοκρασία 25 °C, όπου η σταθερά ιοντισμού του γαλακτικού οξέος είναι $K_{\text{aCH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}} = 10^{-4}$ M. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Στο διάλυμα Δ3 περιέχονται 0,05 mol γαλακτικού οξέος.

Η σχετική μοριακή μάζα του $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$ είναι:

$$M_r(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}) = 5 \cdot A_r(\text{H}) + 3 \cdot A_r(\text{C}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) + A_r(\text{Na}) = 5 + 36 + 48 + 23 = 112.$$

Άρα η μοριακή μάζα του $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$ είναι:

$$M = 112 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Τα mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$ στο διάλυμα Δ5 είναι:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5,6 \text{ g}}{112 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,05 \text{ mol}$$

Τα $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$ δίσταται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

mol	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}(\text{s})$	$\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})}$	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-(\text{aq})$	$+\text{Na}^+(\text{aq})$
αρχικά	0,05			
αντιδρούν	0,05			
παράγονται			0,05	0,05
τελικά	0		0,05	0,05

Τα ιόντα Na^+ δεν αντιδρούν με το νερό ενώ τα ιόντα $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$ είναι η συζυγής βάση του οξέος $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$.

Άρα το ρυθμιστικό διάλυμα Δ4 περιέχει 0,05 mol του οξέος $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ και 0,05 mol της συζυγούς βάσης $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$ σε τελικό όγκο 500 mL.

Το pH του ρυθμιστικού διαλύματος Δ4 δίνεται από την εξίσωση Henderson- Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{c_{\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-}}{c_{\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}}} = -\log 10^{-4} + \log \frac{\frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}}}{\frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}}} \Rightarrow \text{pH} = 4$$

Επομένως το pH του ρυθμιστικού διαλύματος Δ4 θα είναι ίσο με 4.

ii. Στο διάλυμα Δ4 περιέχεται ένα ασθενές οξύ ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) συγκέντρωσης $c_{\alpha\beta}$ και η συζυγής του βάση ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$) συγκέντρωσης c_{β} .

$$\text{Ισχύει ότι } c_{\alpha\beta} = c_{\beta} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M.}$$

Ο ιοντισμός του γαλακτικού οξέος στο διάλυμα Δ4 περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

M	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$			
αρχικά	0,1		0,1	
αντιδρούν	x			
παράγονται			x	x
τελικά	0,1 - x		0,1 + x	x

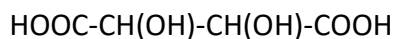
Το pH του διαλύματος Δ4 είναι ίσο με 4, επομένως $x = 10^{-4}$ ενώ για τον βαθμό ιοντισμού (α) του $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}(\text{aq})$ ισχύει:

$$\alpha = \frac{x}{c_{\text{οξ}}} \Rightarrow \alpha = \frac{10^{-4}}{10^{-1}} \Rightarrow \alpha = 10^{-3}$$

Άρα ο βαθμός ιοντισμού του γαλακτικού οξέος στο διάλυμα Δ4 είναι ίσος με 10^{-3} ή με 0,1 %.

Θέμα 4^ο**4.1**

Μέτρο της περιεκτικότητας του κρασιού σε οξέα, αποτελεί η ολική ή ογκομετρούμενη οξύτητα. Στη μέτρηση της οξύτητας δεχόμαστε ότι το τρυγικό οξύ



αντιπροσωπεύει κατά προσέγγιση το σύνολο των οξέων στο κρασί και συμπεριφέρεται ως ένα ασθενές διπρωτικό οξύ H_2A .

Σε ένα χημικό εργαστήριο εισάγονται 10 mL ενός κρασιού σε κωνική φιάλη, αραιώνονται με 20 mL νερού και ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,1 M σε θερμοκρασία 25 °C.

Να εξηγήσετε ποιος από τους δύο παρακάτω δείκτες είναι καταλληλότερος για την ογκομέτρηση: Το πράσινο της βρωμοκρεσόλης ($\text{p}K_a = 4,7$) ή η φαινολοφθαλεΐνη ($\text{p}K_a = 9,3$).

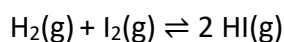
Μονάδες -9**4.2**

Το ξίδι είναι υγρό διάλυμα που προέρχεται από τη ζύμωση της αιθανόλης του κρασιού με τη βοήθεια κάποιων βακτηρίων. Κύριο συστατικό του είναι το αιθανικό οξύ ($\text{CH}_3\text{-COOH}$).

480 g αιθανικού οξέος αντιδρούν με περίσσεια νατρίου.

α) Να γράψετε τη χημική εξίσωση (μονάδες 3) και να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του παραγόμενου αερίου. (μονάδες 5)

β) Όλη η ποσότητα του αερίου που παράγεται από την προηγούμενη αντίδραση εισάγεται σε δοχείο σταθερού όγκου V , το οποίο περιέχει περίσσεια I_2 σε κατάλληλες συνθήκες, και αποκαθίσταται η ισορροπία:



Αν η K_c της σύνθεσης του HI της παραπάνω ισορροπίας σε αυτές τις συνθήκες είναι 4 και η απόδοση της αντίδρασης είναι 80 %, να υπολογίσετε την αρχική ποσότητα του I_2 που εισήχθη στο δοχείο. (μονάδες 8)

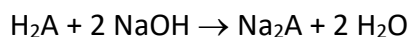
Δίνεται: Η σχετική μοριακή μάζα του αιθανικού οξέος : $M_r = 60$.

Μονάδες 16

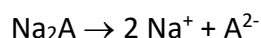
Ενδεικτική επίλυση

4.1

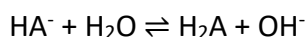
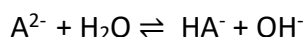
Κατά την ογκομέτρηση εξουδετερώνεται πλήρως το τρυγικό οξύ (H_2A), που θεωρείται ως το κυριότερο οξύ στο οποίο οφείλεται η οξύτητα του κρασιού και συνεπώς στο ισοδύναμο σημείο θα υπάρχει μόνο το τρυγικό νάτριο (Na_2A) που είναι το προϊόν της πλήρους εξουδετέρωσης του τρυγικού οξέος από το υδροξείδιο του νατρίου:



Το άλας Na_2A έχει βασικό χαρακτήρα διότι είναι προϊόν εξουδετέρωσης ασθενούς οξέος από ισχυρή βάση. Συνεπώς δίσταται και στο νερό:



Τα ιόντα A^{2-} συμπεριφέρονται ως βάση κατά Bronsted – Lowry . Τα ιόντα A^{2-} είναι μία ασθενής διπρωτική βάση και ιοντίζονται σε δύο στάδια:



Άρα στο ισοδύναμο σημείο το pH θα είναι βασικό ($pH > 7$).

Για τους δείκτες ισχύει: Για $pH < pK_a - 1$ επικρατεί το χρώμα της όξινης μορφής του δείκτη και για $pH > pK_a + 1$ επικρατεί το χρώμα της βασικής μορφής του δείκτη.

Οι δείκτες έχουν περιοχή αλλαγής χρώματος $pK_a - 1$ έως $pK_a + 1$.

Συνεπώς:

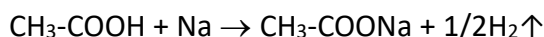
Ο δείκτης πράσινο της βρωμοκρεσόλης έχει $pK_a = 4,7$ και η περιοχή αλλαγής του χρώματός του θα είναι $3,7 < pH < 5,7$. Ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνη έχει $pK_a = 9,3$ και η ζώνη αλλαγής του χρώματος του θα είναι $8,3 < pH < 10,3$. Συνεπώς, ο καταλληλότερος δείκτης θα είναι η **φαινολοφθαλεΐνη** διότι η αλλαγή χρώματος γίνεται στη βασική περιοχή $pH = 8,3 - 10,3$ και θα είναι πιο κοντά στο ισοδύναμο σημείο.

4.2

α) Τα mol του αιθανικού οξέος θα είναι:

$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow n = \frac{480}{60} \text{ mol} \Rightarrow n = 8 \text{ mol.}$$

Δίνεται ότι το νάτριο είναι σε περίσσεια και συνεπώς αντιδρούν όλα τα όξινα υδρογόνα του αιθανικού οξέος:



1 mol αιθανικού οξέος αντιδρά με νάτριο και ελευθερώνονται 1/2 mol αερίου H₂
8 mol αιθανικού οξέος αντιδρούν με νάτριο και ελευθερώνονται γ = 4 mol αερίου H₂

Άρα ελευθερώνονται 4 mol αερίου H₂.

β)

mol	H ₂ (g)	+ I ₂ (g)	⇌ 2 HI(g)
αρχικά	4	z	
αντιδρούν	x	x	
παράγονται			2x
Χημική ισορροπία	4 - x	z - x	2x

Το ιώδιο είναι σε περίσσεια (z > 4).

Η απόδοση της αντίδρασης είναι 80 %, δηλαδή α = 0,8.

Το θεωρητικό ποσό των προϊόντων είναι 8 mol HI.

Το πρακτικό ποσό των προϊόντων που παράχθηκε στη χημική ισορροπία είναι 2x mol HI.

$$\alpha = \frac{\text{πρακτικό ποσό}}{\text{θεωρητικό ποσό}} \Rightarrow$$

$$\alpha = \frac{2x \text{ mol}}{8 \text{ mol}} \Rightarrow 0,8 = \frac{x}{4} \Rightarrow x = 3,2 \quad \text{σχέση (1)}$$

Άρα αντέδρασαν 3,2 mol H₂ και I₂.

$$[\text{HI}] = 2x \text{ mol} / 1 \text{ L}$$

$$[\text{I}_2] = (z - x) \text{ mol} / 1 \text{ L}$$

$$[\text{H}_2] = (4 - x) \text{ mol} / 1 \text{ L}$$

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \Rightarrow K_c = \frac{(2x)^2 \text{ M}^2}{(4 - x)\text{M}(z - x)\text{M}} \Rightarrow 4 = \frac{4x^2}{4z - 4x - zx + x^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4z - 4x - zx + x^2 = x^2 \Rightarrow 4z - 4x - zx = 0 \quad \text{σχέση (2)}$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

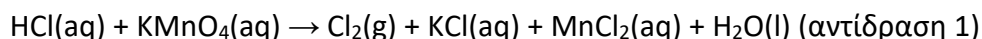
$$4z - 4 \cdot 3,2 - z \cdot 3,2 = 0 \Rightarrow 4z - 12,8 - z \cdot 3,2 = 0 \Rightarrow 0,8 \cdot z = 12,8 \Rightarrow z = 16$$

Άρα η αρχική ποσότητα του ιωδίου (I₂) που αναμείχθηκε με τα 4 mol υδρογόνου (H₂) στο δοχείο ήταν 16 mol.

Θέμα 4^ο

Το σπίρτο του αλάτος είναι ένα πυκνό διάλυμα που προκύπτει από τη διάλυση αερίου HCl σε νερό. Πήρε το όνομά του από την εποχή κατά την οποία παρασκευαζόταν αποκλειστικά και μόνο από το κοινό μαγειρικό αλάτι, το οποίο αποτελεί μια φθηνή πρώτη ύλη, λόγω της αφθονίας του στη φύση.

