

ΧΗΜΕΙΑ Γ ΛΥΚΕΙΟΥ ΑΣΚΗΣΕΙΣ 4^ο ΘΕΜΑ ΤΡΑΠΕΖΑ ΘΕΜΑΤΩΝ

ΕΩΣ 24/4/2023

Θέμα 4^ο 25457

Η ολική οξύτητα του γάλακτος εκφράζεται σε g (οξέος) / 100 mL γάλα. Στη μέτρηση της οξύτητας δεχόμαστε ότι το γαλακτικό οξύ (CH₃-CH(OH)-COOH) αντιπροσωπεύει κατά προσέγγιση το σύνολο των οξέων στο γάλα και συμπεριφέρεται ως ένα τυπικό μονοπρωτικό οξύ. Η φυσιολογική οξύτητα του πρόβειου γάλακτος κυμαίνεται από 0,18 – 0,24 g (οξέος) / 100 mL γάλα. Οξύτητα μεγαλύτερη αυτής της τιμής οφείλεται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών στο γάλα, οι οποίοι παράγουν γαλακτικό οξύ και συνεπώς αυξάνουν την οξύτητα. Αυτό συμβαίνει συνήθως στις περιπτώσεις που το γάλα δεν ψύχεται, δηλαδή δεν διατηρείται συνεχώς στο ψυγείο ή έχει περάσει η ημερομηνία λήξης.

α) Σε ένα σχολικό εργαστήριο εισάγονται 50 mL πρόβειο γάλα σε κωνική φιάλη και ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,1 M. Η αρχική ένδειξη της προχοΐδας ήταν 20 mL και στο τελικό σημείο ήταν 45 mL. Να υπολογίσετε την ογκομετρούμενη οξύτητα του γάλακτος. (μονάδες 9)

β) Να εξηγήσετε αν το συγκεκριμένο γάλα υπάρχει περίπτωση να είναι ληγμένο ή γενικότερα ακατάλληλο για κατανάλωση. (μονάδες 3)

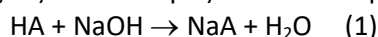
γ) Στο ίδιο σχολικό εργαστήριο εισάγονται 50 mL του ίδιου γάλακτος σε κωνική φιάλη και αναμειγνύονται με 50 mL διαλύματος KMnO₄ 0,1 M οξεισμένου με H₂SO₄. Να γράψετε την αντίδραση που θα πραγματοποιηθεί και να συμπληρώσετε σωστά τους συντελεστές (μονάδες 4). Να εξηγήσετε αν το διάλυμα του KMnO₄ θα αποχρωματιστεί. (μονάδες 9)

Δίνεται η σχετική μοριακή μάζα του γαλακτικού οξέος: Mr = 90

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Κατά την ογκομέτρηση εξουδετερώνεται πλήρως το γαλακτικό οξύ, που μπορεί να συμβολιστεί HA και θεωρείται ως το κυριότερο οξύ στο οποίο οφείλεται η οξύτητα του γάλακτος. Συνεπώς στο ισοδύναμο σημείο θα υπάρχει μόνο το γαλακτικό νάτριο (ή NaA) που είναι το προϊόν της πλήρους εξουδετέρωσης του γαλακτικού οξέος από το υδροξείδιο του νατρίου:



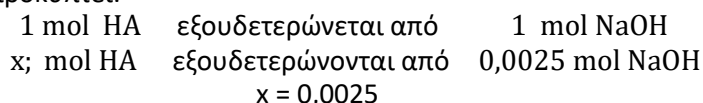
Η αρχική ένδειξη της προχοΐδας ήταν 20 mL και στο τελικό σημείο ήταν 45 mL. Συνεπώς ο όγκος του πρότυπου διαλύματος που δαπανήθηκε μέχρι το ισοδύναμο σημείο είναι:

$$V = (45 - 20) \text{ mL} = 25 \text{ mL} = 0,025 \text{ L.}$$

Τα mol του πρότυπου διαλύματος NaOH 0,1 M θα είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V \Rightarrow n = (0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,025 \text{ L}) \Rightarrow n = 0,0025 \text{ mol.}$$

Από την αντίδραση (1) προκύπτει:



Επομένως εξουδετερώθηκαν 0,0025 mol γαλακτικού οξέος που περιέχονται στα 50 mL πρόβειου γάλακτος. Επομένως

50 mL πρόβειο γάλα	περιέχουν	0,0025 mol γαλακτικό οξύ
100 mL πρόβειο γάλα	περιέχουν	y; mol γαλακτικό οξύ
		y = 0,005.

Συνεπώς σε 100 mL πρόβειου γάλακτος περιέχονται 0,005 mol γαλακτικό οξύ. Ο υπολογισμός της μάζας του οξέος προκύπτει από τη σχέση:

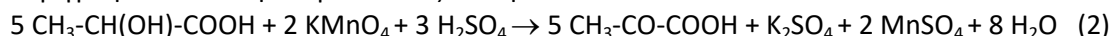
$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n \cdot M_r \Rightarrow m = (0,005 \cdot 90) \text{ g} \Rightarrow m = 0,45 \text{ g.}$$

Άρα η οξύτητα του συγκεκριμένου γάλακτος είναι **0,45 g / 100 mL** πρόβειου γάλακτος.

β) Η φυσιολογική οξύτητα του πρόβειου γάλακτος κυμαίνεται από 0,18 – 0,24 g (οξέος) / 100 mL γάλα. Συνεπώς το γάλα που ογκομετρήσαμε είναι ακατάλληλο για κατανάλωση, διότι πιθανόν έχει λήξει ή έχει μείνει εκτός ψυγείου για μεγάλο διάστημα.

γ) Η ποσότητα σε mol του γαλακτικού οξέος που περιέχεται σε 50 mL γάλακτος είναι σύμφωνα με το ερώτημα α ίση με 0,0025 mol.

Το γαλακτικό οξύ οξειδώνεται από το διάλυμα KMnO_4 σύμφωνα με την αντίδραση (2), που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:



Από την αντίδραση (2) προκύπτει:

5 mol γαλακτικού οξέος αντιδρούν με 2 mol υπερμαγγανικού καλίου
 0,0025 mol γαλακτικού οξέος αντιδρούν με z; mol υπερμαγγανικού καλίου
 $z \cdot 5 = 2 \cdot 0,0025 \Rightarrow z = 0,001$.

Άρα αντέδρασαν 0,001 mol KMnO_4

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow V = \frac{n}{c} \Rightarrow V = \frac{0,001}{0,1} \text{L} \Rightarrow V = 0,01 \text{L} \Rightarrow V = 10 \text{mL}$$

Το διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) έχει χρώμα ροδόχρωμο. Το διάλυμα MnSO_4 είναι άχρωμο.

Συνεπώς για να αποχρωματιστεί το διάλυμα KMnO_4 0,1 M θα πρέπει το διάλυμα να περιέχει 0,001 mol KMnO_4 και αυτό συμβαίνει όταν ο όγκος του διαλύματος είναι 10 mL.

Όμως ο όγκος του διαλύματος KMnO_4 0,1M με το οποίο αναμειχθηκε το γάλα είναι 50 mL = 0,05 L > 0,01 L.

Συνεπώς **δεν** αποχρωματίζεται όλο το διάλυμα του KMnO_4 .

Θέμα 4° 34526

4.1 Δίνονται τα ακόλουθα διαλύματα:

Διάλυμα Α: Υδατικό διάλυμα γλυκόζης ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) συγκέντρωσης 0,1 M.

Διάλυμα Β: Υδατικό διάλυμα γλυκόζης ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) συγκέντρωσης 0,5 M.

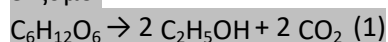
Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμειξουμε τα διαλύματα Α και Β για να προκύψει διάλυμα Γ ωσμωτικής πίεσης ίσης με 9,84 atm;

Όλα τα διαλύματα είναι μοριακά και βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία $T=300 \text{K}$.

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

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); (μον.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 οξινισμένο με H_2SO_4 υδατικό διάλυμα KMnO_4 .

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 οξινισμένου με H_2SO_4 υδατικού διαλύματος KMnO_4 0,8 M, που αποχρωματίζει αυτό το μείγμα κατά την πλήρη οξείδωσή του. (μονάδες 7)

Δίνονται: $A_r: \text{H}=1, \text{C}=12, \text{O}=16$.

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

$$n_A + n_B = n_T \Rightarrow c_A \cdot V_A + c_B \cdot V_B = \frac{9,84 \cdot (V_A + V_B)}{R \cdot T} \Rightarrow 0,1 \cdot V_A + 0,5 \cdot V_B = 0,4 \cdot (V_A + V_B) \Rightarrow \\ \Rightarrow 0,1 \cdot V_B = 0,3 \cdot V_A \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{3}.$$

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 οσμωτικής πίεσης ίσης με 9,84 atm

4.2

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

β) $n_{\text{αιθανόλης}} = \frac{460}{46} = 10 \text{ mol}$. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ (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 $5 \cdot 180 = 900 \text{ g}$ γλυκόζης για να παρασκευάσουμε 460 g αιθανόλης.

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

M_r $CH_3CH_2OH = 46$ και M_r $CH_3OH = 32$. Θα ισχύει:

$$m(CH_3CH_2OH) + m(CH_3OH) = 15,6 \Rightarrow 46 \cdot \alpha + 32 \cdot \alpha = 15,6 \Rightarrow \alpha = 0,2 \text{ από κάθε ουσία.}$$

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

β) $5 CH_3OH + 6 KMnO_4 + 9 H_2SO_4 \rightarrow 5 CO_2 + 6 MnSO_4 + 3 K_2SO_4 + 19 H_2O$ (αντίδραση 1)

$5 CH_3CH_2OH + 4 KMnO_4 + 6 H_2SO_4 \rightarrow 5 CH_3COOH + 4 MnSO_4 + 11 H_2O + 2 K_2SO_4$ (αντίδραση 2)

γ) Με βάση την αντίδραση (1):

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

Τα 0,2 mol CH_3OH απαιτούν x_1 mol $KMnO_4$ για την πλήρη οξειδωσή 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 CH_3CH_2OH απαιτούν 4 mol $KMnO_4$ για την πλήρη οξειδωσή τους.

για την πλήρη οξειδωσή τους.

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

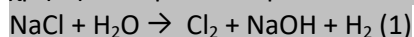
Τα 0,2 mol CH_3CH_2OH απαιτούν 0,16 mol $KMnO_4$.

Ολικά mol $KMnO_4 = c \cdot V \Rightarrow x_1 + x_2 = 0,8 \cdot V \Rightarrow 0,4 = 0,8 \cdot V \Rightarrow V = 0,5 \text{ L}$.

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

Θέμα 4° 36346 (1οβ 2° 5° 7°)

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):



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: Ar (H)=1, Ar (Na)=23, Ar (O)=16. (μονάδες 4)

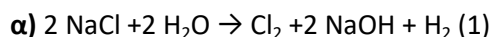
ε) Υπολογίστε το pH του διαλύματος Υ1. Η θερμοκρασία είναι 25 °C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w=10^{-14} \text{ M}^2$. (μονάδες 4) **Μονάδες 19**

4.2 6 g ενός εστέρα Ε της μορφής $C_nH_{2n+1}COOC_mH_{2m+1}$ (όπου μ,ν ακέραιοι με $n \geq 0$ και $m \geq 1$) 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: Ar(H)=1, Ar(C)=12, Ar(O)=16.

Μονάδες 6

Ενδεικτική επίλυση

4.1



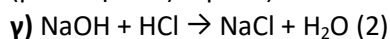
β) Έστω x ο αριθμός οξειδωσης του Cl στο NaCl. Θα ισχύει ότι $1 + x = 0 \Rightarrow x = -1$.

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

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

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.



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

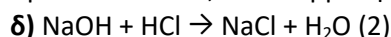
Με βάση την εξίσωση (2) παράγονται αντίστοιχα 0,01 mol H_2O .

Για κάθε 1 mol H_2O εκλύονται 57 kJ

Για κάθε 0,01 mol H_2O εκλύονται -Q kJ

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

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 mol NaOH ζυγίζει 40 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**.

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

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

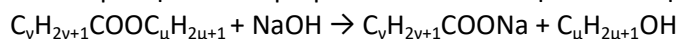
c(M)	NaOH \rightarrow Na ⁺ + OH ⁻		
αρχικά	0,1		
δίστανται	0,1		
παράγονται		0,1	0,1
Τελικά		0,1	0,1

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

$pOH = -\log[OH^-] = -\log[10^{-1}] = 1$. Άρα $pH = pK_w - pOH = 14 - 1 = 13$.
Επομένως το pH του διαλύματος Y1 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 mol εστέρα ζυγίζει 6 g

1 mol εστέρα ζυγίζει x 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 **HCOOCH₃**.

Θέμα 4° 36137

4.1 Ένα νόμισμα αποτελείται από χαλκό (Cu), ψευδάργυρο (Zn) και νικέλιο (Ni).

α) Για τον προσδιορισμό της ποσότητας του Cu στο νόμισμα, 1 g από το υλικό από το οποίο αποτελείται το νόμισμα διαλύεται σε αραιό νιτρικό οξύ (HNO₃). Η αντίδραση που πραγματοποιήθηκε περιγράφεται με τη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση 1.

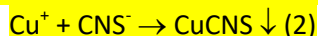


i) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην παραπάνω εξίσωση ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 3)

ii) Να προσδιορίσετε εάν το HNO₃ στην παραπάνω αντίδραση δρα ως οξειδωτικό ή αναγωγικό. (μονάδα 1)

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (μονάδες 2)

iii) Με κατάλληλη διαδικασία ο Cu²⁺ μετατράπηκε σε Cu⁺ και με προσθήκη ιόντων CNS⁻ σχηματίστηκε ίζημα θειοκυανιούχου χαλκού (I) (CuCNS) του οποίου η μάζα βρέθηκε 1,215 g, σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφει η χημική εξίσωση 2. Να υπολογίσετε το ποσοστό % του Cu στο υλικό του νομίσματος. (μονάδες 6)



Δίνονται: $A_r(S) = 32$, $A_r(C) = 12$, $A_r(N) = 14$, $A_r(Cu) = 63,5$

Μονάδες 12

4.2 α) Κατά την παρασκευή μαρμελάδας μήλου, η μαρμελάδα θα πήξει μόνο εάν το pH είναι μεταξύ 2,7 και 3,3. Το pH στη μαρμελάδα μήλου καθορίζεται από τον ιοντισμό οργανικού οξέος (ACOOH) που έχει

$K_a = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ M}$.

Να εξετάσετε εάν μαρμελάδα στην οποία η συγκέντρωση του συγκεκριμένου ασθενούς οξέος είναι 0,05 M θα πήξει ή όχι. (μονάδες 7)

Να θεωρηθεί ότι η μαρμελάδα είναι υδατικό διάλυμα στους 25 °C και ότι ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις.

Δίνεται ότι $\log 4 = 0,6$

β) Ο βουτανικός μεθυλεστέρας (CH₃CH₂CH₂COOCH₃) έχει χαρακτηριστικό άρωμα μήλου. Για τη σύνθεση του βουτανικού μεθυλεστέρα (CH₃CH₂CH₂COOCH₃) με βάση την αντίδραση 1, χρησιμοποιήθηκαν αρχικά 0,6 mol CH₃OH και 0,3 mol CH₃CH₂CH₂COOH.



Στη θέση Χημικής Ισορροπίας η ποσότητα του οξέος που υπάρχει προσδιορίστηκε με ογκομέτρηση και βρέθηκε ίση με 0,12 mol. Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης 1. (μονάδες 6)

Μονάδες 13

Ενδεικτική επίλυση

4.1 i) **3 Cu + 8 HNO₃ → 3 Cu(NO₃)₂ + 2 NO + 4 H₂O**

ii) Αν x ο A.O. του N στην ένωση HNO₃ τότε ισχύει: $1 \cdot (+1) + x + 3 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow x = +5$

Αν γ ο Α.Ο. του Ν στην ένωση ΝΟ τότε ισχύει: $1 \cdot (-2) + \gamma = 0 \Rightarrow -\gamma = +2$

Επομένως το Ν ανάγεται και άρα το HNO_3 στην παραπάνω αντίδραση δρα ως οξειδωτικό.

iii) Για το CuCNS : $M_r = 1 \cdot A_r(\text{Cu}) + 1 \cdot A_r(\text{C}) + 1 \cdot A_r(\text{N}) + 1 \cdot A_r(\text{S}) = 1 \cdot 63,5 + 1 \cdot 12 + 1 \cdot 14 + 1 \cdot 32 = 121,5$

$$n_{\text{CuCNS}} = \frac{1,215}{121,5} = 0,01 \text{ mol}$$

Από τη χημική εξίσωση 2:

$$n_{\text{Cu}^+} = n_{\text{CuCNS}} \Rightarrow n_{\text{Cu}^+} = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Cu}^+} = n_{\text{Cu}^{+2}}$$

Άρα από τη χημική εξίσωση 1: $n_{\text{Cu}} = n_{\text{Cu}^{+2}} = 0,01 \text{ mol}$

Το 1 mol Cu ζυγίζει 63,5 g. Επομένως τα 0,01 mol Cu ζυγίζουν:

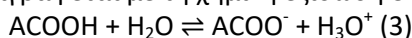
$$m = 0,01 \cdot 63,5 \text{ g} = 0,635 \text{ g}$$

Η μάζα του Cu περιέχεται σε 1 g υλικού του νομίσματος. Άρα σε 100 g του υλικού περιέχεται μάζα Cu:

$$m_1 = 100 \cdot 0,635 \text{ g} = 63,5 \text{ g}$$

Επομένως το ποσοστό % του Cu στο υλικό του νομίσματος είναι 63,5 %.

4.2 α) Ο ιοντισμός του οξέος περιγράφεται με τη χημική εξίσωση 3:



M	$\text{ACOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ACOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$			
αρχικά	0,05			
αντιδρούν	x			
παράγονται			x	x
ιοντική ισορροπία	0,05 - x		x	x

$$K_{a,\text{ACOOH}} = \frac{[\text{ACOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{ACOOH}]} \Rightarrow K_{a,\text{ACOOH}} = \frac{x^2}{0,05 - x} \text{ M} \Rightarrow K_{a,\text{ACOOH}} \approx \frac{x^2}{0,05} \text{ M}$$

Επομένως $x^2 = 0,05 \cdot 3,2 \cdot 10^{-4} \Rightarrow x = 4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

Επομένως το pH του διαλύματος ACOOH είναι:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log[4 \cdot 10^{-3}] = 3 - \log 4 = 2,4$$

Σύμφωνα με τα δεδομένα του προβλήματος η συγκεκριμένη μαρμελάδα δεν θα πήξει.

β) Για την αντίδραση 1:

mol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}(\text{l}) + \text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$			
αρχικά	0,3	0,6		
αντιδρούν	x	x		
παράγονται			x	
χημική ισορροπία	0,3 - x	0,6 - x	x	

$0,3 - x = 0,12$. Επομένως $x = 0,18$, δηλαδή σχηματίστηκαν 0,18 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$.

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης 1 η CH_3OH βρίσκεται σε περίσσεια και επομένως η απόδοση της αντίδρασης θα υπολογιστεί με βάση το $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$.

Θεωρητικά, σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης, από 0,3 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ παράγονται 0,3 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$.

Επομένως η απόδοση της αντίδρασης 1 είναι:

$$\alpha = \frac{0,18}{0,3} = 0,6 \text{ ή } 60 \%$$

Θέμα 4° 25252 (5° 2°)

Το HCN είναι ένα ισχυρό δηλητήριο για τον άνθρωπο. Εργαστηριακά μπορεί να παρασκευαστεί από επίδραση HCl σε NaCN , ενώ όταν ένας άνθρωπος καταπιεί NaCN αυτό αντιδρά με το HCl του στομάχου και παράγεται το επικίνδυνο HCN . Διαθέτουμε διάλυμα Δ1 NaCN 0,1 M καθώς και διάλυμα Δ2 HCN 0,1 M στο οποίο το HCN έχει βαθμό ιοντισμού 0,01 %.

α) Να γράψετε την αντίδραση μεταξύ HCl και NaCN (αντίδραση ①). (μονάδες 4)

β) Να υπολογίσετε τη σταθερά ιοντισμού του HCN, $K_{a,HCN}$. (μονάδες 5)

γ) Να υπολογίσετε την τιμή pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 6)

δ) Εξηγήστε γιατί η τιμή της πρότυπης ενθαλπίας εξουδετέρωσης, ΔH°_n για την εξουδετέρωση του HCN από ισχυρή βάση είναι μικρότερη κατά απόλυτη τιμή, από την αντίστοιχη τιμή της πρότυπης ενθαλπίας εξουδετέρωσης, ΔH°_n για την εξουδετέρωση του HCl από ισχυρή βάση. (μονάδες 3)

ε) Έχει υπολογιστεί ότι το NaCN μπορεί να αποβεί θανατηφόρο για τον άνθρωπο, αν προσληφθεί σε ποσότητα μεγαλύτερη των 2 mg NaCN / kg ανθρώπου. Να γράψετε αν η ποσότητα του NaCN η οποία περιέχεται σε 50 mL υδατικού διαλύματος Δ3 NaCN με $pOH=3$ είναι θανατηφόρα για άνθρωπο με μάζα 100 kg (μονάδα 1). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (μονάδες 6)

Δίνονται τα A, : Na=23, C=12, N=14.

Όλα τα διαλύματα των ερωτημάτων α, β, γ, ε είναι υδατικά και βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 °C, όπου ισχύει $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$ και τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) $\text{HCl} + \text{NaCN} \rightarrow \text{HCN} + \text{NaCl}$, Αντίδραση ①

β) Στο διάλυμα Δ2 συμβαίνει ιοντισμός του HCN όπως περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση και τα δεδομένα του ακόλουθου πίνακα:

c(M)	$\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CN}^- + \text{H}_3\text{O}^+$			
αρχικά	0,1			
ιοντίζονται	x			
παράγονται			x	x
ιοντική ισορροπία	0,1 - x		x	x

Για τον βαθμό ιοντισμού $\alpha = 0,01\% = 10^{-4}$ του HCN ισχύει: $\alpha = \frac{x}{0,1} \Rightarrow x = 10^{-5}$.

Αφού τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις, θα ισχύει: $0,1 - x \approx 0,1$.

$$\text{Άρα, } K_{a,HCN} = \frac{x^2 M^2}{(0,1-x)M} = \frac{x^2 M^2}{0,1 M} = 10^{-9} \text{ M.}$$

Επομένως, η σταθερά ιοντισμού K_a του οξέος HCN είναι ίση με 10^{-9} M .

γ) Στο διάλυμα Δ1 υπάρχουν τα παρακάτω ιόντα που προκύπτουν από τη διάσταση του $\text{NaCN} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CN}^-$. Το pH του τελικού διαλύματος δεν επηρεάζεται από τα ιόντα Na^+ διότι αυτά έχουν προκύψει από την ισχυρή βάση NaOH, αλλά μόνο από τα ιόντα CN^- επειδή μόνο αυτά αντιδρούν με το νερό καθώς προέρχονται από το ασθενές οξύ HCN. Η συγκέντρωση των ιόντων CN^- υπολογίζεται από τη διάσταση του NaCN:

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

Άρα η συγκέντρωση των ιόντων CN^- είναι ίση με 0,1 M. Τα ιόντα CN^- αντιδρούν με το νερό, όπως φαίνεται στον πίνακα:

c(M)	$\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$			
αρχικά	0,1			
ιοντίζονται	x			
παράγονται			x	x
ιοντική ισορροπία	0,1 - x		x	x

Η K_b του CN^- υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_{b,CN^-} = \frac{K_w}{K_{a,HCN}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-9} \text{ M}} = 10^{-5} \text{ M.}$$

Η συγκέντρωση των ιόντων OH^- βρίσκεται από τη σχέση:

$$K_{b,CN^-} = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} \Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{(0,1-x) \text{ M}}$$

Αφού τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις, θα ισχύει:

$$0,1-x \approx 0,1. \text{ Άρα, } 10^{-5} \text{ M} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{0,1 \text{ M}} \Rightarrow x = 10^{-3}$$

Άρα η συγκέντρωση των ιόντων OH^- είναι ίση με 10^{-3} M .

$$x = [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 3.$$

$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 3 \Rightarrow \text{pH} = 11$. Επομένως το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 11.

δ) Τα ισχυρά οξέα όπως το HCl ιοντίζονται πλήρως σε ιόντα με τη διάλυσή τους στο νερό και η θερμότητα που εκλύεται κατά την εξουδετέρωσή τους με ισχυρή βάση οφείλεται αποκλειστικά στην αντίδραση σχηματισμού νερού ($\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$) Κατά την εξουδετέρωση όμως ασθενούς οξέος (HCN) από ισχυρή βάση, μέρος της εκλύομενης θερμότητας από την αντίδραση σχηματισμού νερού δαπανάται για τον ιοντισμό του ασθενούς οξέος.

ε) Αφού το διάλυμα Δ3 έχει $\text{pOH} = 3$ το pH του θα είναι ίσο με $14 - 3 = 11$, άρα με βάση το ερώτημα γ έχει συγκέντρωση σε NaCN ίση με 0,1 M (Διάλυμα Δ1).

Τα mol (n) του NaCN που περιέχονται σε 50 mL από το υδατικό διάλυμα Δ1, είναι ίσα με:

$$n = c \cdot V = 0,1 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

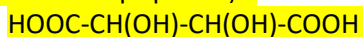
Αντίστοιχα η μάζα του NaCN θα είναι ίση με $m(\text{g}) = n \cdot M_r = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 49 \text{ g} = 0,245 \text{ g}$

Η οριακή μέγιστη ποσότητα των 2 g του NaCN / kg μάζας, σε άνθρωπο μάζας 100 kg αντιστοιχεί σε $100 \cdot 2 \text{ mg} = 200 \text{ mg} = 0,2 \text{ g}$ NaCN. Άρα η ποσότητα του NaCN (0,245 g) που περιέχεται στα 50 mL του διαλύματος Δ3 είναι **μεγαλύτερη** από την ελάχιστη θανατηφόρα δόση (0,2 g), επομένως είναι **θανατηφόρα** στη συγκεκριμένη περίπτωση

Θέμα 4° 25448

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.

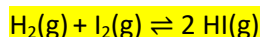
Να εξηγήσετε ποιος από τους δύο παρακάτω δείκτες είναι καταλληλότερος για την ογκομέτρηση: Το πράσινο της βρωμοκρεσόλης ($\text{pK}_a = 4,7$) ή η φαινολοφθαλεΐνη ($\text{pK}_a = 9,3$). **Μονάδες -9**

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)

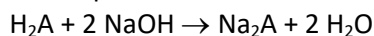
Δίνεται: Η σχετική μοριακή μάζα του αιθανικού οξέος : $M_r = 60$.

Μονάδες 16

Ενδεικτική επίλυση

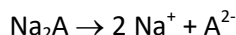
4.1

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:

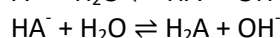
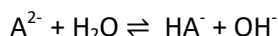


Το άλας Na_2A έχει βασικό χαρακτήρα διότι είναι προϊόν εξουδετέρωσης ασθενούς οξέος από ισχυρή

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 ($\text{pH} > 7$).

Για τους δείκτες ισχύει: Για $\text{pH} < \text{p}K_a - 1$ επικρατεί το χρώμα της όξινης μορφής του δείκτη και για $\text{pH} > \text{p}K_a + 1$ επικρατεί το χρώμα της βασικής μορφής του δείκτη.

Οι δείκτες έχουν περιοχή αλλαγής χρώματος $\text{p}K_a - 1$ έως $\text{p}K_a + 1$.

Συνεπώς:

Ο δείκτης πράσινο της βρωμοκρεσόλης έχει $\text{p}K_a = 4,7$ και η περιοχή αλλαγής του χρώματός του θα είναι $3,7 < \text{pH} < 5,7$. Ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνη έχει $\text{p}K_a = 9,3$ και η ζώνη αλλαγής του χρώματος του θα είναι $8,3 < \text{pH} < 10,3$. Συνεπώς, ο καταλληλότερος δείκτης θα είναι η **φαινολοφθαλεΐνη** διότι η αλλαγή χρώματος γίνεται στη βασική περιοχή $\text{pH} = 8,3 - 10,3$ 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 H_2
8 mol αιθανικού οξέος αντιδρούν με νάτριο και ελευθερώνονται $\gamma = 4$ mol αερίου H_2

Άρα ελευθερώνονται 4 mol αερίου H_2 .

β)

mol	$\text{H}_2(\text{g})$ $\text{HI}(\text{g})$	+ $\text{I}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons 2
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 $\alpha = 0,8$.

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 H_2 και I_2 .

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

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

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

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

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

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 (I_2) που αναμείχθηκε με τα 4 mol υδρογόνου (H_2) στο δοχείο ήταν 16 mol

Θέμα 4° 25477

Το υδροφθόριο, HF είναι πολύ επικίνδυνο αέριο, το οποίο όταν διαλυθεί στο νερό σχηματίζει το διαβρωτικό υδροφθορικό οξύ.

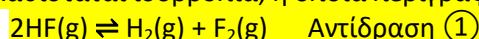
Αέριο HF, μάζας 20 g, διαλύεται πλήρως σε 1L H_2O , χωρίς μεταβολή όγκου και παρασκευάζεται υδατικό διάλυμα Δ1 στους 25 °C.

α) Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1 στους 25 °C. (μονάδες 5)

β) Να υπολογίσετε πόσα L νερού πρέπει να προστεθούν σε 200 mL διαλύματος Δ1 για να προκύψει διάλυμα Δ2 με τιμή pH που σε σχέση με την τιμή pH του διαλύματος Δ1 θα έχει μεταβληθεί κατά μισή μονάδα. (μονάδες 7)

γ) Να υπολογίσετε πόσα mol αερίου HF πρέπει να προστεθούν σε 200 mL του διαλύματος Δ2, ώστε να προκύψει διάλυμα Δ3, του οποίου η τιμή του pH του θα διαφέρει από το pH του διαλύματος Δ2 κατά μισή μονάδα. Η προσθήκη αερίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος. (μονάδες 7)

δ) Αέριο HF μάζας 4g εισάγεται σε δοχείο σταθερού όγκου $V = 1$ L, θερμαίνεται σε θερμοκρασία θ °C και αποκαθίσταται ισορροπία, η οποία περιγράφεται με τη χημική εξίσωση:



Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης $\textcircled{1}$, αν η K_c σε αυτές τις συνθήκες είναι 4. (μονάδες 6)

Δίνονται:

Οι σχετικές ατομικές μάζες : $A_r(H)=1$, $A_r(F)=19$.

Για τα ερωτήματα **α**, **β**, **γ** τα διαλύματα είναι υδατικά και βρίσκονται στους 25 °C, η σταθερά $K_{a, HF} = 10^{-4}$ M στους 25 °C και τα δεδομένα των ερωτημάτων **α**, **β**, **γ** επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

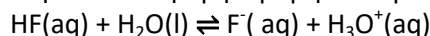
Ενδεικτική επίλυση

α) $M_r(HF) = 1 + 19 = 20$.

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow n = \frac{20}{20} \text{ mol} \Rightarrow n = 1 \text{ mol.}$$

$$c_1 = \frac{n}{V_1} \Rightarrow c_1 = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \Rightarrow c_1 = 1 \text{ M.}$$

Στο διάλυμα Δ1 πραγματοποιείται η ακόλουθη αμφίδρομη αντίδραση



M	HF(aq)	$H_2O(l)$	$F^-(aq)$	$H_3O^+(aq)$
Αρχικά	1	-	-	-
Ιοντίζονται	x	-	-	-
Παράγονται	-	-	x	x
Ιοντική ισορροπία	1-x	-	x	x

$$\text{Επομένως ισχύει ότι } K_a = \frac{x \cdot M \cdot x \cdot M}{(1-x) \cdot M} \quad (1)$$

Επίσης ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις, άρα: $1 - x = 1$ (2)

$$\text{Από (1), (2)} \Rightarrow K_a = \frac{x \cdot M \cdot x \cdot M}{1 \cdot M} \Rightarrow x^2 \cdot M = 10^{-4} \text{ M} \Rightarrow x = 10^{-2}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-2} \text{ M}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] \Rightarrow pH = -\log 10^{-2}$$

$$pH = 2$$

Άρα το pH του υδατικού διαλύματος Δ1 είναι 2.

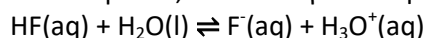
β) Με την προσθήκη νερού μειώνεται η συγκέντρωση του HF και κατά συνέπεια η συγκέντρωση των οξωνίων $[H_3O^+]$.

Από τη σχέση $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ συμπεραίνουμε ότι το pH θα αυξηθεί.

Άρα μετά την αραιώση το pH θα αυξηθεί κατά μισή μονάδα ($\text{pH} = 2 + 0,5$). Δηλαδή το pH του αραιωμένου διαλύματος Δ2 θα είναι ίσο με 2,5.

$$\text{pH} = 2,5 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,5} \text{ M.}$$

Έστω c_2 η συγκέντρωση του HF στο διάλυμα Δ2, οπότε θα γίνεται η αντίδραση:



M	HF(aq)	H ₂ O(l)	F ⁻ (aq)	H ₃ O ⁺ (aq)
Αρχικά	c_2	-	-	-
Ιοντίζονται	y	-	-	-
Παράγονται	-	-	y	y
Ιοντική ισορροπία	$c_2 - y$	-	y	y

Επομένως, ισχύει ότι

$$K_a = \frac{y \text{ M} \cdot y \text{ M}}{(c_2 - y) \text{ M}} \quad (3) \quad \text{Ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις και επομένως: } c_2 - y = c_2 \quad (4). \text{ Δεδομένου ότι } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,5} \text{ M, προκύπτει ότι } y = 10^{-2,5} \text{ M. (5)}$$

$$\text{Αντικαθιστώντας τις σχέσεις (4), (5) στην εξίσωση (3)} \Rightarrow K_a = \frac{y \text{ M} \cdot y \text{ M}}{c_2} \Rightarrow y^2 \text{ M}^2 = 10^{-4} \text{ M} \cdot c_2 \Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = 10^{-4} \cdot c_2 \Rightarrow c_2 = 10^{-1} \text{ M.}$$

Επομένως η συγκέντρωση του υδατικού διαλύματος Δ2 είναι $c_2 = 10^{-1} \text{ M}$.