Ποσότητα αερίου HCl διαλύεται στο νερό και αντιδρά στοιχειομετρικά με 500 mL διαλύματος KMnO₄ και το αποχρωματίζει σύμφωνα με τη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση:

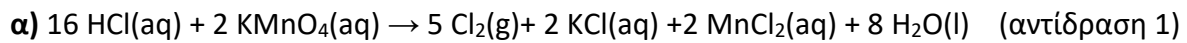


- α)** Να συμπληρώσετε την εξίσωση με τους κατάλληλους συντελεστές. (μονάδες 5)
- β)** Η παραπάνω αντίδραση έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 4,48 L αερίου Cl₂, μετρημένα σε STP. Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του HCl που αντέδρασε και τη συγκέντρωση του διαλύματος KMnO₄. (μονάδες 5)
- γ)** Ποσότητα Br₂, ίση με την ποσότητα Cl₂ που παράχθηκε από την αντίδραση (1), διαβιβάζεται σε διαλύτη CCl₄ και στο διάλυμα Δ1 που σχηματίζεται, προστίθενται χωρίς μεταβολή όγκου 0,4 mol αερίου C₂H₄. Να εξετάσετε αν το διάλυμα Δ1 αποχρωματίζεται. (μονάδες 5)
- δ)** Ποσότητα σε mol αερίου HCl ίση με αυτή που αντέδρασε στην αντίδραση (1) διαλύεται σε νερό και προκύπτει διάλυμα Δ2 όγκου V = 640 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ2. (μονάδες 5)
- ε)** Ποσότητα αέριας NH₃ διαλύεται σε νερό και προκύπτει διάλυμα Δ3 συγκέντρωσης 1 M. Να υπολογίσετε με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμειχθούν τα διαλύματα Δ2 και Δ3 ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα Δ4 με pH = 9. (μονάδες 5)

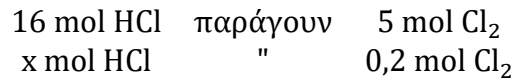
Οι διαδικασίες του ερωτήματος **δ)** και **ε)** γίνονται σε θερμοκρασία 25 °C, όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w=10^{-14} \text{ M}^2$ και η σταθερά ιοντισμού της NH₃ έχει τιμή: $K_{b,\text{NH}_3}=10^{-5} \text{ M}$. Τα δεδομένα του ερωτήματος **ε)** επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

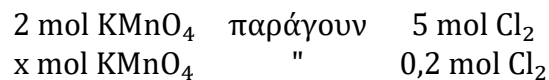


$$\beta) n = \frac{V}{V_m} \Rightarrow n = \frac{4,48}{22,4} \text{ mol} \Rightarrow n = 0,2 \text{ mol Cl}_2$$



$$\frac{16 \text{ mol}}{x \text{ mol}} = \frac{5 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol}} \Rightarrow x = 0,64$$

Άρα η ποσότητα του HCl που αντέδρασε ήταν 0,64 mol.



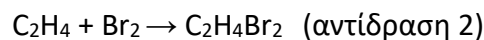
$$\frac{2 \text{ mol}}{x \text{ mol}} = \frac{5 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol}} \Rightarrow x = 0,08$$

Άρα η ποσότητα του KMnO₄ που αντέδρασε ήταν 0,08 mol. Συνεπώς η συγκέντρωση του υδατικού διαλύματος KMnO₄ θα είναι:

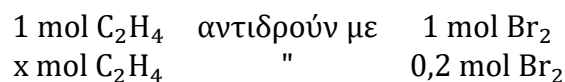
$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{0,08 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} \Rightarrow c = 0,16 \text{ M.}$$

Επομένως, η συγκέντρωση του υδατικού διαλύματος KMnO₄ είναι 0,16 M.

γ) Η αντίδραση που πραγματοποιείται από τη διαβίβαση αιθενίου σε διάλυμα βρωμίου με διαλύτη τετραχλωράνθρακα είναι η ακόλουθη (αντίδραση 2) :



Τα mol Br₂ που προστίθενται είναι 0,2, όπως προκύπτει από το α) ερώτημα, οπότε με βάση την αντίδραση (2)



$$\frac{1 \text{ mol}}{x \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol}} \Rightarrow x = 0,2$$

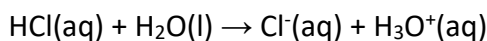
Άρα η ποσότητα του αιθενίου που απαιτείται για τον αποχρωματισμό του διαλύματος βρωμίου είναι 0,2 mol. Αφού προστέθηκαν 0,4 mol αιθενίου, σημαίνει ότι αντέδρασαν 0,2

mol αιθενίου και περίσσεψαν 0,2 mol αιθενίου. Συνεπώς το διάλυμα Δ1 αποχρωματίστηκε.

δ) Η συγκέντρωση του υδατικού διαλύματος HCl Δ2 θα είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{0,64 \text{ mol}}{0,64 \text{ L}} \Rightarrow c = 1 \text{ M.}$$

Όμως η αντίδραση ιοντισμού του ισχυρού οξέος HCl στο νερό



M	HCl(aq)	H ₂ O(l)	Cl ⁻ (aq)	H ₃ O ⁺ (aq)
Αρχικά	1	-	-	-
Τελικά	-	-	1	1

Επομένως η [H₃O⁺] = 1 M και η τιμή του pH = -log[H₃O⁺] ⇒ pH = 0.

Άρα το pH του διαλύματος Δ2 είναι ίσο με το μηδέν.

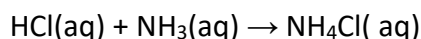
ε) Έστω x L διαλύματος Δ2 αναμειγνύονται με γ L διαλύματος Δ3 και προκύπτει διάλυμα Δ4.

Οι αρχικές ποσότητες των σωμάτων θα είναι:

$$\text{Για το HCl τα mol: } n_2 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow n_2 = 1 \cdot x \text{ mol}$$

$$\text{Για την NH}_3 \text{ τα mol: } n_3 = c_3 \cdot V_3 \Rightarrow n_3 = 1 \cdot \gamma \text{ mol}$$

Γίνεται η αντίδραση:



Για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα πρέπει στο τέλος της αντίδρασης να υπάρχει ένα συζυγές ζεύγος ασθενούς οξέος-βάσης. Συνεπώς, η NH₃ πρέπει να βρίσκεται σε περίσσεια.

mol	HCl(aq)	NH ₃ (aq)	NH ₄ Cl(aq)
Αρχικά	1·x	1·γ	-
Αντιδρούν	x	x	-
Παράγονται	-	-	x
Τελικά	0	γ - x	x

Για την NH₃ δίνεται ότι η σταθερά ιοντισμού είναι: K_b = 10⁻⁵ M.

Για το νερό: K_w = 10⁻¹⁴ M²

$$K_w = 10^{-14} \text{ M}^2 \Rightarrow K_a \cdot K_b = 10^{-14} \text{ M}^2 \Rightarrow K_a \cdot 10^{-5} \text{ M} = 10^{-14} \text{ M}^2 \Rightarrow K_a = 10^{-9} \text{ M}.$$

Σε ρυθμιστικό διάλυμα ισχύει η σχέση Henderson-Hasselbalch

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c(\text{βάσης})}{c(\text{οξέος})} \Rightarrow \text{pH} = -\log K_a + \log \frac{c(\text{βάσης})}{c(\text{οξέος})} \Rightarrow$$

$$9 = -\log 10^{-9} + \log \frac{(y-x)/V}{x/V} \Rightarrow 9 = -\log 10^{-9} + \log \frac{(y-x)/V}{x/V} \Rightarrow$$

$$9 = 9 + \log \frac{(y-x)/V}{x/V} \Rightarrow 0 = \log \frac{(y-x)/V}{x/V} \Rightarrow 1 = \frac{y-x}{x} \Rightarrow$$

$$x = y - x \Rightarrow 2x = y \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{1}{2}.$$

Η αναλογία όγκων είναι ίση με την αναλογία mol, οπότε η αναλογία όγκων που πρέπει να

αναμειχθούν τα διαλύματα Δ2 και Δ3 είναι $\frac{1}{2}$, αντίστοιχα.

Θέμα 4°

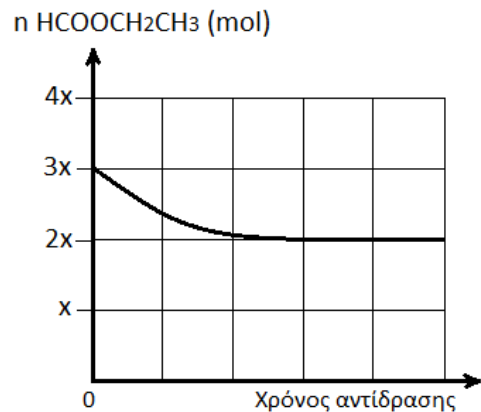
Εστέρες καρβοξυλικών οξέων όπως ο μεθανικός αιθυλεστέρας ($\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$) βρίσκουν εφαρμογή σε καθημερινής χρήσης υλικά όπως βερνίκια, κόλλες, μελάνια, διορθωτικά όπου παίζουν το ρόλο του πτητικού διαλύτη και σε αφρώδη οικοδομικά υλικά ως προωθητικό μέσο.

α) Ο μεθανικός αιθυλεστέρας υδρολύεται παρουσία οξέων σύμφωνα με την αμφίδρομη αντίδραση (1) που καταλήγει σε ομογενή ισορροπία και περιγράφεται με τη χημική εξίσωση:

$$\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCOOH}(\text{l}) + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l}) \quad (1)$$

i. Να γράψετε την έκφραση της σταθεράς χημικής ισορροπίας K_c για την χημική εξίσωση (1). (μονάδες 3)

ii. Σε θερμοκρασία θ °C εισάγεται στο δοχείο αντίδρασης μεθανικός μεθυλεστέρας και νερό σε ισομοριακές ποσότητες και σε διάφορα χρονικά διαστήματα προσδιορίζεται η ποσότητα (mol) του εστέρα στο μίγμα της αντίδρασης. Με τα αποτελέσματα του πειράματος κατασκευάζεται το διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1.

Να υπολογίσετε με βάση τα παραπάνω δεδομένα την τιμή της σταθεράς της χημικής ισορροπίας (K_c) της αντίδρασης (1). (μονάδες 8)

β) Παραλαμβάνονται τα προϊόντα της αντίδρασης (1) και οξειδώνονται πλήρως με διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) συγκέντρωσης $c_1 = 0,03 \text{ M}$ οξιμισμένου με θειικό οξύ (H_2SO_4) (διάλυμα Δ1).

i. Να γράψετε τις αντιδράσεις πλήρους οξείδωσης κάθε ενός εκ των προϊόντων με το οξιμισμένο διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου. (μονάδες 6)

ii. Αν για την πλήρη οξείδωση των προϊόντων αποχρωματίζονται ακριβώς 40 mL διαλύματος Δ1, να υπολογίσετε την ποσότητα σε mol κάθε ενός από τα προϊόντα της αντίδρασης (1). (μονάδες 8)

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α)

i. Για την ομογενή χημική ισορροπία που περιγράφεται με την χημική εξίσωση (1) η έκφραση της σταθεράς χημικής ισορροπίας K_c είναι:

$$K_c = \frac{[\text{HCOOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]}{[\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

ii. Σύμφωνα με τα δεδομένα του διαγράμματος 1 αν στην αρχή της αντίδρασης έχουν εισαχθεί $3x$ mol κάθε αντιδρώντος (εισάγονται ισομοριακές ποσότητες) στην κατάσταση χημικής ισορροπίας θα βρίσκονται στο δοχείο $2x$ mol καθενός από αυτά.