Από την αραιώση 200 mL διαλύματος Δ1 συγκέντρωσης 1 M σε διάλυμα Δ2 συγκέντρωσης c_2 και όγκου V_2 ισχύει:

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} = 10^{-1} \text{ M} \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 2 \text{ L. Επομένως, } V_{\text{νερού}} = 2 \text{ L} - 0,2 \text{ L} = 1,8 \text{ L.}$$

Άρα για να προκύψει διάλυμα Δ2 0,1 M με pH 2,5 προστέθηκαν 1,8 L νερό.

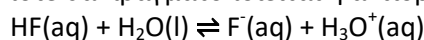
γ) Με την προσθήκη αερίου HF χωρίς αύξηση του όγκου του διαλύματος Δ2 αυξάνεται η συγκέντρωση του HF και κατά συνέπεια η συγκέντρωση των οξωνίων $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

Από τη σχέση $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ συμπεραίνουμε ότι το pH θα μειωθεί.

Άρα, μετά την προσθήκη HF το pH θα ελαττωθεί μισή μονάδα ($2,5 - 0,5$), δηλαδή το pH του διαλύματος Δ3 θα είναι ίσο με 2.

$$\text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ M.}$$

Έστω c_3 η συγκέντρωση του HF οπότε θα πραγματοποιείται η αντίδραση



M	HF(aq)	H ₂ O(l)	F ⁻ (aq)	H ₃ O ⁺ (aq)
Αρχικά	c_3	-	-	-
Ιοντίζονται	z	-	-	-
Παράγονται	-	-	z	z
Ιοντική ισορροπία	$c_3 - z$	-	z	z

Επομένως ισχύει

$$K_a = \frac{z \text{ M} \cdot z \text{ M}}{(c_3 - z) \text{ M}} \quad (6) \quad \text{Ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις οπότε } c_3 - z = c_3 \quad (7)$$

Δεδομένου ότι $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ M}$ προκύπτει ότι $z = 10^{-2} \text{ M}$. (8)

$$\text{Αντικαθιστώντας τις σχέσεις (7) και (8) στην (6)} \Rightarrow K_a = \frac{z \text{ M} \cdot z \text{ M}}{c_3} \Rightarrow z^2 \text{ M}^2 = 10^{-4} \text{ M} \cdot c_3 \Rightarrow c_3 = 1 \text{ M}$$

Επομένως στο τελικό υδατικό διάλυμα Δ3: $n_3 = c_3 \cdot V_3 \Rightarrow 1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} \Rightarrow n_3 = 0,2 \text{ mol HF}$.

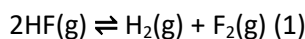
Στο αρχικό υδατικό διάλυμα Δ2 : $n_2 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 0,1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} \Rightarrow n_2 = 0,02 \text{ mol HF}$.

Άρα προσθέσαμε στο διάλυμα Δ2, $0,2 - 0,02 = 0,18 \text{ mol HF}$ και προέκυψε το διάλυμα Δ3.

δ) $M_r(\text{HF}) = 1 + 19 = 20$.

$$n(\text{HF}) = \frac{m}{M_r} \Rightarrow n(\text{HF}) = \frac{4}{20} \text{ mol} \Rightarrow n = 0,2 \text{ mol.}$$

Σε σταθερό όγκο $V = 1 \text{ L}$ πραγματοποιείται η αντίδραση



mol	HF(g)	H ₂ (g)	F ₂ (g)
Αρχικά	0,2		
Αντιδρούν	2ω		
Παράγονται		ω	ω
Χημική ισορροπία	0,2 - 2ω	ω	ω

$$[\text{HF}] = \frac{n}{V} \Rightarrow [\text{HF}] = \frac{0,2-2\omega}{V} \text{ M} \Rightarrow [\text{HF}] = (0,2 - 2\omega) \text{ M}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{n}{V} \Rightarrow [\text{H}_2] = \frac{\omega}{V} \text{ M} \Rightarrow [\text{H}_2] = \omega \text{ M}$$

$$[\text{F}_2] = \frac{n}{V} \Rightarrow [\text{F}_2] = \frac{\omega}{V} \text{ M} \Rightarrow [\text{F}_2] = \omega \text{ M}$$

Ισχύει ότι

$$K_c = \frac{[\text{H}_2] \cdot [\text{F}_2]}{[\text{HF}]^2} \Rightarrow K_c = \frac{\omega^2 \text{ M}^2}{(0,2 - 2\omega)^2 \text{ M}^2} \Rightarrow 4 = \frac{\omega^2}{(0,2 - 2\omega)^2} \Rightarrow$$

$$2 = \frac{\omega}{0,2 - 2\omega} \Rightarrow 2 \cdot (0,2 - 2\omega) = \omega \Rightarrow 0,4 - 4\omega = \omega \Rightarrow 0,4 = 5\omega \Rightarrow \omega = 0,08.$$

Υπολογίζοντας την απόδοση με βάση το F₂ ή το H₂ που παράγεται:

$$\alpha = \frac{\text{ποσότητα που παράχθηκε στη χημική ισορροπία}}{\text{θεωρητική ποσότητα που θα παραγόταν αν η αντίδραση ήταν μονόδρομη}} \Rightarrow \alpha = \frac{\omega}{0,1} \Rightarrow \alpha = \frac{0,08}{0,1} \Rightarrow \alpha = 0,8.$$

Άρα η απόδοση της αντίδρασης είναι 80 %.

Θέμα 4^ο 29558 (5^ο 4^ο 7^ο)

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 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} < 0,10$ η αντιμικροβιακή του δράση είναι μεγάλη ενώ όταν $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} > 10$ 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 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 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)

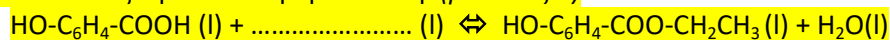
β) Υδατικό δάλυμα βενζοϊκού οξέος, θερμοκρασίας 25 °C και περιεκτικότητας 0,122 % w/v, παρουσιάζει $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$. Να υπολογιστεί η σχετική μοριακή μάζα (M_r) του βενζοϊκού οξέος. Να θεωρήσετε ότι ισχύουν οι κατάλληλες προσεγγίσεις. (μονάδες 8)

Δίνεται για το βενζοϊκό οξύ η σταθερά ιοντισμού $K_a = 6,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. **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-C₆H₄-COO-CH₂CH₃), αναμειγνύονται 0,3 mol παρα-υδροξυβενζοϊκού οξέος (HO-C₆H₄-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

4.1α) Για το χυμό μήλου με pH = 3 ισχύει: $[H_3O^+] = 10^{-3}$

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons A^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = 6,4 \cdot 10^{-5} / 10^{-3} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = 0,064 < 0,1$$

Για το χυμό καρπούζι με pH = 8 ισχύει:

$$[H_3O^+] = 10^{-8}$$

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons A^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = 6,4 \cdot 10^{-5} / 10^{-8} \Rightarrow$$

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = 6,4 \cdot 10^3 = 6400 \gg 10$$

Στο χυμό μήλου ο λόγος $\frac{[A^-]}{[HA]}$ είναι μικρότερος από 0,1 και συνεπώς η αντιμικροβιακή δράση του βενζοϊκού οξέος είναι μεγάλη. Στο χυμό καρπούζι ο λόγος $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 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:

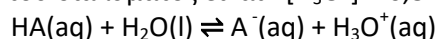
100 mL διαλύματος περιέχουν 0,122 g βενζοϊκού οξέος
1000 mL διαλύματος " x; g βενζοϊκού οξέος

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

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

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

Η συγκέντρωση ιόντων οξωνίου του διαλύματος είναι: $[H_3O^+] = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ M.}$



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

$$[H_3O^+] = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow w = 0,8 \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

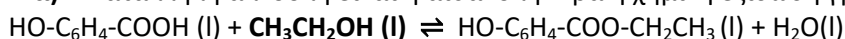
$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \Rightarrow K_a = \frac{w^2 M^2}{(c-w) M} \Rightarrow 6,4 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{w^2 M^2}{(c-w) M} \quad (3)$$

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:

$$[HO-C_6H_4-COOH] = [CH_3CH_2OH] = \frac{(0,3 - \omega) \text{ mol}}{1 \text{ L}}, \quad [H_2O] = [HO-C_6H_4-COOCH_2CH_3] = \frac{\omega \text{ mol}}{1 \text{ L}}.$$

$$K_c = \frac{[H_2O][HO-C_6H_4-COOCH_2CH_3]}{[CH_3CH_2OH][HO-C_6H_4-COOH]} \Rightarrow$$

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

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:

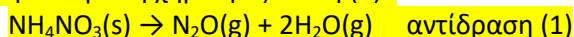
$$n(\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}) = n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,1 \text{ mol} \quad \text{και}$$

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

Θέμα 4^ο 30374 (2ο 3ο 5ο)

4.1 Εκρηκτικές ύλες, είναι χημικές ενώσεις οι οποίες, κάτω από ορισμένες συνθήκες, αποσυντίθενται ακαριαία, απελευθερώνοντας μεγάλα ποσά θερμότητας, με ταυτόχρονο σχηματισμό μεγάλης ποσότητας αερίων και πρόκληση έκρηξης.

Το νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3 , είναι εκρηκτική ουσία, η οποία χρησιμοποιείται στην ανατίναξη βράχων και διασπάται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση (1):



Η μεταβολή ενθαλπίας της παραπάνω διάσπασης του NH_4NO_3 είναι ίση με $\Delta H = -37 \text{ kJ/mol}$

α) Διαπιστώθηκε πειραματικά ότι η χημική αντίδραση (1) είναι απλή. Να γράψετε το νόμο ταχύτητας της αντίδρασης (1) και να υπολογίσετε την τάξη της. (μονάδες 2)

β) Να προσδιορίσετε το χημικό στοιχείο που οξειδώνεται και το στοιχείο που ανάγεται στην χημική αντίδραση (1) και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας. (μονάδες 4)

γ) Για την ανατίναξη ενός βράχου διασπάται μια ποσότητα νιτρικού αμμωνίου σύμφωνα με την χημική αντίδραση (1) και ελευθερώνεται θερμότητα 3700 kJ. Να υπολογίσετε τη μάζα του νιτρικού αμμωνίου που διασπάστηκε. (μονάδες 6)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{N}) = 14$, $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{H}) = 1$. **Μονάδες 12**

4.2 Το νιτρικό αμμώνιο είναι λευκό στερεό και διαλύεται εύκολα στο νερό. Εκτός από εκρηκτική ουσία, χρησιμοποιείται και στη γεωργία ως λίπασμα λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άζωτο. Ποσότητα NH_4NO_3 διαλύθηκε σε νερό και προέκυψε διάλυμα Δ1, όγκου 1 L, του οποίου το pH μετρήθηκε και βρέθηκε ίσο με 6 στους 25 °C.

α) Να υπολογίσετε πόσα g στερεού NH_4NO_3 απαιτούνται για την παρασκευή του διαλύματος Δ1. (μονάδες 6).

β) Να υπολογίσετε πόσα mol NH_3 πρέπει να προσθέσουμε σε 250 mL του διαλύματος Δ1, χωρίς μεταβολή όγκου, ώστε να μεταβληθεί το pH του, κατά 4 μονάδες. (μονάδες 7)

Ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις. Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες : $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{O})=16$, $A_r(\text{N})=14$.

Δίνεται στους 25 °C η $K_{\text{b},\text{NH}_3} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$, $K_{\text{w}} = 10^{-14} \text{ M}^2$

Μονάδες 13

Ενδεικτική επίλυση

α) Νόμος ταχύτητας: $v = k$.

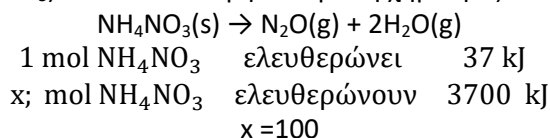
Τάξη αντίδρασης: Μηδενική.

β) Στην αντίδραση (1) το στοιχείο που οξειδώνεται είναι το άζωτο του ιόντος NH_4^+ και το στοιχείο που ανάγεται είναι το άζωτο του ιόντος NO_3^- .

Το άζωτο έχει αριθμό οξείδωσης -3 στο ιόν NH_4^+ και αριθμό οξείδωσης +1 στο N_2O . Δηλαδή συμβαίνει αύξηση του αριθμού οξείδωσης, άρα οξειδώνεται.

Το άζωτο έχει αριθμό οξείδωσης +5 στο ιόν NO_3^- και αριθμό οξείδωσης +1 στο N_2O . Δηλαδή συμβαίνει μείωση του αριθμού οξείδωσης, άρα ανάγεται.

γ) Το νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3) διασπάται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



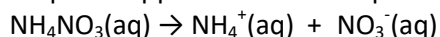
$$M_r(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 14 + 1 \cdot 4 + 14 + 16 \cdot 3 = 80$$

Επομένως η μάζα ανά mol είναι: $Mr = 80 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

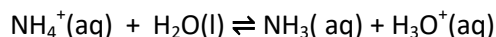
$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow m = n \cdot Mr \Rightarrow m = 100 \text{ mol} \cdot 80 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Rightarrow m = 8000 \text{ g} \text{ ή } 8 \text{ kg}.$$

Άρα η μάζα του NH_4NO_3 που διασπάστηκε είναι 8 kg.

4.2α) Έστω c η συγκέντρωση του νιτρικού αμμωνίου στο διάλυμα Δ1.



M	$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{NO}_3^-(\text{aq})$
Αρχικά	c	-	-
Τελικά	-	c	c



M	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{NH}_3(\text{aq})$	$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
Αρχικά	c	-	-	-
Ιοντίζονται	x	-	-	-
Παράγονται	-	-	x	x
Ισορροπία	$c - x$	-	x	x

$$K_{a,\text{NH}_4^+} = \frac{K_w}{K_{b,\text{NH}_3}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ M}} \Rightarrow K_{a,\text{NH}_4^+} = 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ M} \quad (2)$$

$$K_{a,\text{NH}_4^+} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow K_{a,\text{NH}_4^+} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{(c-x) \text{ M}} \quad (3)$$

$$\text{Από (2),(3)} \Rightarrow 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ M} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{(c-x) \text{ M}} \Rightarrow 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ M} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{c \text{ M}} \quad (4)$$

Το pH μετρήθηκε και βρέθηκε ίσο με 6.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-6} \text{ M} = x \text{ M} \quad (5)$$

$$\text{Από (4),(5)} \Rightarrow 0,5 \cdot 10^{-9} \cdot c = (10^{-6})^2 \Rightarrow c = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Πληκτρολογήστε την εξίσωση εδώ. $n = c \cdot V \Rightarrow n = (2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L}) \Rightarrow n = 0,002 \text{ mol}$

$M_r(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 14 + 1 \cdot 4 + 14 + 16 \cdot 3 = 80$ και η μάζα ανά mol είναι: $M = 80 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n \cdot M_r \Rightarrow m = 0,002 \text{ mol} \cdot 80 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Rightarrow m = 0,16 \text{ g.}$$

Επομένως η ποσότητα NH_4NO_3 που διαλύθηκε στο νερό και προέκυψε το διάλυμα Δ1 είναι 0,16 g.

β) Έστω ω mol NH_3 πρέπει να προσθέσουμε επιπλέον σε 0,25 L του διαλύματος Δ1, χωρίς μεταβολή όγκου, ώστε να μεταβληθεί το pH του κατά 4 μονάδες. Με την προσθήκη NH_3 , το διάλυμα θα γίνει πιο βασικό, άρα το τελικό διάλυμα θα έχει μεγαλύτερο pH, επομένως $\text{pH} = 10$. Το διάλυμα θα γίνει ρυθμιστικό διότι θα περιέχει το συζυγές ζεύγος $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{NO}_3$.

$$\text{Η συγκέντρωση της αμμωνίας } (\text{NH}_3) \text{ θα είναι: } c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{\omega \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} \Rightarrow c = 4 \cdot \omega \text{ M}$$

$$\text{Η συγκέντρωση του νιτρικού αμμωνίου θα είναι: } c = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$



M	$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{NO}_3^-(\text{aq})$
Αρχικά	$2 \cdot 10^{-3}$	-	-
Τελικά	-	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$

Αφού το $\text{pH} = 10$ και ισχύει $\text{pH} + \text{pOH} = 14$, θα έχουμε $\text{pOH} = 14 - 10 = 4$.

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

Αφού το διάλυμα είναι ρυθμιστικό, θα ισχύει:

$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow 10^{-4} \text{ M} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ M} \cdot \frac{4 \cdot \omega \text{ M}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ M}} \Rightarrow \omega = 0,25 \cdot 10^{-2}$$

Επομένως η ποσότητα NH_3 που προστέθηκε είναι $0,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ ή $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

Θέμα 4^ο (1ο 1οβ)

4.1 Δίνονται τα ακόλουθα διαλύματα:

Διάλυμα Α: Υδατικό διάλυμα γλυκόζης ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) συγκέντρωσης 0,1 M.

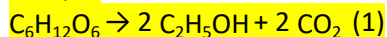
Διάλυμα Β: Υδατικό διάλυμα γλυκόζης ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) συγκέντρωσης 0,5 M.

Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμειξουμε 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 $T=300\text{ K}$.

Δίνεται: $R=0,082 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ **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 H_2SO_4 υδατικό διάλυμα KMnO_4 .

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 H_2SO_4 υδατικού διαλύματος KMnO_4 0,8 M, που αποχρωματίζει αυτό το μείγμα κατά την πλήρη οξειδωσή του. (μονάδες 7)

Δίνονται: $A_r: \text{H}=1, \text{C}=12, \text{O}=16$.