Η στοιχειομετρία και οι μεταβολές της σύστασης του μίγματος της αντίδρασης από την έναρξή της ως την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

mol	$\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCOOH}(\text{l}) + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l})$			
αρχικά	$3x$	$3x$		
αντιδρούν	x	x		
παράγονται			x	x
χημική ισορροπία	$2x$	$2x$	x	x

Από την έκφραση της σταθεράς της χημικής ισορροπίας K_c προκύπτει:

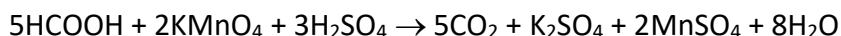
$$K_c = \frac{[\text{HCOOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]}{[\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow K_c = \frac{\frac{x}{V} \cdot \frac{x}{V}}{\frac{2x}{V} \cdot \frac{2x}{V}} \Rightarrow K_c = \frac{1}{4}$$

(Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση της χημικής ισορροπίας (1) η K_c είναι καθαρός αριθμός, δηλαδή δεν έχει μονάδες).

Άρα η τιμή της σταθεράς χημικής ισορροπίας (1) είναι ίση με $K_c = \frac{1}{4}$ ή $K_c = 0,25$.

β)

i. Η οξείδωση του μεθανικού οξέος πραγματοποιείται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Η οξείδωση της αιθανόλης πραγματοποιείται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

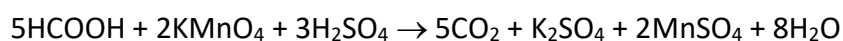


ii. Τα mol του υπερμαγγανικού καλίου που καταναλώνονται για την οξείδωση των δύο προϊόντων της αντίδρασης (1) υπολογίζονται από την συγκέντρωση και τον όγκο του Δ1 που καταναλώθηκε σύμφωνα με τη σχέση:

$$n = c_1 \cdot V_1 = 0,03 \text{ M} \cdot 0,04 \text{ L} \Rightarrow n = 12 \cdot 10^{-4} \text{ mol KMnO}_4 \quad (2)$$

Τα δύο προϊόντα σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης (1) παράγονται σε ίσες ποσότητες κατά την υδρόλυση του εστέρα. Έστω n τα mol κάθε προϊόντος.

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης



$$n \text{ mol HCOOH οξειδώνονται πλήρως όταν αντιδράσουν με } \frac{2 \cdot n}{5} \text{ mol KMnO}_4. \quad (3)$$

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης



$$n \text{ mol CH}_3\text{CH}_2\text{OH οξειδώνονται πλήρως όταν αντιδράσουν με } \frac{4 \cdot n}{5} \text{ mol KMnO}_4. \quad (4)$$

Επομένως συνδυάζοντας τις προτάσεις (2), (3) και (4) προκύπτει ότι

$$\left(\frac{2 \cdot n}{5} + \frac{4 \cdot n}{5} \right) \text{ mol} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \Rightarrow n = 10^{-3}$$

Άρα 10^{-3} mol είναι η ποσότητα κάθε ενός από τα προϊόντα της αντίδρασης (1).

Θέμα 4^ο

Η ελεύθερη οξύτητα του μελιού εκφράζεται σε mmol (οξέος) / Kg μελιού. Στη μέτρηση της οξύτητας δεχόμαστε ότι το μεθανικό οξύ (HCOOH) αντιπροσωπεύει κατά προσέγγιση το σύνολο των οξέων στο μέλι και το οποίο συμπεριφέρεται σαν ένα ασθενές μονοπρωτικό οξύ. Η ελεύθερη οξύτητα του μελιού διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με το είδος του μελιού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μέθοδος διάκρισης των μελιών μεταξύ τους. Π.χ. το πευκόμελο Θάσου έχει ελεύθερη οξύτητα 12,9 mmol (οξέος) / Kg μελιού, ενώ το θυμαρίσιο μέλι Ευβοίας έχει ελεύθερη οξύτητα 28,7 mmol (οξέος) / Kg μελιού.

α) Σε ποτήρι ζέσεως ζυγίζονται 10 g μελιού, διαλύονται σε θερμό απιονισμένο νερό και μεταφέρονται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη μέχρι τελικής αραιώσης των 100 mL (Διάλυμα Δ1). Στη συνέχεια 10 mL του διαλύματος Δ1 μεταφέρονται σε κωνική φιάλη, προστίθενται απεσταγμένο νερό, 2 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και στη συνέχεια ακολουθεί ογκομέτρηση με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,001 M, όπου με ισχυρή ανάδευση του διαλύματος εμφανίζεται κόκκινο χρώμα. Η αρχική ένδειξη της προχοΐδας ήταν 5 mL. Η ένδειξη της προχοΐδας στο τελικό σημείο της ογκομέτρησης ήταν 17 mL. Από το αποτέλεσμα της ογκομέτρησης, να υπολογίσετε

i) τη συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 (μονάδες 9)

ii) την ελεύθερη οξύτητα του μελιού. (μονάδες 3)

β) Να εξηγήσετε αν το συγκεκριμένο μέλι θα μπορούσε να είναι πευκόμελο Θάσου ή θυμαρίσιο μέλι Ευβοίας. (μονάδες 3).

γ) Σε ένα άλλο πείραμα, ζυγίζονται 4,6 g μεθανικού οξέος, διαλύονται σε θερμό απεσταγμένο νερό και μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη μέχρι τελικής αραιώσης των 100 mL (Διάλυμα Δ2). Το μεθανικό οξύ του διαλύματος Δ2 οξειδώνεται από διάλυμα KMnO₄ 0,1 M οξινισμένου με H₂SO₄. Να γράψετε την αντίδραση που πραγματοποιείται και να την ισοσταθμίσετε. (μονάδες 3) Να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος KMnO₄ 0,1 M οξινισμένου με H₂SO₄, που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση του διαλύματος Δ2. (μονάδες 7).

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Ar(H)=1, Ar(O)=16, Ar(C)=12

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Το μεθανικό οξύ (HCOOH) είναι ένα ασθενές μονοπρωτικό οξύ.

Κατά την ογκομέτρηση εξουδετερώνεται πλήρως το μεθανικό οξύ, που θεωρείται ως το κυριότερο οξύ στο οποίο οφείλεται η ελεύθερη οξύτητα του μελιού και συνεπώς στο ισοδύναμο σημείο θα υπάρχει μόνο το μεθανικό νάτριο, που είναι το προϊόν της πλήρους εξουδετέρωσης του μεθανικού οξέος από το υδροξείδιο του νατρίου σύμφωνα με την αντίδραση (1):



Η ένδειξη του αρχικού όγκου του πρότυπου διαλύματος στην προχοΐδα ήταν 5 mL και στο τελικό σημείο ήταν 17 mL. Συνεπώς ο όγκος του πρότυπου διαλύματος που δαπανήθηκε μέχρι το ισοδύναμο σημείο είναι $V = (17 - 5) \text{ mL} = 12 \text{ mL} = 0,012 \text{ L}$.

Τα mol NaOH του πρότυπου διαλύματος θα είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V \Rightarrow n = 0,001 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,012 \text{ L} \Rightarrow n = 0,000012 \text{ mol.}$$

Από την αντίδραση (1) προκύπτει:

1 mol μεθανικού οξέος	εξουδετερώνεται από	1 mol NaOH
x; mol μεθανικού οξέος	εξουδετερώνονται από	0,000012 mol NaOH

$$x = 0,000012$$

Άρα τα 10 mL του διαλύματος Δ1 περιέχουν 0,000012 mol μεθανικού οξέος.

10 mL διαλύματος Δ1	περιέχει	0,000012 mol μεθανικό οξύ
100 mL διαλύματος Δ1	περιέχει	y; mol μεθανικό οξύ

$$y = 0,00012$$

i) Η συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 θα είναι: $c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{0,00012 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} \Rightarrow c = 0,0012 \text{ M}$.

ii) Η ποσότητα του μεθανικού οξέος σε 10 g μέλι είναι 0,00012 mol.

10 g μέλι	περιέχει	0,00012 mol μεθανικό οξύ
1000 g μέλι	περιέχει	z; mol μεθανικό οξύ

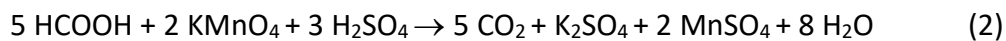
$$z = 0,012$$

Επομένως σε 1000 g μελιού περιέχονται $0,012 \text{ mol} = 12 \text{ mmol}$ μεθανικό οξύ.

Άρα η ογκομετρούμενη ελεύθερη οξύτητα του συγκεκριμένου μελιού είναι $12 \text{ mmol} / 1 \text{ kg}$ μέλι.

β) Το πευκόμελο Θάσου έχει ελεύθερη οξύτητα 12,9 mmol (οξέος) / Kg μελιού, ενώ το θυμαρίσιο μέλι Ευβοίας έχει ελεύθερη οξύτητα 28,7 mmol (οξέος) / Kg μελιού. Συνεπώς το μέλι, του οποίου μετρήσαμε την οξύτητα, θα μπορούσε να είναι πευκόμελο Θάσου.

γ) Το μεθανικό οξύ οξειδώνεται από το διάλυμα KMnO_4 σύμφωνα με την αντίδραση (2) που περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:



Το HCOOH έχει $M_r = 1 + 12 + 16 + 16 + 1 = 46$.

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow n = \frac{4,6}{46} \text{ mol} \Rightarrow n = 0,1 \text{ mol}$$

Από την στοιχειομετρία της αντίδρασης (2) προκύπτει:

5 mol μεθανικού οξέος αντιδρούν με 2 mol υπερμαγγανικού καλίου
0,1 mol μεθανικού οξέος αντιδρούν με ω mol υπερμαγγανικού καλίου

$$\omega \cdot 5 = 2 \cdot 0,1 \Rightarrow \omega = 0,04$$

Συνεπώς αντιδρούν 0,04 mol KMnO_4 . Άρα ο όγκος του διαλύματος KMnO_4 που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση του διαλύματος Δ2 είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow V = \frac{n}{c} \Rightarrow V = \frac{0,04 \text{ mol}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \Rightarrow V = 0,4 \text{ L}$$

Θέμα 4ο

Τα μυρμηγκία εκκρίνουν μυρμηκικό οξύ (HCOOH) είτε για να επιτεθούν είτε για να αμυνθούν. Ο πρώτος άνθρωπος που απομόνωσε μυρμηκικό οξύ ήταν ο Άγγλος φυσιολόγος John Ray, το 1671, με απόσταση μεγάλου αριθμού μυρμηγκιών! Σήμερα το μυρμηκικό οξύ παρασκευάζεται εργαστηριακά και χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο σε χημικές συνθέσεις, ως συντηρητικό σε ζωοτροφές και ως δραστικό συστατικό σε ορισμένα οικιακά προϊόντα απομάκρυνσης αλάτων.

α). Στο εργαστήριο διαθέτουμε υδατικό διάλυμα HCOOH (διάλυμα Δ1) συγκέντρωσης 1 M.

i. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 5)

ii. Σε 100 mL διαλύματος Δ1 προσθέτουμε 2 g NaOH, χωρίς μεταβολή όγκου, οπότε λαμβάνεται το διάλυμα Δ2. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ2. (μονάδες 6)

iii. Αν στο διάλυμα Δ2 προστεθούν άλλα 2 g NaOH, χωρίς μεταβολή όγκου, να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ3 που θα προκύψει. (μονάδες 6);

β) Σε 200 mL διαλύματος HCOOH 1 M προσθέτουμε περίσσεια διαλύματος KMnO_4 οξεισμένου με θειικό οξύ.

i. Να υπολογίσετε τον όγκο του εκλυόμενου αερίου σε STP συνθήκες. (μονάδες 4)

ii. Στο εργαστήριο διαθέτουμε δύο φιάλες A και B για τις οποίες γνωρίζουμε ότι περιέχουν υδατικά διαλύματα HCOOH η μία και $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ή άλλη. Όμως, δεν γνωρίζουμε ποια περιέχει το HCOOH και ποια την $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Να προτείνετε δύο δοκιμασίες που να είναι απλές και να έχουν παρατηρήσιμο αποτέλεσμα, μέσω των οποίων θα μπορέσουμε να ταυτοποιήσουμε ποια ουσία περιέχεται στη φιάλη A και ποια στη φιάλη B. (μονάδες 4)

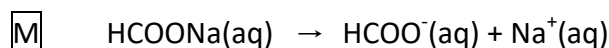
Για το ερώτημα (α) δίνεται ότι $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{O})=16$, $A_r(\text{Na})=23$, $V_{\text{mol,STP}} = 22,4 \text{ L/mol}$, όλα τα διαλύματα έχουν θερμοκρασία 25°C όπου $K_{a,\text{HCOOH}} = 10^{-4} \text{ M}$ και $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$, καθώς και ότι επιτρέπονται οι γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

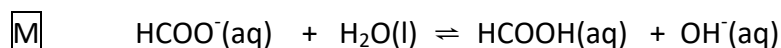
Το διάλυμα Δ3 εξακολουθεί να έχει όγκο 100 mL, άρα

$$c'_{\text{HCOONa}} = \frac{0,10 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 1 \text{ M}$$

Το άλας HCOONa δίσταται και το μεν Na⁺ πρακτικά δεν αντιδρά με το νερό, ενώ το HCOO⁻ έχει βασικό χαρακτήρα και αντιδρά με το νερό.



Τελ. - 1 1



Αρχ. 1

Αντ. y

Παρ. y y

Ισορ. 1-y y y

Για τη σταθερά ιοντισμού ισχύει:

$$K_{\text{b,HCOO}^{\text{-}}} = \frac{[\text{HCOOH}] \cdot [\text{OH}^{\text{-}}]}{[\text{HCOO}^{\text{-}}]} \Rightarrow \frac{K_{\text{w}}}{K_{\text{a,HCOOH}}} = \frac{y^2}{(1-y)} \text{ M} \Rightarrow \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-4} \text{ M}} \approx \frac{y^2}{1} \text{ M} \Rightarrow y = 10^{-5}$$

Άρα [OH⁻] = 10⁻⁵, pOH = 5 και pH = 14 - 5 = 9.

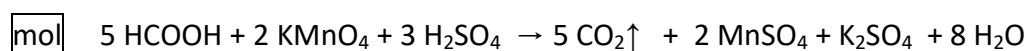
4.2

α) Υπολογίζουμε τα mol του HCOOH στο διάλυμα.

$$n'_{\text{HCOOH}} = c \cdot V' = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,2 \text{ mol}$$

Το KMnO₄ είναι σε περίσσεια, άρα αντιδρά όλη η διαθέσιμη ποσότητα HCOOH.

Για την αντίδραση οξειδωσης του HCOOH ισχύει:



Αρχ. 0,2

Τελ. - 0,2

$$V_{\text{CO}_2, \text{STP}} = n_{\text{CO}_2} \cdot V_{\text{mol,STP}} = 0,2 \text{ mol} \cdot 22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}} = 4,48 \text{ L}$$

Άρα από την αντίδραση οξειδωσης του HCOOH θα παραχθούν 4,48 L αερίου CO₂ μετρημένα σε STP συνθήκες

β)

1^η διαδικασία. Θα μετρήσουμε το pH των δύο διαλυμάτων με πεχαμετρικό χαρτί ή με πεχάμετρο. Το διάλυμα που θα έχει όξινο pH θα περιέχει το HCOOH, ενώ το ουδέτερο διάλυμα θα περιέχει την CH₃CH₂OH.

2^η διαδικασία. Θα προσθέσουμε, σε μικρή ποσότητα από κάθε διάλυμα, λίγα mL κορεσμένου διαλύματος NaHCO₃ (ή Na₂CO₃). Το διάλυμα στο οποίο θα παρατηρηθεί η έκλυση φυσαλίδων αερίου (CO₂) θα περιέχει το καρβοξυλικό οξύ, ενώ το άλλο θα περιέχει την αλκοόλη.

Θέμα 4^ο

α) Ο προσδιορισμός της οξύτητας του γάλακτος σε γαλακτοκομικά προϊόντα γίνεται συνήθως με ογκομέτρηση με διάλυμα υδροξειδίου νατρίου (NaOH). Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε γαλακτικό οξύ [CH₃CH(OH)COOH] % w / v, παρόλο που το γάλα περιέχει και άλλα οξέα.

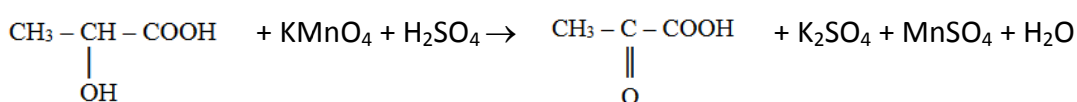
i) 50 mL γάλακτος ογκομετρήθηκαν με διάλυμα NaOH συγκέντρωσης $c = 0,1$ M και απαιτήθηκαν για την πλήρη εξουδετέρωση 10 mL του διαλύματος NaOH. Να υπολογίσετε την περιεκτικότητα % w / v του γάλακτος σε γαλακτικό οξύ. (μονάδες 6)

ii) Ένας από τους δείκτες που αναγράφονται στον παρακάτω Πίνακα είναι κατάλληλος για την ογκομέτρηση. Να προσδιορίσετε τον κατάλληλο δείκτη για την ογκομέτρηση. (μονάδα 1)

Δείκτης	περιοχή pH αλλαγής χρώματος
Ηλιανθίνη	3 -5
Μπλε της βρωμοθυμόλης	5,5-7
Φαινολοφθαλεΐνη	8 - 10

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας. (μονάδες 4)

β) Το γαλακτικό οξύ μετατρέπεται σε πυροσταφυλικό οξύ με την επίδραση διαλύματος υπερμαγγανικού καλίου (KMnO₄) παρουσία οξέος. Η αντίδραση περιγράφεται με την εξίσωση που ακολουθεί.

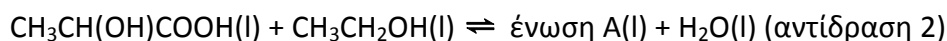


(αντίδραση 1)

i) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην εξίσωση της αντίδρασης 1 ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 3).

ii) Να υπολογίσετε την ποσότητα του πυροσταφυλικού οξέος σε g που σχηματίζεται από την αντίδραση 0,5 mol γαλακτικού οξέος. (μονάδες 4)

γ) 0,25 mol γαλακτικού οξέος αντιδρούν με 0,25 mol αιθανόλης (CH₃CH₂OH) σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση.



i) Να γράψετε τον συντακτικό τύπο της ένωσης A. (μονάδες 2)

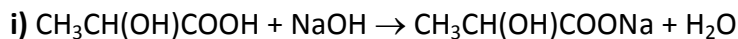
ii) Στη θέση της χημικής ισορροπίας η ποσότητα του οξέος που υπάρχει προσδιορίστηκε, με ογκομέτρηση, ίση με 0,13 mol. Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης 2. (μονάδες 5)

Δίνονται: $K_{a, \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, $A_r(\text{C}) = 12$, $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{H}) = 1$

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α)



Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης 1 mol οξέος $[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]$ αντιδρά με 1 mol βάσης (NaOH).

Επομένως στο ισοδύναμο σημείο ισχύει: $C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_b$. Δηλαδή

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_b}{V_a} = \frac{0,1 \text{ M} \cdot 10 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = 0,02 \text{ M.}$$

Σε 1000 mL γάλακτος περιέχονται 0,02 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$

Σε 100 mL γάλακτος περιέχονται x mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$

$$x = 0,002$$

Επομένως σε 100 mL γάλακτος περιέχονται 0,002 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$.

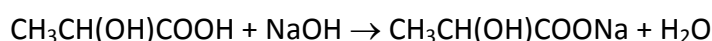
Για το $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ή $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$: $Mr = 3 \cdot Ar(\text{C}) + 6 \cdot Ar(\text{H}) + 3 \cdot Ar(\text{O}) = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 90$

Άρα το 1 mol του $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ζυγίζει 90 g και επομένως η μάζα των 0,002 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ είναι:

$$m = 0,002 \cdot 90 \text{ g} = 0,18 \text{ g.}$$

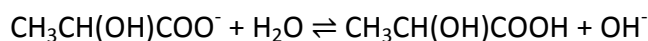
Επομένως στα 100 mL γάλακτος περιέχονται 0,18 g γαλακτικού οξέος και κατά συνέπεια η περιεκτικότητα % w / v του γάλακτος σε γαλακτικό οξύ είναι 0,18 % w / v.

ii)



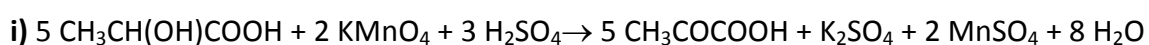
Στο ισοδύναμο σημείο: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$

Το Na^+ δεν αντιδρά με το νερό διότι είναι το συζυγές οξύ της ισχυρής βάσης NaOH. Το $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$ είναι η συζυγής βάση του ασθενούς οξέος $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ και επομένως αντιδρά με το νερό.



Οπότε στο ισοδύναμο σημείο το $\text{pH} > 7$. Επομένως κατάλληλος δείκτης είναι η φαινολοφθαλεΐνη.