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

$$n_A + n_B = n_\Gamma \Rightarrow c_A \cdot V_A + c_B \cdot V_B = \frac{9,84 \cdot (V_A + V_B)}{R \cdot T} \Rightarrow 0,1 \cdot V_A + 0,5 \cdot V_B = 0,4 \cdot (V_A + V_B) \Rightarrow 0,1 \cdot V_B = 0,3 \cdot V_A \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{3}$$

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 αναμειξουμε 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.

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 $5 \cdot 180 = 900 \text{ g}$ γλυκόζης για να παρασκευάσουμε 460 g αιθανόλης.

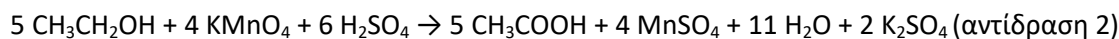
4.3 α) Έστω ότι έχουμε α mol από κάθε ουσία στο μείγμα αυτό.

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

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

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)



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 4° 36320 (5° 1οβ)

Διαθέτουμε τα ακόλουθα διαλύματα:

Διάλυμα Α: Υδατικό διάλυμα HCl όγκου $V_A = 500 \text{ mL}$ με $\text{pH}=1$.

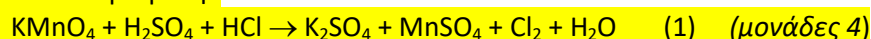
Διάλυμα Β: Υδατικό διάλυμα KMnO_4 συγκέντρωσης $c_B = 0,04 \text{ M}$.

Διάλυμα Γ: Υδατικό διάλυμα KMnO_4 συγκέντρωσης $c_\Gamma = 0,02 \text{ M}$.

Τα διαλύματα Β και Γ περιέχουν κατάλληλη ποσότητα H_2SO_4 .

α) Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του HCl στο διάλυμα Α. (μονάδες 4)

β) Συμπληρώστε τους στοιχειομετρικούς συντελεστές στην ακόλουθη χημική εξίσωση (1) ώστε να είναι ισοσταθμισμένη.



γ) Αναμειγνύουμε τα διαλύματα Β και Γ με αναλογία όγκων $\frac{V_B}{V_\Gamma} = \frac{1}{3}$ οπότε προκύπτει διάλυμα Δ. Υπολογίστε τη νέα συγκέντρωση του KMnO_4 (c_Δ) στο διάλυμα Δ. (μονάδες 7).

δ) Να υπολογίσετε τον όγκο σε mL από το διάλυμα Δ που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση του HCl του διαλύματος Α. (μονάδες 6)

ε) Υπολογίστε τη συνολική μεταβολή του Α.Ο. των ατόμων του αναγωγικού στην αντίδραση (1). (μον. 4) **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Έστω c_A η αρχική συγκέντρωση του HCl στο διάλυμα Α. Στο διάλυμα Α συμβαίνει πλήρης ιοντισμός του HCl μια και αυτό είναι ισχυρό μονοπρωτικό οξύ, όπως περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση και τον ακόλουθο πίνακα:

c(M)	HCl	+	H_2O	→	Cl^-	+	H_3O^+
αρχικά	c_A						
ιοντίζονται	c_A						
τελικά					0,1		0,1

$\text{pH} = -\log 0,1 = 1$. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1$ επομένως $c_A = [\text{HCl}] = 0,1 \text{ M}$ Δ

Επομένως η συγκέντρωση του HCl στο διάλυμα Α είναι 0,1 M.



$$\gamma) \frac{V_B}{V_\Gamma} = \frac{1}{3} \Rightarrow V_\Gamma = 3 \cdot V_B \quad (1)$$

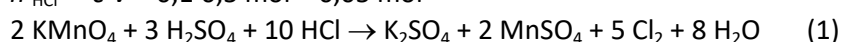
Για τα mol (n) του KMnO_4 θα ισχύει: $n_B + n_\Gamma = n_{\text{ολικά}} \Rightarrow c_B \cdot V_B + c_\Gamma \cdot V_\Gamma = c_\Delta \cdot V_\Delta \Rightarrow$ (από 1)

$$\Rightarrow 0,04 \cdot V_B + 0,02 \cdot 3 \cdot V_B = c_\Delta \cdot (V_B + V_\Gamma) \Rightarrow 0,1 \cdot V_B = c_\Delta \cdot (V_B + 3 \cdot V_B) \Rightarrow c_\Delta = 0,025 \text{ M}$$

Η συγκέντρωση του KMnO_4 στο Δ4 είναι ίση με 0,025 M.

δ) Για τα mol του HCl ισχύουν τα ακόλουθα:

$$n_{\text{HCl}} = c \cdot V = 0,1 \cdot 0,5 \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$$



Άρα για κάθε 2 mol KMnO_4 απαιτούνται 10 mol HCl

Άρα για x mol KMnO_4 απαιτούνται $0,05$ mol HCl

$$2 \cdot 0,05 = x \cdot 10 \Rightarrow x = 0,01$$

Επομένως απαιτούνται $0,01$ mol KMnO_4 .

Για το KMnO_4 ισχύουν τα ακόλουθα:

$$V = \frac{n}{c} = \frac{0,01}{0,025} \text{ L} = 0,4 \text{ L} \text{ ή } 400 \text{ mL}$$

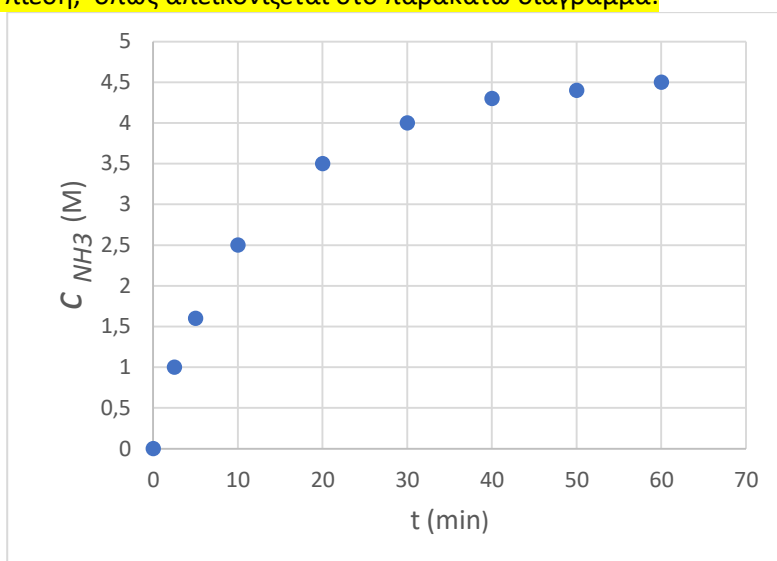
Άρα απαιτούνται 400 mL από το διάλυμα Δ για την πλήρη οξείδωση του HCl του διαλύματος Α.

ε) Στην αντίδραση (1) ο Α.Ο. του Cl στα αντιδρώντα δηλαδή στο HCl είναι -1. Ο Α.Ο. του Cl στα προϊόντα είναι 0. Επομένως, το Cl παθαίνει οξείδωση προκαλώντας έτσι αναγωγή, άρα είναι η αναγωγική ουσία (αναγωγικό) στην αντίδραση (1). Άρα η συνολική μεταβολή του Α.Ο. του Cl στην αντίδραση είναι ίση με $10 \cdot (0 - (-1)) = 10$.

Θέμα 4° 31788 (3° 4° 5°)

Στην αντίδραση που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση:

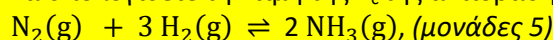
$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$, η συγκέντρωση της αμμωνίας (NH_3) μεταβάλλεται, σε σταθερή θερμοκρασία και πίεση, όπως απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



α) Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του διαγράμματος, να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης ($v_{αντ.}$), από την έναρξη μέχρι την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας, σε M/h. (μον.6)

β) Σε δοχείο όγκου 1 L υπάρχουν σε χημική ισορροπία 2 mol H_2 , 6 mol N_2 και 4 mol NH_3 .

i. Να υπολογίσετε την τιμή της K_c της αντίδρασης:



ii. Να προβλέψετε αν η ποσότητα της NH_3 θα αυξηθεί, θα μειωθεί ή θα παραμείνει σταθερή, όταν διπλασιαστεί ο όγκος του δοχείου σε σταθερή θερμοκρασία (μονάδα 1) και να αιτιολογήσετε την πρόβλεψή σας (μονάδες 5)

γ) 10 mL ρυθμιστικού διαλύματος $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ που περιέχει μικρή ποσότητα κατάλληλου δείκτη Α, ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα HCl $0,5$ M. Μετά από προσθήκη ακριβώς 10 mL του προτύπου διαλύματος HCl παρατηρείται η αλλαγή του χρώματος του διαλύματος.

Άλλα 10 mL του ίδιου ρυθμιστικού διαλύματος ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα NaOH $0,5$ M παρουσία κατάλληλου δείκτη Β. Η αλλαγή χρώματος του διαλύματος παρατηρείται μετά από προσθήκη ακριβώς 20 mL του προτύπου διαλύματος NaOH .

Να υπολογίσετε τις συγκεντρώσεις των συστατικών του ρυθμιστικού διαλύματος. (μονάδες 8)

Δίνονται ότι για το ερώτημα γ) όλα τα υδατικά διαλύματα βρίσκονται στους 25 °C, όπου $K_{b,\text{NH}_3} = 2 \cdot 10^{-5}$ M, $K_w = 10^{-14}$ M² και τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Όπως φαίνεται στο διάγραμμα σε 60 min (1 h), έχει αποκατασταθεί χημική ισορροπία.

$$v_{\text{μέση}} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4,5 \text{ M} - 0 \text{ M}}{1 \text{ h}} = 2,25 \text{ M} \cdot \text{h}^{-1}$$

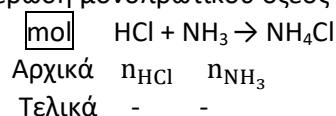
β) i. $[\text{N}_2] = \frac{6 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 6 \text{ M}$, $[\text{H}_2] = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ M}$, $[\text{NH}_3] = \frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 4 \text{ M}$

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{16 \text{ M}^2}{6 \text{ M} \cdot 2^3 \cdot \text{M}^3} = \frac{1}{3} \text{ M}^{-2}$$

Η τιμή της K_c είναι $1/3 \text{ M}^{-2}$.

ii. Αν διπλασιαστεί ο όγκος του δοχείου σε σταθερή θερμοκρασία η ποσότητα της NH_3 θα μειωθεί. Διπλασιάζοντας τον όγκο του δοχείου σε σταθερή θερμοκρασία, η πίεση στο δοχείο υποδιπλασιάζεται. Σύμφωνα με την αρχή Le Chatelier η μείωση της πίεσης μετατοπίζει την αντίδραση προς την κατεύθυνση που σχηματίζονται περισσότερα mol αερίων, δηλαδή προς τα αριστερά. Συνεπώς η ποσότητα της NH_3 θα **μειωθεί**.

γ) Κατά την 1^η ογκομέτρηση του ρυθμιστικού διαλύματος με το πρότυπο διάλυμα HCl προσδιορίζεται η συγκέντρωση της NH_3 . Έστω V_{HCl} ο όγκος του προτύπου διαλύματος HCl που καταναλώθηκε μέχρι το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης (αλλαγή χρώματος του δείκτη A). Πρόκειται για εξουδετέρωση μονοπρωτικού οξέος με μονοπρωτική βάση.



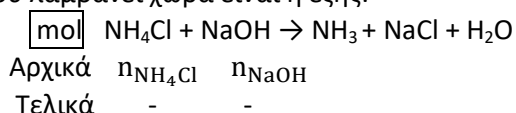
Επομένως, στο ισοδύναμο σημείο ισχύει:

$$n_{\text{NH}_3} = n_{\text{HCl}} \Rightarrow c_{\text{NH}_3} \cdot V_{\text{PD}} = n_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \Rightarrow c_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{PD}}} = \frac{0,5 \text{ M} \cdot 0,01 \text{ L}}{0,01 \text{ L}} = 0,5 \text{ M}$$

Άρα, η συγκέντρωση της NH_3 στο ρυθμιστικό διάλυμα είναι 0,5 M.

Κατά τη 2^η ογκομέτρηση του ρυθμιστικού διαλύματος με το πρότυπο διάλυμα NaOH προσδιορίζεται η συγκέντρωση του NH_4Cl . Έστω V_{NaOH} ο όγκος του προτύπου διαλύματος NaOH που καταναλώθηκε μέχρι το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης (αλλαγή χρώματος του δείκτη B).

Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι η εξής:



Στο ισοδύναμο σημείο ισχύει:

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = n_{\text{NaOH}} \Rightarrow c_{\text{NH}_4\text{Cl}} \cdot V_{\text{PD}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \Rightarrow c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{n_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}}{V_{\text{PD}}} \Rightarrow c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{0,5 \text{ M} \cdot 0,02 \text{ L}}{0,01 \text{ L}} = 1 \text{ M}$$

Επομένως η συγκέντρωση του NH_4Cl στο ρυθμιστικό διάλυμα είναι 1 M.

Θέμα 4^ο 35320 (5^ο 7^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.

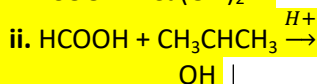
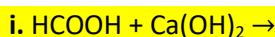
Η συγκέντρωση των οξωνίων στο διάλυμα Δ1 βρέθηκε διπλάσια από τη συγκέντρωση των οξωνίων στο διάλυμα Δ2, δηλαδή $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\Delta 1} = 2[\text{H}_3\text{O}^+]_{\Delta 2}$.

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

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

Δίνεται ότι $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\Delta 1} = 2[\text{H}_3\text{O}^+]_{\Delta 2} \Rightarrow x = 2y \quad (3)$

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 HB στο αραιωμένο διάλυμα Δ3. Οι βαθμοί ιοντισμού των δύο οξέων HA και HB στα διαλύματα Δ1 και Δ3 αντίστοιχα πρέπει να είναι ίδιοι, άρα:

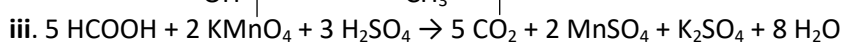
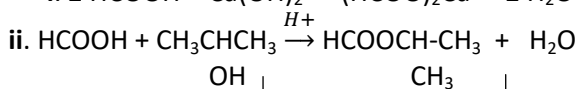
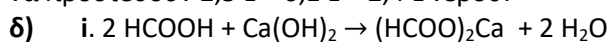
$$\frac{\alpha_{HA,\Delta 1}}{\alpha_{HB,\Delta 3}} = 1 \Rightarrow \frac{\sqrt{\frac{K_{a,HA}}{0,4 M}}}{\sqrt{\frac{K_{a,HB}}{c}}} = 1 \Rightarrow \frac{\frac{K_{a,HA}}{0,4 M}}{\frac{K_{a,HB}}{c}} = 1 \Rightarrow \frac{10 \cdot K_{a,HB} \cdot c}{K_{a,HB} \cdot 0,4 M} = 1 \Rightarrow c = 0,04 M$$

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

Για την αραιώση ισχύει:

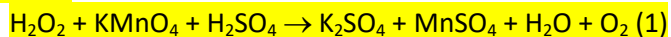
$$c_{\text{αρχ.}} \cdot V_{\text{αρχ.}} = c_{\text{τελ.}} \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow 1 M \cdot 0,1 L = 0,04 M \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow V_{\text{τελ.}} = 2,5 L.$$

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



Θέμα 4° 36134 (5° 1βο)

4.1 Το δραστικό συστατικό σε πολλά υγρά που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση λεκέδων από υφάσματα είναι το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2). Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ενός καθαριστικού λεκέδων σε H_2O_2 , 5 mL από το υγρό καθαρισμού μεταφέρθηκαν σε ογκομετρική φιάλη 100 mL και προστέθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή (διάλυμα Δ1). Σε 20 mL από το υδατικό διάλυμα Δ1 προστέθηκε σταδιακά διάλυμα 0,03 M υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) οξεισιμένο με θειικό οξύ (H_2SO_4). Η αντίδραση που πραγματοποιήθηκε περιγράφεται με τη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση (1). Για την πλήρη αντίδραση του H_2O_2 χρησιμοποιήθηκαν 20 mL του διαλύματος του KMnO_4 .



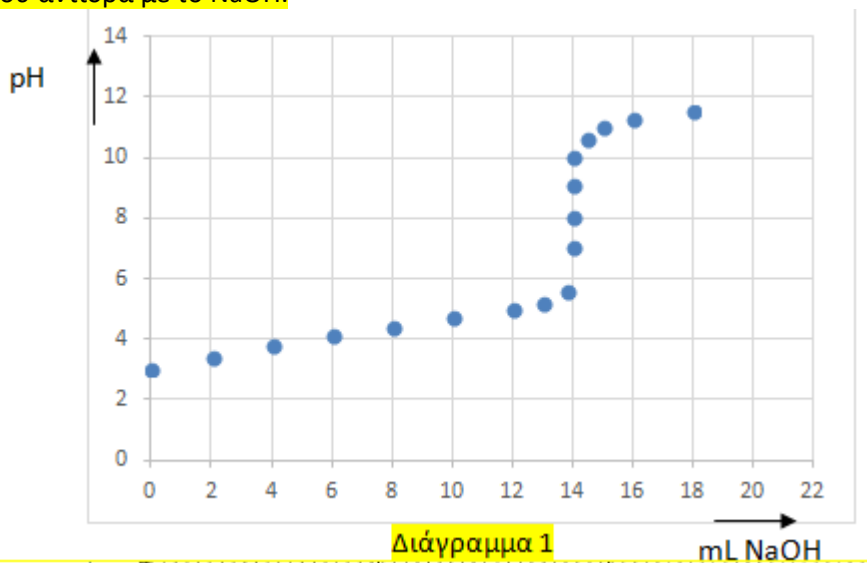
α) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην παραπάνω εξίσωση ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 3)

β) Να υπολογίσετε την περιεκτικότητα % w/v του υγρού καθαρισμού σε H_2O_2 . (μονάδες 9)

Δίνονται $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{H}) = 1$.

Μονάδες 12

4.2 Σε ένα κουτί δισκίων βιταμίνης C αναγράφεται ότι η ποσότητα του ασκορβικού οξέος (HA) σε κάθε δισκίο είναι 500 mg (0,5 g). Για τον έλεγχο της ένδειξης, ένα δισκίο βιταμίνης C διαλύεται σε ογκομετρική φιάλη των 200 mL και προστίθεται νερό μέχρι τη χαραγή, οπότε λαμβάνεται το υδατικό διάλυμα Δ1. 10 mL του διαλύματος Δ1 ογκομετρούνται, στους 25 °C, με υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0,01 M. Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με τον όγκο του διαλύματος NaOH που προστίθεται απεικονίζεται στο Διάγραμμα 1. Το ασκορβικό οξύ συμπεριφέρεται ως ασθενές οξύ και θεωρούμε ότι είναι το μόνο συστατικό του δισκίου βιταμίνης C που αντιδρά με το NaOH .



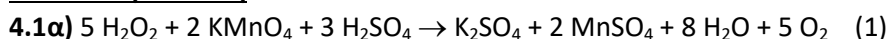
α) Να επιλέξετε έναν δείκτη από τον πίνακα 1 ως κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί για την ογκομέτρηση. (μονάδες 1) Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας. (μονάδες 4)

Πίνακας 1

Δείκτης	$\text{pK}_{\text{αδείκτη}}$
Ηλιανθίνη	3,47
Πράσινο της βρωμοκρεσόλης	4,9
Ερυθρό της κρεσόλης	8,46

β) Με τη βοήθεια του Διαγράμματος 1 να προσδιορίσετε τη μάζα του ασκορβικού οξέος στο δισκίο της βιταμίνης C. (μονάδες 8) Δίνεται $M_r(\text{HA}) = 176$.

Μονάδες 13

Ενδεικτική επίλυση

β) Τα mol του KMnO_4 που αντέδρασαν είναι $n = c \cdot V = 0,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
Από τη χημική εξίσωση της αντίδρασης (1) συνεπάγεται ότι:

5 mol H₂O₂ αντιδρούν με 2 mol KMnO₄
 $x \text{ mol H}_2\text{O}_2 \text{ αντιδρούν με } 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol KMnO}_4$
 $5 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 2x \Rightarrow x = 1,5 \cdot 10^{-3}$

Άρα, σε όγκο 20 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται $1,5 \cdot 10^{-3}$ mol H₂O₂

Σε 100 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται γ mol H₂O₂

$$20 \cdot \gamma = 100 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \gamma = 7,5 \cdot 10^{-3}$$

Επομένως στα 100 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται $7,5 \cdot 10^{-3}$ mol H₂O₂.

Στα 100 mL του διαλύματος Δ1 περιέρχονται 5 mL από το υγρό καθαρισμού.

Επομένως, στα 5 mL υγρού καθαρισμού περιέχονται $7,5 \cdot 10^{-3}$ mol H₂O₂.

Στα 100 mL υγρού καθαρισμού περιέχονται z mol H₂O₂

$$5 \cdot z = 100 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow z = 0,15$$

Επομένως στα 100 mL υγρού καθαρισμού περιέχονται 0,15 mol H₂O₂

Για το H₂O₂: $M_r = 2 \cdot A_r(\text{H}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 34$

Άρα το 1 mol H₂O₂ ζυγίζει 34 g. Επομένως τα 0,15 mol H₂O₂ ζυγίζουν:

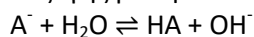
$$m = 0,15 \cdot 34 \text{ g} = 5,1 \text{ g.}$$

Η ποσότητα αυτή του H₂O₂ περιέχεται σε 100 mL υγρού καθαρισμού. Επομένως η % w / v περιεκτικότητα του υγρού καθαρισμού σε H₂O₂ είναι 5,1 % w / v.

4.2α) AH + NaOH → NaA + H₂O

Στο ισοδύναμο σημείο: NaA → Na⁺ + A⁻

Το Na⁺ δεν αντιδρά με το νερό διότι είναι προέρχεται από την ισχυρή βάση NaOH. Το A⁻ είναι η συζυγής βάση του ασθενούς οξέος HA και επομένως αντιδρά με το νερό.



Οπότε στο ισοδύναμο σημείο το pH > 7. Με δεδομένο ότι ένας δείκτης θεωρείται κατάλληλος για ογκομέτρηση σε περιοχές pH μεταξύ $pK_{\text{δείκτη}} - 1$ και $pK_{\text{δείκτη}} + 1$, κατάλληλος δείκτης είναι το ερυθρό της κρεσόλης.

β) Από το διάγραμμα 1 φαίνεται ότι στο ισοδύναμο σημείο προστέθηκε διάλυμα NaOH όγκου V = 14 mL.

Επομένως στο ισοδύναμο σημείο: mol NaOH = mol HA = $c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 0,01 \cdot 14 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
 $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol HA}$ περιέχονται σε 10 mL διαλύματος Δ1

x mol HA περιέχονται σε 200 mL διαλύματος Δ1

$$10 \cdot x = 200 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow x = 2,8 \cdot 10^{-3}$$

Επομένως στα 200 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται $2,8 \cdot 10^{-3}$ mol HA.

Στα 200 mL διαλύματος Δ1 έχει διαλυθεί ένα δισκίο βιταμίνης C. Επομένως σε ένα δισκίο βιταμίνης C περιέχονται $2,8 \cdot 10^{-3}$ mol HA.

Για το HA: $M_r = 176$

Άρα το 1 mol HA ζυγίζει 176 g. Επομένως τα $2,8 \cdot 10^{-3}$ mol HA ζυγίζουν:

$$m = 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 176 \text{ g} = 492,8 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 492,8 \text{ mg}$$

Άρα η μάζα του ασκορβικού οξέος προσδιορίστηκε ίση με 492,8mg σε ένα δισκίο της βιταμίνης C που ζυγίζει 500 mg.

Θέμα 4^ο 36135 (5^ο 1^ο β)

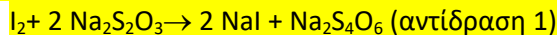
4.1 Διαθέτουμε τρεις φιάλες Α Β και Γ των οποίων οι ετικέτες έχουν καταστραφεί. Γνωρίζουμε ότι η καθεμία από αυτές περιέχει ένα από τα παρακάτω διαλύματα: υδατικό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος (HCl) συγκέντρωσης $c = 10^{-3} \text{ M}$, υδατικό διάλυμα οξικού οξέος (CH₃COOH) ίδιας συγκέντρωσης και υδατικό διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου (NH₄Cl) ίδιας συγκέντρωσης. Σε δείγμα της φιάλης Α το pH μετρήθηκε ίσο με 4, σε δείγμα από τη φιάλη Β το pH μετρήθηκε ίσο με 3 και σε δείγμα από τη φιάλη Γ το pH μετρήθηκε ίσο με 6. Να προσδιορίσετε το περιεχόμενο της κάθε φιάλης (μονάδες 3) και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 9).

Όλα τα διαλύματα είναι σε θερμοκρασία 25 °C, όπου $K_w = 10^{-14}$, και ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις.

Δίνονται: $K_{a,CH_3COOH} = 10^{-5} \text{ M}$, $K_{b,NH_3} = 10^{-5} \text{ M}$

Μονάδες 12

4.2 Ορισμένα από τα αντιδοτα για δηλητηρίαση από κυανιούχες ενώσεις περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων και φιαλίδια που περιέχουν 100 mL υδατικού διαλύματος θειοθειικού νατρίου ($Na_2S_2O_3$) (διάλυμα Δ1). Ο προσδιορισμός του $Na_2S_2O_3$ στο διάλυμα Δ1 στηρίζεται στην αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση:



α) Να προσδιορίσετε εάν το ιώδιο (I_2) στην παραπάνω αντίδραση δρα ως οξειδωτικό ή αναγωγικό. (μονάδα 1)

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (μονάδες 3)

β) Για τον προσδιορισμό του $Na_2S_2O_3$ στο διάλυμα Δ1 λαμβάνονται 10 mL του Δ1 και αραιώνονται σε τελικό όγκο $V = 50 \text{ mL}$ (διάλυμα Δ2). Στο διάλυμα Δ2 προστίθεται υδατικό διάλυμα ιωδίου (I_2) οπότε λαμβάνει χώρα η αντίδραση 1.

Για την πλήρη αντίδραση του $Na_2S_2O_3$ καταναλώθηκαν 19 mL διαλύματος I_2 0,01 M.

Να υπολογίσετε την περιεκτικότητα % w / v του αρχικού διαλύματος Δ1 σε $Na_2S_2O_3$. (μονάδες 9)

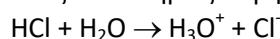
Δίνονται: $A_r(Na) = 23$, $A_r(O) = 16$, $A_r(S) = 32$

Μονάδες 13

Ενδεικτική επίλυση

4.1 Περίπτωση 1:

Το HCl είναι ισχυρό οξύ και επομένως ιοντίζεται πλήρως σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



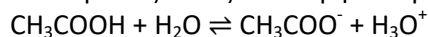
Επομένως το pH του διαλύματος HCl είναι:

$$pH_1 = -\log[H_3O^+]_1 = -\log[c_{HCl}] = -\log[10^{-3}] = 3$$

Επομένως η φιάλη Β περιέχει υδατικό διάλυμα HCl.

Περίπτωση 2:

Το CH_3COOH είναι ασθενές οξύ και επομένως ιοντίζεται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



M	$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$			
αρχικά	10^{-3}			
αντιδρούν	x			
παράγονται			x	x
ιοντική ισορροπία	$10^{-3}-x$		x	x

$$K_{a,CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow K_{a,CH_3COOH} = \frac{x^2}{10^{-3} - x} \text{ M} \Rightarrow K_{a,CH_3COOH} \approx \frac{x^2}{10^{-3}} \text{ M}$$

Επομένως $x^2 = 10^{-5} \cdot 10^{-3} \Rightarrow x = 10^{-4} \Rightarrow [H_3O^+]_2 = 10^{-4} \text{ M}$

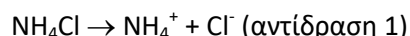
Επομένως το pH του διαλύματος CH_3COOH είναι:

$$pH_2 = -\log[H_3O^+]_2 = -\log[10^{-4}] = 4$$

Επομένως η φιάλη Α περιέχει υδατικό διάλυμα CH_3COOH .

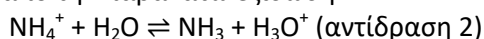
Περίπτωση 3:

Σε υδατικό διάλυμα το NH_4Cl δίσταται σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από την εξίσωση:



Το Cl^- επειδή προέρχεται από το ισχυρό οξύ HCl δεν αντιδρά με το νερό.

Το NH_4^+ επειδή είναι το συζυγές οξύ της ασθενούς βάσης NH_3 αντιδρά με το νερό σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:



Για την αντίδραση 1:

M	$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$
---	------------------------------------

αρχικά	10^{-3}		
αντιδρούν	10^{-3}		
παράγονται		10^{-3}	10^{-3}

Για την αντίδραση 2:

M	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$		
αρχικά	10^{-3}		
αντιδρούν	y		
παράγονται		y	y
ιοντική ισορροπία	$10^{-3}-y$	y	y

$$K_{a,\text{NH}_3} = K_{a_2}$$

$$K_{a_2} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow K_{a_2} = \frac{y^2}{10^{-3} - y} \text{ M} \Rightarrow K_{a_2} \approx \frac{y^2}{10^{-3}} \text{ M}$$

$$K_{a_2} = \frac{K_w}{K_{b,\text{NH}_3}} \Rightarrow K_{a_2} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} \text{ M} \Rightarrow K_{a_2} = 10^{-9} \text{ M}$$

Επομένως:

$$y^2 = 10^{-9} \cdot 10^{-3} \Rightarrow y = 10^{-6}$$

Άρα $[\text{H}_3\text{O}^+]_3 = 10^{-6} \text{ M}$.

Επομένως το pH του διαλύματος NH_4Cl είναι:

$$\text{pH}_3 = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_3 = -\log 10^{-6} = 6$$

Επομένως η φιάλη Γ περιέχει υδατικό διάλυμα NH_4Cl .

Συνολικά, με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα:

Στη φιάλη **A** περιέχεται υδατικό διάλυμα CH_3COOH .

Στη φιάλη **B** περιέχεται υδατικό διάλυμα HCl .

Στη φιάλη **Γ** περιέχεται υδατικό διάλυμα NH_4Cl .

4.2

α) Έστω ότι ο **A.O.** του I είναι x στην ένωση NaI οπότε ισχύει $x \cdot (+1) + x = 0 \Rightarrow x = -1$

Το I στα αντιδρώντα είναι σε ελεύθερη κατάσταση και επομένως έχει A.O. $y = 0$.

Επομένως το I ανάγεται και άρα δρα ως οξειδωτικό.

β) Τα mol του I_2 που αντέδρασαν είναι: $n_1 = c \cdot V = 0,01 \cdot 19 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

Από τη χημική εξίσωση 1 συνάγεται ότι:

1 mol I_2 αντιδρά με 2 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol I}_2$ αντιδρούν με x mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$$x = 2 \cdot 1,9 \cdot 10^{-4} \Rightarrow x = 3,8 \cdot 10^{-4}$$

Επομένως στο διάλυμα Δ2 περιέχονται $3,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Τα $3,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ περιέχονται σε 10 mL διαλύματος Δ1

$y \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ περιέχονται σε 100 mL διαλύματος Δ1

$$10 \cdot y = 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \Rightarrow y = 3,8 \cdot 10^{-3}$$

Επομένως στο αρχικό διάλυμα Δ1 περιέχονται $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Για το $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$: $M_r = 2 \cdot A_r(\text{Na}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) + 2 \cdot A_r(\text{S}) = 1 \cdot 23 + 3 \cdot 16 + 2 \cdot 32 = 158$

Άρα το 1 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ζυγίζει 158 g. Επομένως τα $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ζυγίζουν:

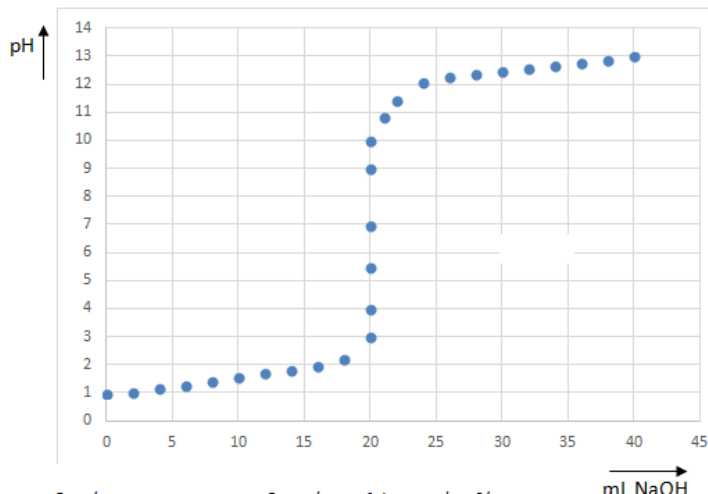
$$m = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 158 \text{ g} = 0,6004 \text{ g} \approx 0,6 \text{ g}$$

Η μάζα αυτή περιέχεται σε 100 mL Δ1 επομένως η περιεκτικότητα % w / v του αρχικού διαλύματος Δ1 σε $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ είναι 0,6 % w / v.

Θέμα 4° 36136 (5° 7°)

4.1 Το σουλφαμικό οξύ ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$), είναι μονοπρωτικό οξύ του τύπου HA και χρησιμοποιείται, σε μορφή άσπρης σκόνης, για την απομάκρυνση των αλάτων από τις καφετιέρες.

α) Αδειάζουμε το περιεχόμενο από ένα φακελάκι που στην ετικέτα του γράφει ότι περιέχει 1 g σουλφαμικού οξέος, σε ογκομετρική φιάλη όγκου 100 mL και συμπληρώνουμε με νερό μέχρι τη χαραγή (Διάλυμα Δ1). Ογκομετρούμε 20 mL από το Δ1 με διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) συγκέντρωσης 0,1 M και λαμβάνουμε το παρακάτω διάγραμμα ογκομέτρησης.