β)



ii) Από τη χημική εξίσωση της αντίδρασης συνεπάγεται ότι:

Από 5 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ σχηματίζονται 5 mol CH_3COCOOH

Από 0,5 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ σχηματίζονται z mol $\text{CH}_3\text{COCO}(\text{OH})\text{H}$

Επομένως $z = 0,5$, δηλαδή σχηματίζονται 0,5 mol $\text{CH}_3\text{COCO}(\text{OH})\text{H}$

Για το $\text{CH}_3\text{COCO}(\text{OH})\text{H}$ ή $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$: $M_r = 3 \cdot A_r(\text{C}) + 4 \cdot A_r(\text{H}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 3 \cdot 12 + 4 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 88$

Άρα το 1 mol του $\text{CH}_3\text{COCO}(\text{OH})\text{H}$ ζυγίζει 88 g και επομένως η μάζα των 0,5 mol $\text{CH}_3\text{COCO}(\text{OH})\text{H}$ είναι:

$$m = 0,5 \cdot 88 \text{ g} = 44 \text{ g.}$$

γ)

i) Ο συντακτικός τύπος της ένωσης Α είναι $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOCH}_2\text{CH}_3$.

ii) Για την αντίδραση 2:

mol	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}(\text{l}) + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$			
αρχικά	0,25	0,25		
αντιδρούν	γ	γ		
παράγονται			γ	
χημική ισορροπία	$0,25 - \gamma$	$0,25 - \gamma$	γ	

$0,25 - \gamma = 0,13$. Επομένως $\gamma = 0,12$, δηλαδή σχηματίστηκαν 0,12 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOCH}_2\text{CH}_3$.

Θεωρητικά, σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης, από 0,25 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ παράγονται 0,25 mol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOCH}_2\text{CH}_3$.

Επομένως η απόδοση της αντίδρασης 2 είναι:

$$\alpha = \frac{0,12}{0,25} = 0,48 \text{ ή } 48 \text{ \%}.$$

Θέμα 4^ο

Η σάλτσα κέτσαπ έχει βάση την ντομάτα και χαρακτηρίζεται από γλυκόξινη και πικάντικη γεύση. Βασικά συστατικά της είναι ο τοματοπολτός και το ξίδι.

Μέτρο της περιεκτικότητας του τοματοπολτού σε οξέα, αποτελεί η πειραματική οξύτητα. Στη μέτρηση της πειραματικής οξύτητας δεχόμαστε ότι το κιτρικό οξύ αντιπροσωπεύει κατά προσέγγιση το σύνολο των οξέων στο τοματοπολτό, και εκφράζεται σε g κιτρικού οξέος / 100 g τοματοπολτό (% w/w). Το κιτρικό οξύ είναι ένα τυπικό τριπρωτικό οξύ (H_3A) με $M_r = 192$.

α) Για τον υπολογισμό της πειραματικής οξύτητας του τοματοπολτού, σε ένα χημικό εργαστήριο εισάγονται 2 g τοματοπολτού σε ογκομετρική φιάλη, προστίθεται νερό μέχρι τελικού όγκου 100mL (διάλυμα Δ1).

Ανακινείται καλά η φιάλη και ακολουθεί διήθηση (φιλτράρισμα) του περιεχομένου της για την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων.

Από το διήθημα απομονώνονται 30 mL, τα οποία εισάγονται σε κωνική φιάλη και αραιώνονται με νερό. Ακολουθεί ογκομέτρηση με πρότυπο υδατικό διάλυμα NaOH 0,02 M και δείκτη φαινολοφθαλεΐνη.

Η αρχική ένδειξη της προχοΐδας, πριν την έναρξη της ογκομέτρησης, ήταν 16 mL και η ένδειξη στο τελικό σημείο της ογκομέτρησης ήταν 46 mL.

Να υπολογίσετε την πειραματική οξύτητα του τοματοπολτού. (μονάδες 13)

β) Το ξίδι είναι όξινο υγρό που προέρχεται από τη ζύμωση της αιθανόλης (CH_3CH_2OH) του κρασιού σε αιθανικό οξύ (CH_3COOH). Εκτός από τη ζύμωση της αιθανόλης, το αιθανικό οξύ μπορεί να παρασκευαστεί εργαστηριακά με την επίδραση στην αιθανόλη, διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ οξεισμένου με θειικό οξύ.

i) Να υπολογίσετε την ποσότητα της αιθανόλης (σε mol) που απαιτείται για να παρασκευαστούν εργαστηριακά 18 g αιθανικού οξέος, από την επίδραση σε αυτήν, όξινου διαλύματος $K_2Cr_2O_7$. (μονάδες 6)

Δίνεται η σχετική μοριακή μάζα του αιθανικού οξέος $M_r = 60$

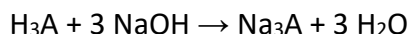
ii) Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του εστέρα που παράγεται από την επίδραση 3 mol αιθανόλης σε 3 mol αιθανικού οξέος. (μονάδες 6)

Δίνεται η σταθερά χημικής ισορροπίας εστεροποίησης $K_c = 4$.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Κατά την ογκομέτρηση των 10 mL του διηθήματος του διαλύματος Δ1, εξουδετερώνεται πλήρως το κιτρικό οξύ (H_3A), το οποίο δεχόμαστε ότι αντιπροσωπεύει κατά προσέγγιση το σύνολο των οξέων στο τοματοπολτό.



Η ένδειξη του αρχικού όγκου του πρότυπου υδατικού διαλύματος στην προχοΐδα ήταν 16 mL και στο τελικό σημείο ήταν 46 mL. Συνεπώς ο όγκος του πρότυπου διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε μέχρι το ισοδύναμο σημείο είναι $V = (46 - 16) \text{ mL} = 30 \text{ mL} = 0,03 \text{ L}$.

Τα mol του πρότυπου διαλύματος NaOH θα είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V \Rightarrow n = (0,02 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,03\text{L}) \Rightarrow n = 0,0006 \text{ mol}.$$

Από την στοιχειομετρία της εξουδετέρωσης του κιτρικού οξέος προκύπτει:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol κιτρικού οξέος} \quad \text{εξουδετερώνεται από} \quad 3 \text{ mol NaOH} \\ x; \text{ mol κιτρικού οξέος} \quad \text{εξουδετερώνονται από} \quad 0,0006 \text{ mol NaOH} \end{array}$$

$$x = 0,0002$$

Άρα εξουδετερώθηκαν 0,0002 mol κιτρικού οξέος. Συνεπώς το διήθημα των 30 mL περιέχει 0,0002 mol κιτρικού οξέος.

$$\begin{array}{l} 30 \text{ mL διηθήματος} \quad \text{περιέχει} \quad 0,0002 \text{ mol κιτρικό οξύ} \\ 100 \text{ mL διηθήματος} \quad \text{περιέχει} \quad y; \text{ mol κιτρικό οξύ} \end{array}$$

$$y = 0,002/3.$$

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n M_r \Rightarrow m = \frac{0,002}{3} \cdot 192 \text{ g} \Rightarrow m = 0,128 \text{ g}.$$

Η ποσότητα του κιτρικού οξέος του διαλύματος Δ1 είναι 0,128 g και προέρχεται από τα 2 g τοματοπολτού που διαλύσαμε σε αυτό. Οπότε:

$$\begin{array}{l} 2 \text{ g τοματοπολτού} \quad \text{περιέχει} \quad 0,128 \text{ g κιτρικό οξύ} \\ 100 \text{ g τοματοπολτού} \quad \text{περιέχει} \quad w; \text{ g κιτρικό οξύ} \end{array}$$

$$w \text{ g} \cdot 2 \text{ g} = 0,128 \text{ g} \cdot 100 \text{ g} \Rightarrow w = 6,4$$

Δηλαδή στα 100 g τοματοπολτού περιέχονται 6,4 g κιτρικό οξύ.

Συνεπώς η πειραματική οξύτητα του τοματοπολτού είναι 6,4 % w / w σε κιτρικό οξύ

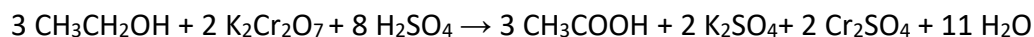
β)

i)

Τα mol του αιθανικού οξέος θα είναι:

$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow n = \frac{18}{60} \text{ mol} \Rightarrow n = 0,3 \text{ mol.}$$

Η οξείδωση της αιθανόλης σε αιθανικό οξύ περιγράφεται με την χημική εξίσωση:

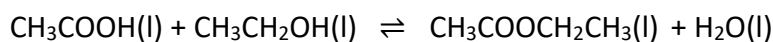


3 mol αιθανόλης παράγουν 3 mol αιθανικό οξύ
z; mol αιθανόλης παράγουν 0,3 mol αιθανικό οξύ

$$z = 0,3.$$

Συνεπώς απαιτούνται 0,3 mol αιθανόλης για την παρασκευή 18 g αιθανικού οξέος.

ii)



mol	CH ₃ COOH	CH ₃ CH ₂ OH	CH ₃ COOCH ₂ CH ₃	H ₂ O
αρχικά	3	3		
αντιδρούν	z	z		
παράγονται			z	z
Χ.Ισορροπία	3 - z	3 - z	z	z

Στην ισορροπία ισχύει ότι:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = \frac{(3-z) \text{ mol}}{1 \text{ L}}, \quad [\text{H}_2\text{O}] = [\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] = \frac{z \text{ mol}}{1 \text{ L}}$$

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 = \frac{z \cdot z}{(3-z)(3-z)} \quad (1)$$

Επειδή $z > 0$ και $3 - z > 0$ από τη σχέση (1) προκύπτει:

$$(1) \Rightarrow 2 = \frac{z}{(3-z)} \Rightarrow 6 - 2z = z \Rightarrow 6 = 3z \Rightarrow z = 2$$

Συνεπώς η ποσότητα του αιθανικού αιθυλεστέρα (CH₃COOCH₂CH₃) που θα παραχθεί θα είναι 2 mol.

Θέμα 4ο

4.1 Με τον γενικό όρο συντηρητικά εννοούμε τις ενώσεις οι οποίες προστίθενται σε πολύ μικρές ποσότητες (μέχρι 0,2 % w/w) στα τρόφιμα, με στόχο τη συντήρησή τους, και οι οποίες δεν μεταβάλλουν τις οργανοληπτικές και φυσικοχημικές τους ιδιότητες.

Το βενζοϊκό οξύ, γνωστό με τον κωδικό E 210, είναι ένα φυσικό συντηρητικό με αντιμικροβιακές ιδιότητες. Βρίσκεται στα δαμάσκηνα, τα κορόμηλα, την κανέλλα, τα μήλα, κ.α., και έχει ιδιότητες ασθενούς μονοπρωτικού οξέος (HA).

Η αντιμικροβιακή του δράση έχει αποδοθεί στο μη ιοντισμένο μόριο του οξέος (HA). Όταν $\frac{[A^-]}{[HA]} < 0,10$ η αντιμικροβιακή του δράση είναι μεγάλη ενώ όταν $\frac{[A^-]}{[HA]} > 10$ η αντιμικροβιακή του δράση είναι περιορισμένη.