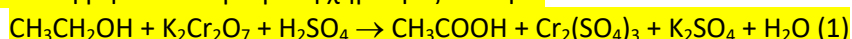
Να προσδιορίσετε τα g του καθαρού σουλφαμικού οξέος που περιέχονταν στο φακελάκι γνωρίζοντας ότι οι προσμίξεις δεν αντιδρούν με το υδροξείδιο του νατρίου. (μονάδες 8)

Δίνονται: $A_r(N) = 14$, $A_r(O) = 16$, $A_r(H) = 1$, $A_r(S) = 32$

β) Χρησιμοποιώντας δεδομένα από το διάγραμμα της ογκομέτρησης, να προσδιορίσετε εάν το σουλφαμικό οξύ είναι ισχυρό ή ασθενές οξύ. (μονάδες 4)

Μονάδες 12

4.2 Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ενός αλκοολούχου ποτού σε αιθανόλη, 20 mL του αλκοολούχου ποτού μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη του 1 L και αραιώνονται με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή (διάλυμα Δ1). 1 mL από το αραιωμένο διάλυμα Δ1 μεταφέρεται σε κωνική φιάλη και προστίθενται σε αυτή 25 mL διαλύματος 0,01 M διχρωμικού καλίου ($K_2Cr_2O_7$) οξιμισμένου με θειικό οξύ (H_2SO_4). Η φιάλη πωματίζεται και θερμαίνεται μέχρι να ολοκληρωθεί η αντίδραση που περιγράφεται από τη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση 1.



Μετά το τέλος της αντίδρασης προσδιορίστηκε ότι $1,6 \cdot 10^{-4}$ mol διχρωμικού καλίου δεν αντέδρασαν.

α) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην παραπάνω εξίσωση ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 4)

β) Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση (M) του αλκοολούχου ποτού σε αιθανόλη. (μονάδες 9)

Μονάδες 13

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α) Από το διάγραμμα 1 φαίνεται ότι στο ισοδύναμο σημείο προστέθηκε διάλυμα NaOH όγκου $V = 20$ mL.

Επομένως στο ισοδύναμο σημείο: $\text{mol NaOH} = \text{mol HA} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \text{ mol} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$2 \cdot 10^{-3} \text{ mol HA}$ περιέχονται σε 20 mL διαλύματος Δ1

$x \text{ mol HA}$ περιέχονται σε 100 mL διαλύματος Δ1

$$20 \cdot x = 100 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow x = 10^{-2}$$

Επομένως στα 100 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται 10^{-2} mol HA .

Για το HA: $M_r = 1 \cdot A_r(N) + 3 \cdot A_r(H) + 3 \cdot A_r(O) + 1 \cdot A_r(S) = 1 \cdot 14 + 3 \cdot 1 + 3 \cdot 16 + 1 \cdot 32 = 97$

Άρα το 1 mol HA ζυγίζει 97 g. Επομένως τα 10^{-2} mol HA ζυγίζουν:

$$m = 10^{-2} \cdot 97 \text{ g} = 0,97 \text{ g}$$

Επομένως η μάζα του καθαρού σουλφαμικού οξέος στο φακελάκι είναι 0,97 g.

β) Αφού στα 100 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται 10^{-2} mol HA ,

στα 1000 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται 0,1 mol HA,

Επομένως η συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 είναι 0,1 M.

Από το διάγραμμα ογκομέτρησης συνάγεται ότι το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 1.

$$\text{pH} = -\log[H_3O^+] = 1 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-1} = 0,1 \text{ M}$$

Από τα (1) και (2) συνάγεται ότι το σουλφαμικό οξύ είναι ισχυρό οξύ.

4.2

α) $3 \text{ CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2 \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 8 \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3 \text{ CH}_3\text{COOH} + 2 \text{ Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 2 \text{ K}_2\text{SO}_4 + 11 \text{ H}_2\text{O}$ (1)

β) Τα mol του $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ που προστέθηκαν είναι $n_1 = c \cdot V = 0,01 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

Τα mol του $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ που αντέδρασαν είναι $n_2 = (2,5 \cdot 10^{-4} - 1,6 \cdot 10^{-4}) \text{ mol} = 0,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

Από την ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση (1) συνάγεται ότι:

3 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ αντιδρούν με 2 mol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

γ mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ αντιδρούν με $0,9 \cdot 10^{-4}$ mol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

$$2 \cdot \gamma = 3 \cdot 0,9 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \gamma = 1,35 \cdot 10^{-4}$$

Επομένως στο 1 mL του διαλύματος Δ1 περιέχονται $1,35 \cdot 10^{-4}$ mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, και συνεπώς σε όγκο 1 L = 1000 mL περιέχονται $1,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \text{ mol} = 0,135 \text{ mol}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.

Τα 0,135 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ περιέχονται σε 20 mL αλκοολούχου ποτού

z mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ περιέχονται σε 1000 mL αλκοολούχου ποτού

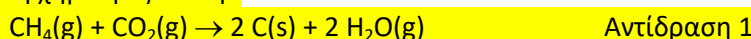
$$20 \cdot z = 0,135 \cdot 1000 \Rightarrow z = 7,85$$

Επομένως η συγκέντρωση του αλκοολούχου ποτού σε αιθανόλη είναι 7,85 M.

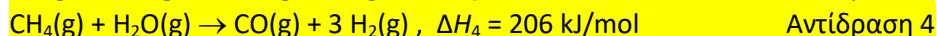
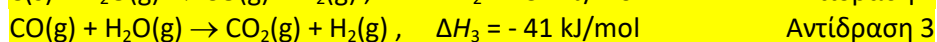
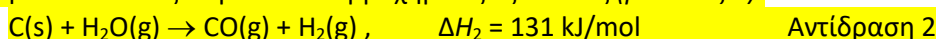
Θέμα 4° 32684 (2° 4°)

Το βιοαέριο είναι μίγμα μεθανίου (CH_4) και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που παράγεται από τη σήψη της βιομάζας και χρησιμοποιείται ως καύσιμο.

α) Παρουσία καταλύτη, μέρος του CH_4 αντιδρά με το CO_2 , σύμφωνα με την αντίδραση 1 που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



Να υπολογίσετε τη μεταβολή ενθαλπίας ΔH_1 της αντίδρασης 1 εάν δίνονται, για τις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, οι μεταβολές ενθαλπίας των αντιδράσεων που περιγράφονται από τις παρακάτω θερμοχημικές εξισώσεις (μονάδες 6):



β) Η μάζα ενός δείγματος βιοαερίου είναι ίση με 54 g. Το CO_2 αντιδρά πλήρως, παρουσία καταλύτη, με ένα μέρος του CH_4 που περιέχεται στο δείγμα, σύμφωνα με την αντίδραση 1 και ελευθερώνονται 7,5 kJ. Να υπολογίσετε τη σύσταση (σε g) του δείγματος βιοαερίου. (μονάδες 8)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{O})=16$.

γ) Μετά το διαχωρισμό ενός άλλου δείγματος βιοαερίου στα συστατικά του, ποσότητα CO_2 διοχετεύεται σε ξεχωριστό δοχείο σταθερού όγκου $V = 5 \text{ L}$ και προστίθεται αέριο H_2 σε θερμοκρασία $\theta \text{ }^\circ\text{C}$. Μετά από λίγο βρίσκονται σε ισορροπία 2,5 mol CO_2 , 1,5 mol H_2 , 1,5 mol CO και 2,5 mol H_2O , σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση:



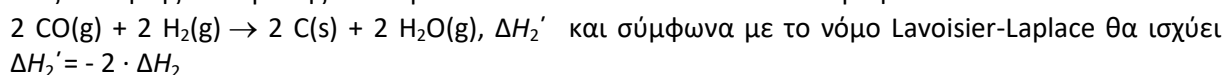
i) Να υπολογίσετε τη σταθερά χημικής ισορροπίας K_c στους $\theta \text{ }^\circ\text{C}$. (μονάδες 3)

ii) Μειώνουμε τη θερμοκρασία, οπότε η συγκέντρωση του H_2 στη νέα ισορροπία θα γίνει 0,5 M. Να εξηγήσετε αν η αντίδραση είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη (μονάδες 3) και να υπολογίσετε τις ποσότητες σε mol των συστατικών στη νέα χημική ισορροπία. (μονάδες 5)

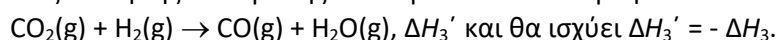
Μονάδες 2**Ενδεικτική επίλυση**

α) Η μεταβολή ενθαλπίας της αντίδρασης 1 θα υπολογιστεί από τις θερμοχημικές εξισώσεις των αντιδράσεων 2, 3, 4 με τις κατάλληλες μετατροπές:

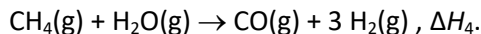
Η εξίσωση της αντίδρασης 2 θα πρέπει να διπλασιαστεί και να αντιστραφεί:



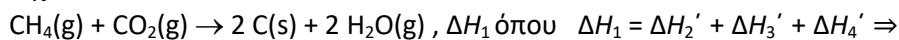
Η εξίσωση της αντίδρασης 3 θα πρέπει να αντιστραφεί:



Η εξίσωση της αντίδρασης 4 θα χρησιμοποιηθεί ως έχει:



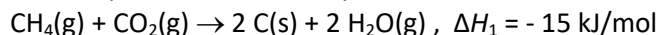
Εάν προσθέσουμε τις τροποποιημένες θερμοχημικές εξισώσεις των αντιδράσεων 2 και 3 με την 4, τότε προκύπτει η θερμοχημική εξίσωση της αντίδρασης 1, και σύμφωνα με τον νόμο του Hess θα ισχύει:



$$\Delta H_1 = -2 \cdot \Delta H_2 - \Delta H_3 + \Delta H_4 \Rightarrow \Delta H_1 = -2 \cdot 131 \text{ kJ/mol} + 41 \text{ kJ/mol} + 206 \text{ kJ/mol} \Rightarrow \Delta H_1 = -15 \text{ kJ/mol}.$$

Επομένως η μεταβολή ενθαλπίας της αντίδρασης 1 είναι $\Delta H_1 = -15 \text{ kJ/mol}$

β) Το CO_2 αντιδρά πλήρως με ένα μέρος του CH_4 που περιέχεται στο δείγμα, σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση της αντίδρασης 1 και ελευθερώνονται 7,5 kJ :



Αναλόγως θα ισχύει:

Από την αντίδραση 1 mol CO_2 ελευθερώνονται 15 kJ

Από την αντίδραση x mol CO_2 ελευθερώνονται 7,5 kJ

$$1 \text{ mol} \cdot 15 \text{ kJ} = x \text{ mol} \cdot 7,5 \text{ kJ} \Rightarrow x = 0,5.$$

Άρα, αντιδρούν 0,5 mol CO_2 για να ελευθερωθούν 7,5 kJ.

$$M_r(\text{CO}_2) = 1 \cdot A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 12 + 2 \cdot 16 = 44.$$

Άρα η μάζα ανά mol του CO_2 είναι ίση με $44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Η μάζα του CO_2 που αντιστοιχεί στα 0,5 mol είναι ίση με:

$$m_{\text{CO}_2} = 0,5 \cdot 44 \text{ g} = 22 \text{ g}.$$

Η μάζα του δείγματος βιοαερίου είναι ίση με 54 g. Επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε τη m_{CH_4} από τη σχέση:

$$m_{\text{βιοαερίου}} = m_{\text{CH}_4} + m_{\text{CO}_2} \Rightarrow m_{\text{CH}_4} = m_{\text{βιοαερίου}} - m_{\text{CO}_2} \Rightarrow m_{\text{CH}_4} = (54 - 22) \text{ g} = 32 \text{ g}.$$

Άρα η σύσταση του μίγματος βιοαερίου είναι 22 g CO_2 και 32 g CH_4 .

γ)

i) Η σταθερά K_c της χημικής ισορροπίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_c = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]} \Rightarrow K_c = \frac{\frac{1,5 \text{ mol}}{5 \text{ L}} \cdot \frac{2,5 \text{ mol}}{5 \text{ L}}}{\frac{2,5 \text{ mol}}{5 \text{ L}} \cdot \frac{1,5 \text{ mol}}{5 \text{ L}}} \Rightarrow K_c = 1$$

Άρα η σταθερά K_c της χημικής ισορροπίας είναι ίση με 1.

ii) Η συγκέντρωση του H_2 στην αρχική χημική ισορροπία είναι ίση με:

$$c_{\text{H}_2} = \frac{1,5 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,3 \text{ M}$$

Αν μειώσουμε τη θερμοκρασία, διατηρώντας σταθερό τον όγκο του δοχείου, η συγκέντρωση του H_2 στη νέα ισορροπία θα γίνει 0,5 M δηλαδή θα αυξηθεί. Αυτό σημαίνει ότι η χημική ισορροπία θα μετατοπιστεί προς τα αριστερά. Η μείωση της θερμοκρασίας ευνοεί τις εξώθερμες αντιδράσεις, σύμφωνα με την αρχή Le Chatelier, άρα η αντίδραση με κατεύθυνση προς τα αριστερά είναι εξώθερμη και επομένως η αντίδραση με κατεύθυνση προς τα δεξιά είναι ενδόθερμη.

Πραγματοποιείται αντίδραση με κατεύθυνση προς τα αριστερά, άρα θα έχουμε:

mol	$\text{CO}_2(\text{g})$	+	$\text{H}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{CO}(\text{g})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
αρχική χημική ισορροπία	2,5		1,5		1,5		2,5
αντιδρούν					z		z
παράγονται	z		z				
νέα χημική ισορροπία	2,5 + z		1,5 + z		1,5 - z		2,5 - z

Στη νέα ισορροπία η συγκέντρωση του H_2 θα γίνει 0,5 M, άρα θα ισχύει:

$$\frac{(1,5 + z) \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,5 \text{ M} \Rightarrow z = 1$$

Επομένως οι ποσότητες σε mol των συστατικών στη νέα χημική ισορροπία θα είναι:

3,5 mol CO₂, 2,5 mol H₂, 0,5 mol CO, 1,5 mol H₂O

Θέμα 4° 34049 (1° β, 5°)

Διαλύματα υποχλωριώδους νατρίου (NaClO) βρίσκουν οικιακές χρήσεις ως απολυμαντικά και λευκαντικά, αλλά χρησιμοποιούνται και για τον έλεγχο της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών σε πισίνες και σε δίκτυα πόσιμου νερού.

α) Να υπολογίσετε τον όγκο υδατικού διαλύματος NaClO με pH = 11 (διάλυμα Δ1) που μπορεί να παρασκευαστεί με τη διάλυση 7,45 g NaClO σε νερό. (μονάδες 8)

β) Διάλυμα νιτρικού οξέος (HNO₃) συγκέντρωσης $c_2 = 10^{-2}$ M (διάλυμα Δ2) προστίθεται σε 44 mL του διαλύματος Δ1 προκειμένου να παρασκευαστεί ρυθμιστικό διάλυμα (HClO / NaClO) που θα έχει pH = 9 (διάλυμα Δ3). Να υπολογίσετε τον όγκο V₂ του διαλύματος Δ2 που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του ρυθμιστικού διαλύματος Δ3. (μονάδες 9)

γ) Η περιεκτικότητα ενός λευκαντικού προϊόντος σε NaClO μπορεί να υπολογιστεί με βάση την ποσότητα του ιωδίου (I₂) που παράγεται από την αντίδραση που περιγράφεται με την ακόλουθη χημική εξίσωση που παρατίθεται χωρίς αριθμητικούς συντελεστές



i. Να ισοσταθμίσετε τη χημική εξίσωση. (μονάδες 2)

ii. Να υπολογίσετε τα συνολικά mol του παραγόμενου ιωδίου όταν αντιδράσει πλήρως, σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση το σύνολο του NaClO που περιέχεται σε 10 g λευκαντικής σκόνης περιεκτικότητας 14,9 % w/w σε NaClO. (μονάδες 6)

Μονάδες 25

Δίνεται $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{Na}) = 23$ και $A_r(\text{Cl}) = 35,5$. Οι διαδικασίες των ερωτημάτων **α)** και **β)** έγιναν σε θερμοκρασία 25 °C, $K_{\text{aHClO}} = 10^{-8}$ M και $K_w = 10^{-14}$ M². Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις

Ενδεικτική επίλυση

α) Η σχετική μοριακή μάζα του NaClO είναι: $M_r(\text{NaClO}) = A_r(\text{Na}) + A_r(\text{O}) + A_r(\text{Cl}) = 23 + 35,5 + 16 = 74,5$. Άρα η μοριακή μάζα του NaClO είναι:

$$M = 74,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Τα mol του NaClO στο διάλυμα Δ1 είναι:

$$n_1 = \frac{m}{M} \Rightarrow n_1 = \frac{7,45 \text{ g}}{74,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \Rightarrow n_1 = 0,1 \text{ mol}$$

Η συγκέντρωση c_1 του NaClO στο διάλυμα Δ1 θα είναι:

$$c_1 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow c_1 = \frac{0,1 \text{ mol}}{V \text{ L}} \quad (1)$$

Με τη διάλυση του NaClO στο νερό πραγματοποιείται διάσπαση, η οποία περιγράφεται με τη χημική εξίσωση $\text{NaClO(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq})$ και οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

c (M)	NaClO(s) →	Na ⁺ (aq) +	ClO ⁻ (aq)
αρχικά	c_1		
αντιδρούν	c_1		
παράγονται		c_1	c_1
τελικά	0	c_1	c_1

Τα ιόντα Na⁺(aq) δεν αντιδρούν με το νερό καθώς προέρχονται από την ισχυρή βάση NaOH, τα ιόντα ClO⁻(aq) αντιδρούν με το νερό. Οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

c (M)	ClO ⁻ (aq) +	H ₂ O(l) ⇌	HClO(aq) +	OH ⁻ (aq)
αρχικά	c_1			
αντιδρούν	x			
παράγονται			x	x

τελικά	$c_1 - x \approx c_1$		x	x
--------	-----------------------	--	---	---

Το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 11 επομένως ισχύει $pOH = 3$ και $[OH^-] = x = 10^{-3} M$.