α) Σε χυμό μήλου ο οποίος έχει pH=3 και σε χυμό καρπουζιού που έχει pH=8 έχει προστεθεί ως συντηρητικό βενζοϊκό οξύ. Να υπολογίσετε τον λόγο $\frac{[A^-]}{[HA]}$ του βενζοϊκού οξέος σε κάθε περίπτωση. Να εξηγήσετε σε ποιον από τους δύο χυμούς θα έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα η αντιμικροβιακή δράση του βενζοϊκού οξέος. (μονάδες 8)

β) Υδατικό δάλυμα βενζοϊκού οξέος, θερμοκρασίας 25 °C και περιεκτικότητας 0,122 % w/v, παρουσιάζει $[H_3O^+] = 0,8 \cdot 10^{-3}$ M. Να υπολογιστεί η σχετική μοριακή μάζα (M_r) του βενζοϊκού οξέος. Να θεωρήσετε ότι ισχύουν οι κατάλληλες προσεγγίσεις. (μονάδες 8)

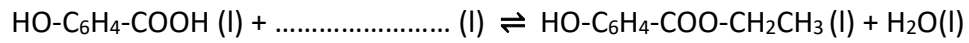
Δίνεται για το βενζοϊκό οξύ η σταθερά ιοντισμού $K_a = 6,4 \cdot 10^{-5}$ M.

Μονάδες 16

4.2 Οι παραβένες (parabens), είναι συνθετικά συντηρητικά, εστέρες του παρα-υδροξυ βενζοϊκού οξέος. Η αίθυλο παραβένη, με κωδικό E214, είναι μια από τις πιο κοινές παραβένες και χρησιμοποιείται ως αντιμικροβιακό πρόσθετο σε καλλυντικά και ως συντηρητικό σε τρόφιμα.

Για την παραγωγή αίθυλο παραβένης ($HO-C_6H_4-COO-CH_2CH_3$), αναμειγνύονται 0,3 mol παρα-υδροξυβενζοϊκού οξέος ($HO-C_6H_4-COOH$) με 0,3 mol της κατάλληλης αλκοόλης, σε θερμοκρασία θ °C, σε όξινο περιβάλλον, παρουσία καταλύτη, και αντιδρούν μεταξύ τους. Η αντίδραση είναι αμφίδρομη και καταλήγει σε χημική ισορροπία.

α) Να συμπληρώσετε τη χημική εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση εστεροποίησης, χρησιμοποιώντας την κατάλληλη αλκοόλη. (μονάδες 2)



β) Να υπολογίσετε τις ποσότητες, σε mol, όλων των σωμάτων μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας. Δίνεται η σταθερά χημικής ισορροπίας της αντίδρασης εστεροποίησης σε θερμοκρασία θ °C, $K_c = 4$. (μονάδες 7)

Μονάδες 9

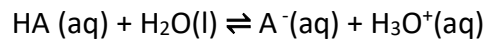
Ενδεικτική επίλυση

4.1

α)

Για το χυμό μήλου με pH = 3 ισχύει:

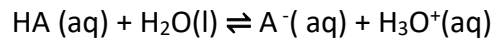
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3}$$



$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} \Rightarrow \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 6,4 \cdot 10^{-5} / 10^{-3} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 0,064 < 0,1$$

Για το χυμό καρπούζι με pH = 8 ισχύει:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-8}$$



$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} \Rightarrow \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 6,4 \cdot 10^{-5} / 10^{-8} \Rightarrow \\ \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 6,4 \cdot 10^3 = 6400 \gg 10$$

Στο χυμό μήλου ο λόγος $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ είναι μικρότερος από 0,1 και συνεπώς η αντιμικροβιακή δράση του βενζοϊκού οξέος είναι μεγάλη. Στο χυμό καρπουζιού ο λόγος $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ είναι μεγαλύτερος από 10 και συνεπώς η αντιμικροβιακή δράση του βενζοϊκού οξέος είναι μικρή. Άρα στο χυμό μήλου το βενζοϊκό οξύ έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα ως συντηρητικό.

β) Για το διάλυμα βενζοϊκού οξέος θερμοκρασίας 25 °C και περιεκτικότητας 0,122 % w/v ισχύει:

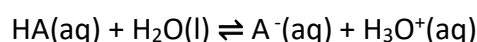
100 mL διαλύματος περιέχουν 0,122 g βενζοϊκού οξέος
1000 mL διαλύματος " x; g βενζοϊκού οξέος

$$\frac{100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = \frac{0,122 \text{ g}}{x \text{ g}} \Rightarrow x = 1,22$$

$$n(\text{βενζοϊκού οξέος}) = \frac{m}{M_r} \Rightarrow n(\text{βενζοϊκού οξέος}) = \frac{1,22}{M_r} \text{ mol.}$$

$$\text{Συνεπώς } c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{1,22}{M_r} \text{ M} \quad (1)$$

Η συγκέντρωση ιόντων οξωνίου του διαλύματος είναι: $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.



M	HA(aq)	H ₂ O(l)	A ⁻ (aq)	H ₃ O ⁺ (aq)
Αρχικά	c	-	-	-
Ιοντίζονται	w	-	-	-
Παράγονται	-	-	w	w
Ιοντική Ισορροπία	c - w		w	w

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow w = 0,8 \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} \Rightarrow K_a = \frac{w^2 M^2}{(c-w) M} \Rightarrow 6,4 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{w^2 M^2}{(c-w) M} \quad (3)$$

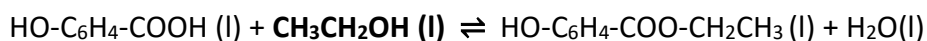
Ισχύει η προσέγγιση $c - w = c$ (4)

$$(2),(3),(4) \Rightarrow 6,4 \cdot 10^{-5} = 0,64 \cdot 10^{-6} / c \Rightarrow c = 0,01 \quad (5)$$

Από (1) και (5) προκύπτει: $1,22/M_r = 0,01 \Rightarrow M_r = 122$

4.2

α) Η κατάλληλη αλκοόλη είναι η αιθανόλη. Άρα η χημική εξίσωση γράφεται:



β)

mol	HO-C ₆ H ₄ -COOH (l)	CH ₃ CH ₂ OH (l)	HO-C ₆ H ₄ -COOCH ₂ CH ₃ (l)	H ₂ O(l)
Αρχικά	0,3	0,3	-	-
Αντιδρούν	ω	ω	-	-
Παράγονται	-	-	ω	ω
Χημική ισορροπία	0,3 - ω	0,3 - ω	ω	ω

Στην ισορροπία ισχύει ότι:

$$[\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}] = [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = \frac{(0,3 - \omega) \text{ mol}}{1 \text{ L}}, \quad [\text{H}_2\text{O}] = [\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOCH}_2\text{CH}_3] = \frac{\omega \text{ mol}}{1 \text{ L}} .$$

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}] [\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOCH}_2\text{CH}_3]}{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] [\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 = \frac{\omega \cdot \omega}{(0,3-\omega)(0,3-\omega)} \quad (1)$$

Επειδή $\omega > 0$ και $0,3 - \omega > 0$ από τη σχέση (1) προκύπτει:

$$(1) \Rightarrow 2 = \frac{\omega}{(0,3-\omega)} \Rightarrow 0,6 - 2\omega = \omega \Rightarrow \omega = 0,2$$

Επομένως, στη χημική ισορροπία υπάρχουν οι παρακάτω ποσότητες (σε mol) των σωμάτων:

$$n(\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}) = n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,1 \text{ mol} \quad \text{και}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOCH}_2\text{CH}_3) = 0,2 \text{ mol}.$$

Θέμα 4^ο

4.1 Δίνονται τα ακόλουθα διαλύματα:

Διάλυμα Α: Υδατικό διάλυμα γλυκόζης (C₆H₁₂O₆) συγκέντρωσης 0,1 Μ.

Διάλυμα Β: Υδατικό διάλυμα γλυκόζης (C₆H₁₂O₆) συγκέντρωσης 0,5 Μ.

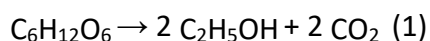
Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμείξουμε τα διαλύματα Α και Β για να προκύψει διάλυμα Γ ωσμωτικής πίεσης ίσης με 9,84 atm;

Όλα τα διαλύματα είναι μοριακά και βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία T=300 Κ.

Δίνεται: $R=0,082 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$

Μονάδες 5

4.2 Παρασκευάζεται αιθανόλη μέσω της αλκοολικής ζύμωσης (αντίδραση 1) που καταλύεται από ένζυμο.



α) Πώς ονομάζεται το ένζυμο που είναι απαραίτητο για να λάβει χώρα η αντίδραση (1); (μονάδα 1)

β) Πόσα γραμμάρια γλυκόζης απαιτούνται για να παρασκευάσουμε 460 g αιθανόλης με βάση την αντίδραση (1); (μονάδες 3)

Μονάδες 4

4.3 Ισομοριακό μείγμα αιθανόλης και μεθανόλης που ζυγίζει 15,6 g οξειδώνεται πλήρως με οξεισιμένο με H₂SO₄ υδατικό διάλυμα KMnO₄.

α) Υπολογίστε τα mol κάθε ουσίας σε αυτό το μείγμα. (μονάδες 3)

β) Γράψτε τις ισοσταθμισμένες χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα. (μονάδες 6)

γ) Υπολογίστε τον μέγιστο όγκο οξεισιμένου με H₂SO₄ υδατικού διαλύματος KMnO₄ 0,8 Μ, που αποχρωματίζει αυτό το μείγμα κατά την πλήρη οξείδωσή του. (μονάδες 7)

Δίνονται: A_r: H=1, C=12, O=16.

Μονάδες 16

Ενδεικτικές απαντήσεις

4.1

Έστω ότι χρειαζόμαστε V_A λίτρα από το διάλυμα Α και V_B λίτρα από το διάλυμα Β. Θα ισχύει ότι $V_\Gamma = V_A + V_B$ όπου V_Γ ο όγκος του διαλύματος Γ σε λίτρα. Για το διάλυμα Γ θα ισχύει:

$$n_\Gamma = \frac{P_\Gamma \cdot V_\Gamma}{R \cdot T} \text{ mol} \Rightarrow n_\Gamma = \frac{9,84 \cdot (V_A + V_B)}{R \cdot T} \text{ mol} \Rightarrow n_\Gamma = 0,4 \cdot (V_A + V_B) \text{ mol} \quad \text{εξίσωση (1).}$$

όπου,

P_Γ : η ωσμωτική πίεση του διαλύματος Γ που είναι ίση με 9,84 atm.

n_Γ : τα mol γλυκόζης στο διάλυμα Γ.

Επίσης με βάση τη εξίσωση (1) θα ισχύει ότι

$$n_A + n_B = n_\Gamma \Rightarrow c_A \cdot V_A + c_B \cdot V_B = \frac{9,84 \cdot (V_A + V_B)}{R \cdot T} \Rightarrow 0,1 \cdot V_A + 0,5 \cdot V_B = 0,4 \cdot (V_A + V_B) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,1 \cdot V_B = 0,3 \cdot V_A \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{3}.$$

όπου,

c_A : η συγκέντρωση του διαλύματος Α.

c_B : η συγκέντρωση του διαλύματος Β.

n_A : τα mol γλυκόζης στο διάλυμα Α.

n_B : τα mol γλυκόζης στο διάλυμα Β.