Για τη σταθερά ιοντικής ισορροπίας του παραπάνω ιοντισμού ισχύει:

$$K_{aHClO} \cdot K_{bClO^-} = K_w \Rightarrow K_{bClO^-} = \frac{K_w}{K_{aHClO}} \Rightarrow K_{bClO^-} = \frac{10^{-14} M^2}{10^{-8} M} \Rightarrow K_{bClO^-} = 10^{-6} M$$

$$K_{bClO^-} = \frac{[HClO] \cdot [OH^-]}{[ClO^-]} \Rightarrow 10^{-6} M = \frac{10^{-3} M \cdot 10^{-3} M}{c_1} \Rightarrow c_1 = 1 M$$

Επομένως η συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 σε NaClO είναι $c_1 = 1 M$.

Άρα, σύμφωνα με την εξίσωση (1) για τον όγκο του διαλύματος Δ1 θα ισχύει:

$$c_1 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow V_1 = \frac{n_1}{c_1} \Rightarrow V_1 = \frac{0,1 \text{ mol}}{1 \frac{\text{mol}}{L}} \Rightarrow V_1 = 0,1 L$$

Επομένως ο όγκος διαλύματος Δ1 που μπορεί να παρασκευαστεί είναι ίσος με 0,1 L ή 100 mL.

β) Με την προσθήκη διαλύματος Δ2 πραγματοποιείται η αντίδραση που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση $NaClO(aq) + HNO_3(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + HClO(aq)$. Προκειμένου το διάλυμα Δ3 να είναι ρυθμιστικό πρέπει σε αυτό να συνυπάρχουν ποσότητες του ασθενούς οξέος HClO και της συζυγούς βάσης NaClO. Επομένως στην αντίδραση πρέπει να εξαντλείται το HNO_3 και να περισσεύει NaClO. Έστω ότι στο διάλυμα Δ1 προστέθηκαν ω mol HNO_3 , ενώ περιέχονται 0,044 mol NaClO ($n = 1 M \cdot 44 \cdot 10^{-3} L = 0,044 \text{ mol}$).

Έστω $V_{\text{τελ}}$ ο όγκος του διαλύματος Δ3. Ισχύει $V_{\text{τελ}} = 0,044 + V_2 L$.

Οι μεταβολές των ποσοτήτων των διαφόρων συστατικών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

mol	$NaClO(aq) + HNO_3(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + HClO(aq)$ (2)			
αρχικά	0,044	ω		
αντιδρούν	ω	ω		
παράγονται			ω	ω
τελικά	$0,044 - \omega$	0	ω	ω

Το διάλυμα Δ3 θα είναι ρυθμιστικό και θα έχει $pH = 9$. Επομένως θα ισχύει η εξίσωση Henderson-Hasselbalch.

$$pH = pK_a + \log \frac{c_{ClO^-}}{c_{HClO}} \Rightarrow 9 = -\log(10^{-8}) + \log \frac{\frac{0,044 - \omega \text{ mol}}{V_{\text{τελ}} L}}{\frac{\omega \text{ mol}}{V_{\text{τελ}} L}} \Rightarrow$$

$$9 = 8 + \log \frac{(0,044 - \omega) \text{ mol}}{\omega \text{ mol}} \Rightarrow 1 = \log \frac{0,044 - \omega \text{ mol}}{\omega \text{ mol}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,044 - \omega = 10\omega \Rightarrow \omega = 0,004 \text{ mol}$$

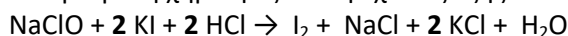
Στο διάλυμα Δ1 θα πρέπει να προστεθούν 0,004 mol HNO_3 , τα οποία περιέχονται σε όγκο V_2 του διαλύματος Δ2 συγκέντρωσης $c_2 = 10^{-2} M$. Επομένως, ο όγκος V_2 του διαλύματος Δ2 που πρέπει να προστεθεί υπολογίζεται από τη σχέση:

$$c_2 = \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{0,004 \text{ mol}}{0,01 \frac{\text{mol}}{L}} \Rightarrow V_2 = 0,4 L$$

Άρα θα πρέπει να προστεθούν 0,4 L διαλύματος Δ2.

γ)

i. Η ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση έχει ως εξής:



ii. Σε 100 g λευκαντικής σκόνης περιέχονται 14,9 g NaClO
στα 10 g λευκαντικής σκόνης περιέχονται x g NaClO

$$x = \frac{14,9 \cdot 10}{100} \Rightarrow x = 1,49$$

Άρα 1,49 g NaClO περιέχονται σε 10 g λευκαντικής σκόνης.

Η μοριακή μάζα του NaClO είναι:

$$M = 74,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Τα mol του NaClO που αντιδρούν είναι:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{1,49 \text{ g}}{74,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \Rightarrow n = 0,02 \text{ mol}$$

Κατά την αντίδραση παράγεται I₂.

Οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

mol	NaClO + 2 KI + 2 HCl → I ₂ + NaCl + 2 KCl + H ₂ O			
αρχικά	0,02			
αντιδρούν	0,02			
παράγονται			0,02	
τελικά	0		0,02	

Επομένως από την αντίδραση παράγονται συνολικά 0,02 mol ιωδίου.

Θέμα 4^ο 24114 (4^ο 5^ο)

Σε κλειστό δοχείο όγκου V προστίθενται 4 g H₂ και 76 g F₂. Το μείγμα θερμαίνεται στους θ °C, οπότε μετά από κάποιον χρόνο αποκαθίσταται η ισορροπία H₂(g) + F₂(g) ⇌ 2 HF(g), η οποία στους θ °C έχει K_c = 4.

α) i. Να βρείτε τη σύσταση του μείγματος σε mol στη Χημική Ισορροπία. (μονάδες 6)

ii. Να υπολογίσετε τα mol του H₂ που πρέπει να προστεθούν στο δοχείο, ώστε η απόδοση της παραπάνω αντίδρασης να φθάσει στο 80%. (μονάδες 6)

β) Ποσότητα 3,2 mol HF διαλύονται σε νερό και προκύπτει διάλυμα με όγκο 3,2 L (διάλυμα Δ1). Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος δεδομένου ότι K_{a,HF} = 10⁻⁴ M. (μονάδες 6)

γ) Σε 550 mL του διαλύματος Δ1 προσθέτουμε 0,5 mol στερεού NaOH και προκύπτει ρυθμιστικό διάλυμα Δ2. Κατά την προσθήκη στερεού NaOH δεν παρατηρήθηκε μεταβολή όγκου του διαλύματος. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ2. (μονάδες 7) **Μονάδες 25**

Δίνεται ότι: - A_r(H) = 1 και A_r(F) = 19.

- Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της αντίδρασης παραγωγής του HF διατηρείται σταθερή.

- Στα υποερωτήματα (β) και (γ), τα διαλύματα βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 °C όπου K_w = 10⁻¹⁴ M² και επιτρέπονται οι γνωστές προσεγγίσεις.

Ενδεικτική επίλυση

α) i. Υπολογίζουμε πρώτα τα mol των αντιδρώντων.

$$n_{\text{H}_2} = \frac{m}{M_r} = \frac{4}{2} \text{ mol} = 2 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{F}_2} = \frac{m}{M_r} = \frac{76}{38} \text{ mol} = 2 \text{ mol.}$$

Γράφουμε τις μεταβολές mol κατά την αντίδραση,

mol	H ₂	+ F ₂	⇌	2 HF
Αρχ.	2	2		
Αντιδρ.	x	x		
Παραγ.				2x
Χ.Ι.	2-x	2-x		2x

με 0 < x < 2.

Από τη σταθερά Χημικής Ισορροπίας, η οποία ως πηλίκο συγκεντρώσεων είναι θετικός αριθμός, έχουμε:

$$K_c = \frac{[\text{HF}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{F}_2]} \Rightarrow 4 = \frac{\frac{n_{\text{HF}}^2}{V^2}}{\frac{n_{\text{H}_2}}{V} \cdot \frac{n_{\text{F}_2}}{V}} \Rightarrow 2^2 = \frac{(2x)^2}{(2-x)^2} \Rightarrow \frac{2x}{2-x} = 2 \Rightarrow x = 1$$

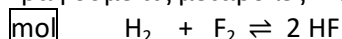
Άρα στη Χημική Ισορροπία έχουμε την ακόλουθη σύσταση:

$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{F}_2} = 1 \text{ mol και } n_{\text{HF}} = 2 \text{ mol.}$$

ii. Είτε η προσθήκη των επιπλέον mol H_2 γίνει στην αρχική κατάσταση είτε στην 1^η Χ.Ι. το αποτέλεσμα δεν αλλάζει.

Έστω ότι προστίθενται ω mol H_2 στην αρχική κατάσταση.

Γράφουμε τις μεταβολές mol κατά την αντίδραση.



Αρχ. $2+\omega$ 2

Αντιδρ. y y

Παραγ. 2y

Χ.Ι. $2+\omega-y$ 2-y 2y

με $0 < y < 2$.

Το H_2 είναι σε περίσσεια, οπότε η απόδοση της αντίδρασης υπολογίζεται από το F_2 , το οποίο μπορεί να αντιδράσει πλήρως.

$$\alpha = \frac{y \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow 0,8 = \frac{y}{2} \Rightarrow y = 1,6.$$

Επομένως, στην ισορροπία. έχουμε την ακόλουθη σύσταση:

$n_{H_2} = 0,4 + \omega$, $n_{F_2} = 0,4$ mol και $n_{HF} = 3,2$ mol.

Από την σταθερά Χημικής Ισορροπίας έχουμε:

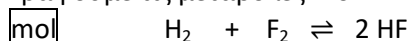
$$K_c = \frac{[HF]^2}{[H_2] \cdot [F_2]} \Rightarrow 4 = \frac{(2 \cdot 1,6)^2}{(0,4 + \omega)(0,4)} \Rightarrow 0,4 + \omega = \frac{3,2^2}{4 \cdot 0,4} = 6,4 \Rightarrow \omega = 6.$$

Άρα πρέπει να προστεθούν στο δοχείο 6 mol H_2 για να φθάσει η απόδοση της Χ.Ι στο 80%.

Εναλλακτικά:

Έστω ότι προστίθενται λ mol H_2 στην Χημική Ισορροπία.

Γράφουμε τις μεταβολές mol.



Αρχικά 2 2 -

1^η Χ.Ι. 1 1 2

Μεταβολή +λ

Αντιδρ. ϕ ϕ

Παραγ. 2 ϕ

2^η Χ.Ι. 1+λ- ϕ 1- ϕ 2+2 ϕ

με $0 < \phi < 1$.

Το H_2 είναι σε περίσσεια, οπότε η απόδοση της αντίδρασης υπολογίζεται από το F_2 , το οποίο μπορεί να αντιδράσει πλήρως. Επίσης, η απόδοση πρέπει να υπολογιστεί με βάση την αρχική ποσότητα F_2 , που ήταν 2 mol.

$$\alpha = \frac{\text{mol } F_2 \text{ που αντέδρασαν συνολικά}}{\text{αρχικά mol } F_2} = \frac{(1 + \phi) \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow 0,8 = \frac{1 + \phi}{2} \Rightarrow \phi = 0,6.$$

Άρα, στη 2^η Χ.Ι. έχουμε την ακόλουθη σύσταση:

$n_{H_2} = 0,4 + \lambda$, $n_{F_2} = 0,4$ mol και $n_{HF} = 3,2$ mol.

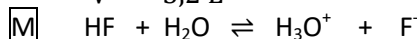
Από την σταθερά Χημικής Ισορροπίας έχουμε:

$$K_c = \frac{[HF]^2}{[H_2] \cdot [F_2]} \Rightarrow 4 = \frac{(3,2)^2}{(0,4 + \lambda)(0,4)} \Rightarrow 0,4 + \lambda = \frac{3,2^2}{4 \cdot 0,4} = 6,4 \Rightarrow \lambda = 6.$$

Άρα πρέπει να προστεθούν στο δοχείο 6 mol H_2 για να φθάσει η απόδοση της αντίδρασης στο 80%.

β) Για το διάλυμα HF έχουμε:

$$c_{HF} = \frac{n}{V} = \frac{3,2 \text{ mol}}{3,2 \text{ L}} = 1 \text{ M.}$$



Αρχ. 1

Α./Π. z z z

Ι.Ι. 1-z z z

Από τη σταθερά ιοντισμού του HF έχουμε:

$$K_{\alpha, \text{HF}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \Rightarrow K_{\alpha, \text{HF}} = \frac{z \text{ M} \cdot z \text{ M}}{(1-z) \text{ M}} \Rightarrow 10^{-4} \approx \frac{z^2}{1} \text{ M} \Rightarrow z = 10^{-2} \text{ M}.$$

$$\text{Άρα } \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log z = -\log 10^{-2} \Rightarrow \text{pH} = 2.$$

Επομένως, το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 2.

γ) Το HF είναι σε περίσσεια αφού προκύπτει ρυθμιστικό διάλυμα.

$$\text{Τα mol του HF είναι } n_{\text{HF}} = c \cdot V = 1 \text{ M} \cdot 0,55 \text{ L} = 0,55 \text{ mol}.$$

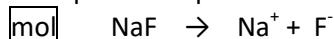
Οπότε για την εξουδετέρωση ισχύει:



$$\text{Αρχ.} \quad 0,55 \quad 0,5$$

$$\text{Τελ.} \quad 0,05 \quad - \quad 0,5$$

Για τη διάσταση του άλατος έχουμε:



$$\text{Αρχ.} \quad 0,5$$

$$\text{Τελ.} \quad - \quad 0,5 \quad 0,5$$

Από τον τύπο των Henderson-Hasselbalch προκύπτει:

$$\text{pH} = \text{p}K_{\alpha, \text{HF}} + \log \frac{[\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \Rightarrow \text{pH} = -\log 10^{-4} + \log \frac{\frac{0,5 \text{ mol}}{0,05 \text{ L}}}{\frac{0,55 \text{ L}}{0,55 \text{ L}}} \Rightarrow \text{pH} = 4 + \log 10 \Rightarrow \text{pH} = 5.$$

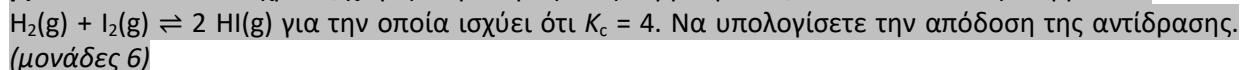
Επομένως, το pH του διαλύματος Δ2 είναι ίσο με 5.

Θέμα 4° 24115 (4° 5°)

Σε κενό δοχείο όγκου $V = 10 \text{ L}$ εισάγονται σε αέρια κατάσταση 4 mol H_2 και 4 mol I_2 . Το σύστημα φέρεται σε σταθερή θερμοκρασία $\theta \text{ }^\circ\text{C}$, οπότε ξεκινά η αντίδραση σχηματισμού αερίου HI.