Επομένως θα πρέπει να αναμείξουμε τα διαλύματα Α και Β με αναλογία όγκων $\frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{3}$ για

να προκύψει διάλυμα Γ ωσμωτικής πίεσης ίσης με 9,84 atm

4.2

α) Το ένζυμο που καταλύει την αντίδραση (1) ονομάζεται ζυμάση.

$$\text{β)} n_{\text{αιθανόλης}} = \frac{460}{46} = 10 \text{ mol. } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2 \quad (1)$$

Από 1 mol γλυκόζης παρασκευάζονται 2 mol αιθανόλης.

Από x mol γλυκόζης παρασκευάζονται 10 mol αιθανόλης

$2 \cdot x = 10 \Rightarrow x = 5$, άρα απαιτούνται $5 \cdot 180 = 900$ g γλυκόζης για να παρασκευάσουμε 460 g αιθανόλης.

4.3

α) Έστω ότι έχουμε α mol από κάθε ουσία στο μείγμα αυτό.

$M_r \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} = 46$ και $M_r \text{CH}_3\text{OH} = 32$. Θα ισχύει:

$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) + m(\text{CH}_3\text{OH}) = 15,6 \Rightarrow 46 \cdot \alpha + 32 \cdot \alpha = 15,6 \Rightarrow \alpha = 0,2$ από κάθε ουσία.

Άρα στο μείγμα υπάρχουν 0,2 mol από κάθε ουσία.

β) $5 \text{CH}_3\text{OH} + 6 \text{KMnO}_4 + 9 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5 \text{CO}_2 + 6 \text{MnSO}_4 + 3 \text{K}_2\text{SO}_4 + 19 \text{H}_2\text{O}$ (αντίδραση 1)

$5 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 4 \text{KMnO}_4 + 6 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5 \text{CH}_3\text{COOH} + 4 \text{MnSO}_4 + 11 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{K}_2\text{SO}_4$ (αντίδραση 2)

γ) Με βάση την αντίδραση (1):

Τα 5 mol CH_3OH απαιτούν 6 mol KMnO_4 για την πλήρη οξείδωσή τους.

Τα 0,2 mol CH_3OH απαιτούν x_1 mol KMnO_4 για την πλήρη οξείδωσή τους.

$$\text{Άρα } x_1 = \frac{0,2 \cdot 6}{5} = 0,24$$

Τα 0,2 mol CH_3OH απαιτούν 0,24 mol KMnO_4 .

Με βάση την αντίδραση (2):

Τα 5 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ απαιτούν 4 mol KMnO_4 για την πλήρη οξείδωσή τους.

για την πλήρη οξείδωσή τους.

$$\text{Άρα } x_2 = \frac{0,2 \cdot 4}{5} = 0,16$$

Τα 0,2 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ απαιτούν 0,16 mol KMnO_4 .

Ολικά mol $\text{KMnO}_4 = c \cdot V \Rightarrow x_1 + x_2 = 0,8 \cdot V \Rightarrow 0,4 = 0,8 \cdot V \Rightarrow V = 0,5 \text{ L}$.

Άρα ο μέγιστος όγκος του υδατικού διαλύματος KMnO_4 0,8 M, που αποχρωματίζει αυτό το μείγμα κατά την πλήρη οξείδωσή του είναι ίσος με 0,5 L.

Θέμα 4ο

Ασθενείς μονοπρωτικές βάσεις (π.χ. NH_3 και CH_3NH_2), ονομάζονται οι βάσεις που ιοντίζονται σε ένα βήμα. Στη γενική τους μορφή, συνήθως συμβολίζονται με B ο ιοντισμός τους περιγράφεται με την εξίσωση: $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HB}^+ + \text{OH}^-$.

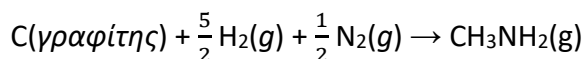
4.1

α. Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση σχηματισμού της αμμωνίας σε ορισμένες συνθήκες.

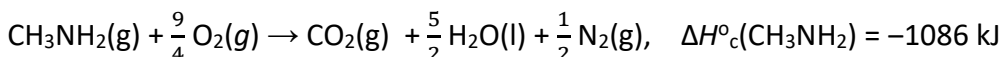
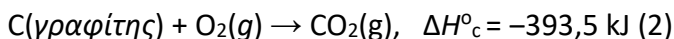
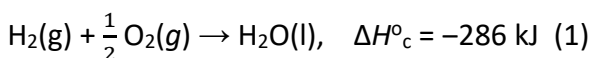


Στις ίδιες συνθήκες, σε δοχείο αναμιγνύονται 5 mol N_2 και 5 mol H_2 , προς σχηματισμό αμμωνίας. Να υπολογίσετε την ποσότητα θερμότητας που θα εκλυθεί όταν ολοκληρωθεί η αντίδραση, την οποία να θεωρήσετε μονόδρομη. (μονάδες 5)

β. Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού της μεθυλαμίνης



Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:



(μονάδες 7)

4.2.

α. Σε υδατικό διάλυμα μονοπρωτικής βάσης B συγκέντρωσης 0,1 M (διάλυμα Δ1) ισχύει ότι $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-10} \cdot [\text{OH}^-]$ (1).

i. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 6)

ii. Να εξηγήσετε αν η βάση B είναι ισχυρή ή ασθενής. (μονάδες 3)

β. Έστω ότι η βάση B είναι η αιθυλαμίνη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$). Να γράψετε την αντίδραση παραγωγής αιθυλαμίνης από ακετονιτρίλιο ($\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{N}$) και την αντίδραση της αιθυλαμίνης με υδροχλώριο (HCl). (μονάδες 4)

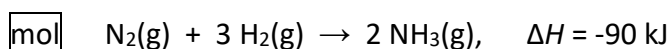
Δίνεται ότι το διάλυμα Δ1 έχει θερμοκρασία 25 °C, όπου ισχύει $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α. Υπολογίζουμε τις μεταβολές mol για την αντίδραση, το N₂ είναι σε περίσσεια:



Αρχ. 5 5

Αντ. $\frac{1}{3} \cdot 5$ 5

Παρ. $\frac{2}{3} \cdot 5$

Τελ. $\frac{2}{3} \cdot 5$ - $\frac{2}{3} \cdot 5$

όταν παράγονται 2 mol NH₃ εκλύονται 90 kJ

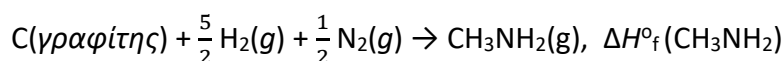
όταν παράγονται $\frac{2}{3} \cdot 5$ mol NH₃ εκλύονται x;

$$x = \frac{90 \text{ kJ} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow x = 150 \text{ kJ}$$

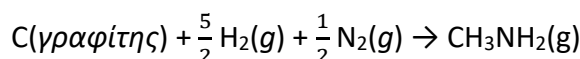
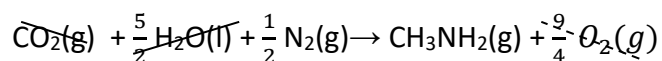
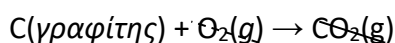
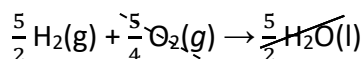
Επομένως, θα εκλυθούν 150 kJ.

β.

Για να σχηματίσουμε τη ζητούμενη χημική εξίσωση



- Πολλαπλασιάζουμε την (1) με 5/2,
- κρατάμε την (2) ως έχει
- αντιστρέφουμε την (3) και
- τις προσθέτουμε:



Επομένως, για την τελική αντίδραση έχουμε:

$$\Delta H^\circ_f(\text{CH}_3\text{NH}_2) = \frac{5}{2} \cdot \Delta H^\circ_c(\text{H}_2) + \Delta H^\circ_c(\text{γραφίτη}) - \Delta H^\circ_c(\text{CH}_3\text{NH}_2) =$$

$$\frac{5}{2} \cdot \left(-286 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) + \left(-393,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) - \left(-1086 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) \Rightarrow$$

$$\Delta H^{\circ}_f(\text{CH}_3\text{NH}_2) = -22,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

4.2.

α. Πολλαπλασιάζουμε και τα δύο μέλη της εξίσωσης (1) με $[\text{HO}^-]$, οπότε:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-10} \cdot [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow$$

$$K_w = 10^{-10} \cdot [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow$$

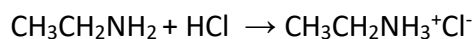
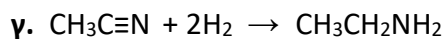
$$10^{-14} \text{ M}^2 = 10^{-10} \cdot [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow$$

$$[\text{OH}^-]^2 = 10^{-4} \text{ M}^2 \Rightarrow$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-2} \text{ M}$$

Άρα, $\text{pOH} = 2$ και $\text{pH} = 12$.

β. Η βάση Β έχει συγκέντρωση 0,1 M και δεν δίνει $[\text{OH}^-] = 0,1 \text{ M}$ αλλά αρκετά μικρότερη, συγκεκριμένα δίνει συγκέντρωση $[\text{OH}^-] = 10^{-2} \text{ M}$. Επομένως, ιοντίζεται μερικώς και είναι ασθενής βάση.



Θέμα 4^ο

Δίνονται δύο υδατικά διαλύματα ασθενών μονοπρωτικών οξέων, τα οποία βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία.

Διάλυμα **Δ1** συγκέντρωσης 0,4 M του οξέος HA.

Διάλυμα **Δ2** συγκέντρωσης 1 M του οξέος HB.

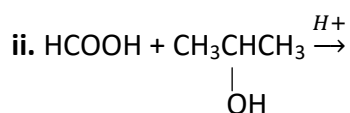
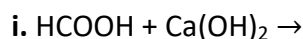
Η συγκέντρωση των οξωνίων στο διάλυμα **Δ1** βρέθηκε διπλάσια από τη συγκέντρωση των οξωνίων στο διάλυμα **Δ2**, δηλαδή $[H_3O^+]_{\Delta 1} = 2[H_3O^+]_{\Delta 2}$.

α) Να εξετάσετε ποιο από τα δύο οξέα είναι ισχυρότερο (μονάδες 3) και να προσδιορίσετε τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις δύο σταθερές ιοντισμού. (μονάδες 5)

β) Να συγκρίνετε τους βαθμούς ιοντισμού των δύο οξέων στα διαλύματα Δ1 και Δ2. (μονάδες 5)

γ) Να υπολογίσετε τον όγκο του νερού που πρέπει να προστεθεί σε 100 mL του διαλύματος HB 1 M, προκειμένου ο βαθμός ιοντισμού του διαλύματος Δ3 που προκύπτει να είναι ίδιος με τον βαθμό ιοντισμού του διαλύματος HA. (μονάδες 6)

δ) Δίνεται ότι το οξύ HA είναι το HCOOH, Να συμπληρώσετε τις ακόλουθες αντιδράσεις:



(μονάδες 9)

Δίνεται ότι τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Το οξύ HA στο διάλυμα Δ1 έχει μικρότερη συγκέντρωση και δίνει περισσότερα H_3O^+ στο διάλυμα, άρα είναι ισχυρότερο από το HB.

Για τις σταθερές ιοντισμού των δύο οξέων έχουμε:

M	HA	+	H ₂ O	⇌	A ⁻	+	H ₃ O ⁺
αρχικά	0,4						
αντιδρούν	x						
παράγονται					x		x
ιοντική ισορροπία	0,4-x≈0,4				x		x

$$K_{a,HA} = \frac{x^2 M^2}{(0,4-x)M} \approx \frac{x^2}{0,4} M \quad (1)$$

M	HB	+	H ₂ O	⇌	B ⁻	+	H ₃ O ⁺
αρχικά	1						
αντιδρούν	y						
παράγονται					y		y
ιοντική ισορροπία	1-y≈1				y		y

$$K_{a,HB} = \frac{y^2 M^2}{(1-y)M} \approx \frac{y^2}{1} M \quad (2)$$

$$\text{Δίνεται ότι } [H_3O^+]_{\Delta 1} = 2[H_3O^+]_{\Delta 2} \Rightarrow x = 2y \quad (3)$$

Με τη διαίρεση κατά μέλη των (1) και (2) και λαμβάνοντας υπόψη την (3) έχουμε:

$$\frac{K_{a,HA}}{K_{a,HB}} = \frac{x^2}{0,4 \cdot y^2} = \frac{4 \cdot y^2}{0,4 \cdot y^2} = 10 \Rightarrow K_{a,HA} = 10 \cdot K_{a,HB}$$

β) Για τους βαθμούς ιοντισμού των δύο οξέων, από την απλοποιημένη μορφή του νόμου του Ostwald έχουμε:

$$\frac{\alpha_{HA,\Delta 1}}{\alpha_{HB,\Delta 2}} = \frac{\sqrt{\frac{K_{a,HA}}{0,4}}}{\sqrt{\frac{K_{a,HB}}{1}}} = \sqrt{\frac{K_{a,HA}}{0,4 K_{a,HB}}} = \sqrt{\frac{10}{0,4}} = 5$$

Επομένως, $\alpha_{HA,\Delta 1} > \alpha_{HB,\Delta 2}$.

γ) Έστω c η συγκέντρωση του ΗΒ στο αραιωμένο διάλυμα Δ3. Οι βαθμοί ιοντισμού των δύο οξέων ΗΑ και ΗΒ στα διαλύματα Δ1 και Δ3 αντίστοιχα πρέπει να είναι ίδιοι, άρα:

$$\frac{\alpha_{\text{HA},\Delta 1}}{\alpha_{\text{HB},\Delta 3}} = 1 \Rightarrow \frac{\sqrt{\frac{K_{\alpha,\text{HA}}}{0,4 \text{ M}}}}{\sqrt{\frac{K_{\alpha,\text{HB}}}{c}}} = 1 \Rightarrow \frac{K_{\alpha,\text{HA}}}{0,4 \text{ M}} = \frac{K_{\alpha,\text{HB}}}{c} = 1 \Rightarrow \frac{10 \cdot K_{\alpha,\text{HB}} \cdot c}{K_{\alpha,\text{HB}} \cdot 0,4 \text{ M}} = 1 \Rightarrow c = 0,04 \text{ M}$$

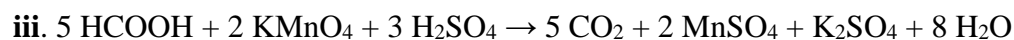
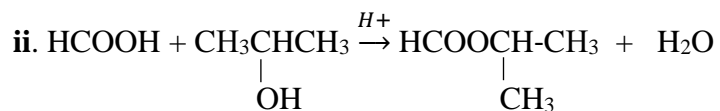
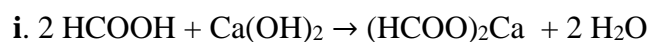
Επομένως το Δ3 θα πρέπει να έχει συγκέντρωση $c = 0,04 \text{ M}$.

Για την αραιώση ισχύει:

$$c_{\alpha\rho\chi} \cdot V_{\alpha\rho\chi} = c_{\tau\epsilon\lambda} \cdot V_{\tau\epsilon\lambda} \Rightarrow 1 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,04 \text{ M} \cdot V_{\tau\epsilon\lambda} \Rightarrow V_{\tau\epsilon\lambda} = 2,5 \text{ L}$$

Συνεπώς για να εξισωθούν οι βαθμοί ιοντισμού των οξέων θα πρέπει στα 100 mL του διαλύματος Δ2 να προστεθούν $2,5 \text{ L} - 0,1 \text{ L} = 2,4 \text{ L}$ νερού.

δ)



Θέμα 4^ο

4.1 Το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) είναι μια ένωση με ευρύτατη βιομηχανική και καθημερινή χρήση. Μπορεί να παρασκευαστεί με βάση τη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση (1): $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{NaOH} + \text{H}_2$ (1)

- α)** Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην παραπάνω εξίσωση ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 3)
- β)** Ποια ουσία δρα ως οξειδωτικό και ποια ως αναγωγικό στην εξίσωση (1); (μονάδα 1). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 3)

Το NaOH περιέχεται σε διάφορα οικιακά καθαριστικά αποχετεύσεων. Διαλύουμε σε νερό 0,5 g από το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Α που περιέχει NaOH και αδρανείς χημικά ουσίες και έτσι παρασκευάζουμε 100 mL υδατικού διαλύματος Υ1. Το διάλυμα Υ1 κατά την ογκομέτρησή του απαιτεί για την πλήρη εξουδετέρωσή του 50 mL διαλύματος HCl συγκέντρωσης 0,2 M. Στις συνθήκες του πειράματος ισχύει ότι $\Delta H_n = -57 \text{ kJ/mol}$.

- γ)** Υπολογίστε το συνολικό ποσό θερμότητας που εκλύεται κατά την ογκομέτρηση αυτή. (μονάδες 4)
- δ)** Υπολογίστε την % w/w περιεκτικότητα σε NaOH στο ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Α. Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{Na})=23$, $A_r(\text{O})=16$. (μονάδες 4)
- ε)** Υπολογίστε το pH του διαλύματος Υ1. Η θερμοκρασία είναι 25 °C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w=10^{-14} \text{ M}^2$. (μονάδες 4)

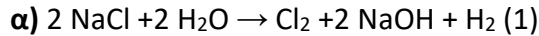
Μονάδες 19

4.2 6 g ενός εστέρα Ε της μορφής $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOC}_m\text{H}_{2m+1}$ (όπου μ, ν ακέραιοι με $\nu \geq 0$ και $\mu \geq 1$) αντιδρούν πλήρως (σαπωνοποίηση) με θερμό διάλυμα NaOH που περιέχει 0,1 mol NaOH. Βρείτε τον συντακτικό τύπο του εστέρα Ε. Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{O})=16$.

Μονάδες 6

Ενδεικτική επίλυση

4.1



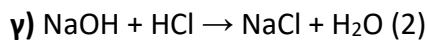
β) Έστω x ο αριθμός οξειδωσης του Cl στο NaCl. Θα ισχύει ότι $1 + x = 0 \Rightarrow x = -1$.

Ο αριθμός οξειδωσης του Cl στο Cl_2 είναι ίσος με 0.

Έστω y ο αριθμός οξειδωσης του H στο H_2O . Θα ισχύει ότι $2 \cdot y - 2 = 0 \Rightarrow y = +1$.

Ο αριθμός οξειδωσης του H στο H_2 είναι ίσος με 0.

Ο Α.Ο. του Cl μεταβάλλεται από -1 σε 0 (αύξηση Α.Ο.), ενώ ο Α.Ο. του H μεταβάλλεται από +1 σε 0 (μείωση Α.Ο.). Άρα οξειδωτικό σώμα είναι το H_2O ενώ αναγωγικό σώμα είναι το NaCl.



$$n(\text{HCl}) = c \cdot V = 0,2 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,01 \text{ mol}$$

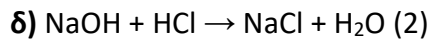
Με βάση την εξίσωση (2) παράγονται αντίστοιχα 0,01 mol H_2O .

Για κάθε 1 mol H_2O εκλύονται 57 kJ

Για κάθε 0,01 mol H_2O εκλύονται -Q kJ

$$-Q = 0,01 \cdot 57 \text{ kJ} \Rightarrow \mathbf{Q = -0,57 \text{ kJ}}$$

Άρα εκλύονται 0,57 kJ θερμότητας.



$$n(\text{HCl}) = c \cdot V = 0,2 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,01 \text{ mol}$$

Με βάση την εξίσωση (2) απαιτούνται αντίστοιχα 0,01 mol NaOH.

$$M_r(\text{NaOH}) = 1 + 23 + 16 = 40.$$

$$1 \text{ mol NaOH ζυγίζει } 40 \text{ g.}$$

Επομένως τα 0,01 mol NaOH ζυγίζουν x g

$$x = 0,01 \cdot 40 \text{ g} = 0,4 \text{ g.}$$

Σε 0,5 g από το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Α περιέχονται 0,4 g NaOH

Σε 100 g από το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Α περιέχονται γ g NaOH

$$0,5 \cdot \gamma = 0,4 \cdot 100 \Rightarrow \gamma = 80.$$

Άρα το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Α περιέχει NaOH με περιεκτικότητα **80 % w/w**.

$$\mathbf{\epsilon) } c(\text{NaOH}) = \frac{n}{V} = \frac{0,01}{0,1} = 0,1 \text{ M}$$

Η συγκέντρωση των ιόντων OH^- βρίσκεται από τη διάσταση του NaOH :

c(M)	$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$		
αρχικά	0,1		
δίστανται	0,1		
παράγονται		0,1	0,1
Τελικά		0,1	0,1

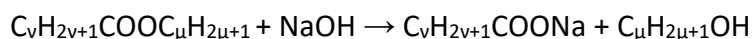
Άρα η συγκέντρωση των ιόντων OH^- είναι ίση με 0,1 M.

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log[10^{-1}] = 1. \text{ Άρα } \text{pH} = \text{pK}_w - \text{pOH} = 14 - 1 = 13.$$

Επομένως το pH του διαλύματος Υ1 είναι 13.

4.2

Η αντίδραση του εστέρα με το NaOH είναι η ακόλουθη:



Από την παραπάνω χημική εξίσωση προκύπτει ότι τα mol του εστέρα E είναι ίσα με τα mol του NaOH και επομένως αφού γίνεται πλήρης αντίδραση τότε καταναλώνεται 0,1 mol εστέρα.

$$0,1 \text{ mol εστέρα ζυγίζει } 6 \text{ g}$$

$$\underline{\underline{1 \text{ mol εστέρα ζυγίζει } x \text{ g}}}$$

$0,1 \cdot x = 6 \Rightarrow x = 60$. Επομένως ο εστέρας αυτός θα έχει $M_r = 60$.

$$M_r = 60 \Rightarrow 12 \cdot n + 2 \cdot n + 1 + 12 + 2 \cdot 16 + 12 \cdot \mu + 2 \cdot \mu + 1 = 60 \Rightarrow 14 \cdot \mu + 14 \cdot n = 14 \Rightarrow \mu + n = 1.$$

Η τελευταία σχέση ισχύει μόνο για $\mu = 1$ και $n = 0$ αφού οι μ, n είναι ακέραιοι με $n \geq 0$ και $\mu \geq 1$.

Άρα ο εστέρας E έχει συντακτικό τύπο **HCOOCH_3** .