α) Μετά από χρονικό διάστημα $\Delta t = 1 \text{ min}$ στο δοχείο υπάρχουν $0,6 \text{ mol HI}$. Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης. (μονάδες 6)

β) Μετά από κάποιο χρόνο, χωρίς να μεταβληθεί η θερμοκρασία, αποκαθίσταται η ισορροπία:



γ) $0,3 \text{ mol}$ αερίου HI διαλύονται σε H_2O και τελικά προκύπτει διάλυμα όγκου 3 L (διάλυμα Δ1). Επίσης, στο εργαστήριο διαθέτουμε υδατικό διάλυμα CH_3COOH $0,1 \text{ M}$ (διάλυμα Δ2), το οποίο έχει $\text{pH} = 3$.

i. Να προσδιορίσετε τον όγκο του νερού που πρέπει να προσθέσουμε σε 100 mL του διαλύματος Δ1, ώστε να μεταβληθεί το pH του κατά μία μονάδα. (μονάδες 4)

ii. Να προσδιορίσετε τον όγκο του νερού που πρέπει να προσθέσουμε σε 100 mL του διαλύματος Δ2, ώστε να μεταβληθεί το pH του κατά μία μονάδα. (μονάδες 6)

iii. Να δώσετε μία ποιοτική εξήγηση για την παρατηρούμενη διαφορά στις ποσότητες νερού που απαιτούνται για την ίδια μεταβολή pH στα διαλύματα Δ1 και Δ2. (μονάδες 3)

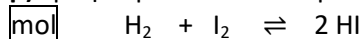
Για το ερώτημα (γ) δίνεται: $K_{a, \text{CH}_3\text{COOH}} = 10^{-5} \text{ M}$, όλα τα διαλύματα βρίσκονται σε θερμοκρασία $25 \text{ }^\circ\text{C}$, όπου $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$ και ότι επιτρέπονται οι γνωστές προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας έχουμε:

$$v_{\mu, 0 \rightarrow 60 \text{ s}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta[\text{HI}]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,6 \text{ mol}}{60 \text{ s}} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}$$

β) Γράφουμε το πινακάκι με τις μεταβολές mol στη Χ.Ι.



$$\text{Αρχ.} \quad 4 \quad 4$$

$$\text{Χ.Ι.} \quad 4-x \quad 4-x \quad 2x$$

Από τη σταθερά Χημικής Ισορροπίας, η οποία ως πηλίκο συγκεντρώσεων είναι θετικός αριθμός, έχουμε:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} \Rightarrow 4 = \frac{\frac{n_{HI}^2}{V^2}}{\frac{n_{H_2}}{V} \cdot \frac{n_{I_2}}{V}} \Rightarrow 2^2 = \frac{(2x)^2}{(4-x)^2} \Rightarrow \frac{4x}{4-x} = 4 \Rightarrow x = 2.$$

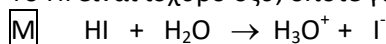
Δεδομένου ότι τα αντιδρώντα είναι σε στοιχειομετρική αναλογία έχουμε:

$$\alpha = \frac{\text{ποσότητα } H_2 \text{ που αντέδρασε}}{\text{ποσότητα } H_2 \text{ που μπορούσε να αντιδράσει}} = \frac{2 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} = 0,5 \text{ (50\%)}$$

γ) i. Υπολογίζουμε τη συγκέντρωση του HI:

$$c_{HI} = \frac{n}{V} = \frac{0,3 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το HI είναι ισχυρό οξύ, οπότε για το διάλυμα Δ1 ισχύει:



Αρχ. 0,1

Τελ. - 0,1 0,1

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log 0,1 = 1.$$

Με την προσθήκη νερού το pH διαλυμάτων οξέων αυξάνεται (τείνοντας προς το 7), οπότε το pH του αραιωμένου διαλύματος Δ1 πρέπει να γίνει 2. Επομένως:

$$pH' = 2 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-2} \Rightarrow [HI]' = 10^{-2} \text{ M (ή } 0,01 \text{ M)}$$

Για την αραιώση ισχύει:

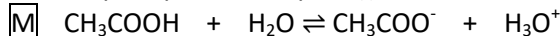
$$c_{\text{αρχ.}} \cdot V_{\text{αρχ.}} = c_{\text{τελ.}} \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow 0,1 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ M} \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow V_{\text{τελ.}} = 1 \text{ L}$$

Άρα πρέπει να προσθέσουμε 900 mL νερού ή πρέπει να αραιώσουμε το διάλυμα μέχρι ο όγκος του να δεκαπλασιαστεί (από 100 mL σε 1.000 mL).

ii. Αντίστοιχα, το pH του αραιωμένου διαλύματος CH_3COOH θα πρέπει να γίνει 4, άρα το διάλυμα Δ2 θα έχει $[H_3O^+] = 10^{-4}$.

Έστω ότι για να επιτευχθεί αυτό αραιώνουμε με νερό μέχρι όγκου $V'_{\text{τελ.}}$ και η συγκέντρωση του αραιωμένου διαλύματος είναι $c'_{\text{τελ.}}$ M.

Για το αραιωμένο διάλυμα ισχύει:



Αρχ. $c'_{\text{τελ.}}$

Ι.Ι. $c'_{\text{τελ.}} \cdot z$ z z

Γνωρίζουμε ότι $z = [H_3O^+] = 10^{-4}$, οπότε από τη σταθερά ιοντισμού της του οξικού οξέος έχουμε:

$$K_{a,CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow$$

$$10^{-5} = \frac{10^{-8}}{c'_{\text{τελ.}} - 10^{-4}} \Rightarrow 10^{-5} \approx \frac{10^{-8}}{c'_{\text{τελ.}}} \Rightarrow c'_{\text{τελ.}} = 10^{-3}$$

Άρα, $c'_{\text{τελ.}} = 0,001 \text{ M}$.

Για την αραιώση ισχύει:

$$c'_{\text{αρχ.}} \cdot V'_{\text{αρχ.}} = c'_{\text{τελ.}} \cdot V'_{\text{τελ.}} \Rightarrow 0,1 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,001 \text{ M} \cdot V'_{\text{τελ.}} \Rightarrow V'_{\text{τελ.}} = 10 \text{ L}$$

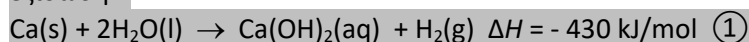
Επομένως πρέπει να προσθέσουμε 9.900 mL νερού ή πρέπει να αραιώσουμε το διάλυμα μέχρι ο όγκος του να εκατονταπλασιαστεί (από 100 mL σε 10.000 mL).

iii. Στα ισχυρά οξέα ο βαθμός ιοντισμού τους είναι σταθερός ($\alpha = 1$), με αποτέλεσμα η μεταβολή της $[H_3O^+]$ να καθορίζεται μόνο από το βαθμό αραιώσης.

Στα ασθενή οξέα η αραιώση από τη μία πλευρά μειώνει τη συγκέντρωση του ασθενούς οξέος άρα και τη $[H_3O^+]$ και από την άλλη αυξάνει το βαθμό ιοντισμού του ασθενούς οξέος άρα αυξάνει τη $[H_3O^+]$. Τα δύο φαινόμενα λειτουργούν σε αντίθετη κατεύθυνση. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια αρκετά περιορισμένη μείωση της $[H_3O^+]$ σε σχέση με τα ισχυρά οξέα. Με άλλα λόγια, για την ίδια μεταβολή στη $[H_3O^+]$ τα ασθενή οξέα πρέπει να υποστούν αρκετά μεγαλύτερη αραιώση από ότι τα ισχυρά οξέα.

Θέμα 4^ο 24201 (2^ο 4^ο 5^ο)

Ορισμένη ποσότητα ασβεστίου Ca(s) αντιδρά πλήρως με νερό, όπως περιγράφεται από την χημική εξίσωση:



Μετά το τέλος της αντίδρασης έχουν παραχθεί και απομονωθεί 1,12 L αερίου H_2 , μετρημένα σε συνθήκες STP και έχει προκύψει υδατικό διάλυμα $Ca(OH)_2$ (διάλυμα Δ1), όγκου 10 L.

α) Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που εκλύεται μέχρι το τέλος της αντίδρασης ① (μονάδες 5)

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

Όλη η ποσότητα του αερίου H_2 που έχει παραχθεί από την αντίδραση ①, εισάγεται με ισομοριακή ποσότητα αερίου $Cl_2(g)$ σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 1 L, οπότε σε ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης αποκαθίσταται η ισορροπία :



γ) Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης παραγωγής HCl , στις συνθήκες που αποκαταστάθηκε η ισορροπία. (μονάδες 7)

δ) Σε 5 L διαλύματος $Ca(OH)_2$ (διάλυμα Δ1) προστίθενται 0,05 mol $HCl(g)$ και προκύπτει διάλυμα Δ2, όγκου 5 L. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ2. (μονάδες 7)

Για τα ερωτήματα **β)** και **δ)** ισχύει ότι θερμοκρασία είναι $25^\circ C$, όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w = 10^{-14} M^2$.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Τα mol του αερίου H_2 που έχουν παραχθεί είναι ίσα με:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{1,12 \text{ L}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,05 \text{ mol}$$

Από τη θερμοχημική εξίσωση $Ca(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2(g) \quad \Delta H = - 430 \text{ kJ/mol}$ ①

προκύπτει ότι όταν παράγεται 1 mol $H_2(g)$ εκλύεται θερμότητα 430 kJ

όταν παράγονται 0,05 mol $H_2(g)$ εκλύεται θερμότητα x kJ

$$\frac{1 \text{ mol}}{0,05 \text{ mol}} = \frac{430 \text{ kJ}}{x \text{ kJ}} \Rightarrow x = 430 \cdot 0,05 = 21,5$$

Επομένως η θερμότητα που εκλύεται μέχρι το τέλος της αντίδρασης είναι 21,5 kJ.

β) Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης:

$Ca(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2(g) \quad \Delta H = - 430 \text{ kJ/mol}$ ① προκύπτει ότι :

$$\frac{n_{Ca(OH)_2}}{n_{H_2}} = \frac{1}{1} \Rightarrow \frac{n_{Ca(OH)_2}}{0,05 \text{ mol}} = \frac{1}{1} \Rightarrow n_{Ca(OH)_2} = 0,05 \text{ mol}$$

Η συγκέντρωση του $Ca(OH)_2$ στο διάλυμα Δ1 είναι :

$$c_{Ca(OH)_2} = c_1 = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Στο διάλυμα συμβαίνει διάσταση του $Ca(OH)_2$.

M	$Ca(OH)_2(aq)$	\rightarrow	$Ca^{2+}(aq)$	$+ 2OH^-(aq)$
αρχικά	$5 \cdot 10^{-3}$			
διάστανται	$5 \cdot 10^{-3}$			
παράγονται			$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
τελικά (διάλυμα Δ1)			$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}

Το εφυδατωμένο ιόν ασβεστίου, $Ca^{2+}(aq)$, δεν αντιδρά με το νερό, διότι είναι συζυγές οξύ της βάσης $Ca(OH)_2$, η οποία είναι ισχυρή σε υδατικά διαλύματα.

Επομένως στο διάλυμα Δ1 : $[OH^-] = 10^{-2} \text{ M} \Rightarrow pOH = 2$.

$pH + pOH = 14 \Rightarrow pH = 12$.

Άρα το pH του διαλύματος Δ1 είναι 12.

γ) Οι μεταβολές που συμβαίνουν κατά την αντίδραση, που καταλήγει σε κατάσταση χημικής ισορροπίας, εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

mol	H_2	$+$	Cl_2	\rightleftharpoons	$2HCl$
αρχικά	0,05		0,05		
αντιδρούν	x		x		
παράγονται					2x
χημική ισορροπία	0,05 - x		0,05 - x		2x

Η απόδοση της αντίδρασης δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{n(\text{HCl}) \text{ που παράγονται πρακτικά}}{n(\text{HCl}) \text{ που θα παράγονταν θεωρητικά}} = \frac{2x}{2 \cdot 0,05} = \frac{2x}{0,1} \quad (1)$$

Από την έκφραση της σταθεράς χημικής ισορροπίας, K_c , προκύπτει:

$$K = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2][\text{Cl}_2]} \Rightarrow 36 = \frac{\left(\frac{2x}{1}\right)^2}{\left(\frac{0,05-x}{1}\right)^2} \Rightarrow 6^2 = \frac{(2x)^2}{(0,05-x)^2} \Rightarrow +6 = \frac{2x}{0,05-x} \Rightarrow$$

$$x = \frac{0,3}{8} = 0,0375$$

Από την (1) $\Rightarrow \alpha = \frac{2 \cdot 0,0375}{0,1} = 0,75$

Άρα η απόδοση της αντίδρασης παραγωγής HCl, στις συνθήκες που αποκαταστάθηκε η ισορροπία, είναι 0,75 ή 75%.

δ) Με την ανάμειξη 5 L του διαλύματος $\text{Ca}(\text{OH})_2$ με το HCl πραγματοποιείται χημική αντίδραση.

Οι αρχικές ποσότητες, σε mol είναι:

του $\text{Ca}(\text{OH})_2$ είναι: $n' = c_1 \cdot V' = 0,005 \text{ M} \cdot 5 \text{ L} = 0,025 \text{ mol}$ και

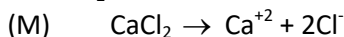
του HCl είναι: $n'' = 0,05 \text{ mol}$.

mol	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$			
αρχικά	0,025	0,05		
αντιδρούν	0,025	0,05		
παράγονται			0,025	
τελικά (διάλυμα Δ2)	-	-	0,025	

Στο διάλυμα Δ2, με όγκο $V_2 = 5 \text{ L}$, περιέχεται CaCl_2 με συγκέντρωση:

$$c_2 = \frac{n_2}{V_2} = \frac{0,025 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,005 \text{ M}$$

- Το CaCl_2 δίσταται:



αρχικά c_2

τελικά $- \quad c_2 \quad 2c_2$

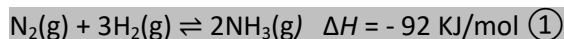
Το $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$, δεν αντιδρά με το νερό.

Τα ιόντα Cl^- δεν αντιδρούν με το νερό, διότι το Cl^- είναι η συζυγής βάση του HCl, το οποίο είναι ισχυρό οξύ σε υδατικά διαλύματα.

Επομένως στο διάλυμα Δ2 ισχύει: $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$, δηλαδή είναι ουδέτερο διάλυμα και έχει $\text{pH} = 7$.

Θέμα 4^ο 24202 (4^ο 5^ο)

Η αμμωνία, NH_3 , βρίσκεται στη φύση και συγχρόνως παράγεται στη χημική βιομηχανία σε ποσότητες εκατομμυρίων τόνων ετησίως, αφού αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή πολλών χημικών προϊόντων, κυρίως των λιπασμάτων. Σήμερα η μεγαλύτερη ποσότητα αμμωνίας παγκοσμίως παράγεται με τη μέθοδο των Haber-Bosch, η οποία περιγράφεται με την παρακάτω θερμοχημική εξίσωση:



Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 5 L εισάγονται 1,5 mol αζώτου $\text{N}_2(\text{g})$ και 2,5 mol υδρογόνου $\text{H}_2(\text{g})$, τα οποία αντιδρούν σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας σύμφωνα με τη χημική εξίσωση (1). Όταν το σύστημα καταλήξει σε χημική ισορροπία, η συγκέντρωση της αμμωνίας $\text{NH}_3(\text{g})$ είναι ίση με 0,2 M.

α) Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που εκλύεται από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση χημικής ισορροπίας. (μονάδες 8)

β) Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης (1). (μονάδες 8)

γ) Όλη η ποσότητα της $\text{NH}_3(\text{g})$ που έχει παραχθεί στην χημική ισορροπία απομονώνεται με κατάλληλο τρόπο από το μίγμα ισορροπίας και διοχετεύεται σε 1 L υδατικού διαλύματος HCl

συγκέντρωσης 1 M. Έτσι προκύπτει το διάλυμα Δ1, όγκου 1 L. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 9)

Οι διαδικασίες του ερωτήματος γ) πραγματοποιούνται σε θερμοκρασία 25 °C, $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$ και $K_{b, \text{NH}_3} = 10^{-5} \text{ M}$. Τα δεδομένα του ερωτήματος γ) επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Στη χημική ισορροπία ισχύει ότι:

$$c(\text{NH}_3) = 0,2 \text{ M} \Rightarrow \frac{n(\text{NH}_3)}{V} = 0,2 \text{ M} \Rightarrow n(\text{NH}_3) = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 5 \text{ L} = 1 \text{ mol}$$

Από τη θερμοχημική εξίσωση: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$

προκύπτει ότι: όταν παράγονται 2 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ εκλύεται θερμότητα 92 kJ

όταν παράγεται 1 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ εκλύεται θερμότητα y kJ

$$\frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = \frac{92 \text{ kJ}}{y \text{ kJ}} \Rightarrow y = 92 \cdot 0,5 = 46$$

Επομένως η θερμότητα που εκλύεται από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση χημικής ισορροπίας είναι 46 kJ.

β) Η απόδοση της αντίδρασης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{n(\text{NH}_3) \text{ που παράγονται}}{n(\text{NH}_3) \text{ που θα παράγονταν θεωρητικά}} \quad (1)$$

Ο υπολογισμός της ποσότητας της NH_3 που θα παράγονταν θεωρητικά υπολογίζεται από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης και με βάση τα αρχικά mol H_2 , αφού το N_2 είναι σε περίσσεια (τα αρχικά 1,5 mol N_2 απαιτούν για πλήρη αντίδραση $3 \times 1,5 \text{ mol} = 4,5 \text{ mol H}_2$, ενώ διατίθενται μόλις 2,5 mol H_2 , άρα το N_2 είναι σε περίσσεια).



Από 3 mol H_2 παράγονται θεωρητικά 2 mol NH_3

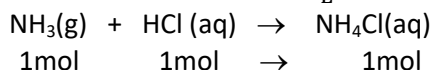
Από 2,5 mol H_2 παράγονται θεωρητικά z mol NH_3

$$\frac{3 \text{ mol}}{2,5 \text{ mol}} = \frac{2 \text{ mol}}{z \text{ mol}} \Rightarrow z = \frac{5}{3}$$

$$\text{Από τη σχέση (1)} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{\frac{5}{3}} = \frac{3}{5} = 0,6$$

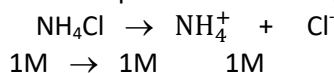
Άρα η απόδοση της αντίδρασης ① είναι 0,6 ή 60%.

γ) $n(\text{NH}_3) = 1 \text{ mol}$ και $n(\text{HCl}) = c \cdot V = 1 \text{ M} \cdot 1 \text{ L} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L} = 1 \text{ mol}$.



Άρα, με τη διοχέτευση της αμμωνίας, $\text{NH}_3(\text{g})$, εξουδετερώνεται πλήρως το υδροχλώριο του διαλύματος, $\text{HCl}(\text{aq})$, και προκύπτει 1 L τελικού διαλύματος NH_4Cl 1M.

Στο τελικό διάλυμα υπάρχουν τα ιόντα που προκύπτουν από τη διάσταση του NH_4Cl .



Τα ιόντα Cl^- δεν αντιδρούν με το νερό, διότι το Cl^- είναι η συζυγής βάση του HCl , το οποίο είναι ισχυρό οξύ σε υδατικά διαλύματα. Τα ιόντα NH_4^+ αντιδρούν με το νερό, όπως φαίνεται στον πίνακα:

M	NH_4^+	+	H_2O	\rightleftharpoons	NH_3	+	H_3O^+
αρχικά	1						
οντίζονται	ω						
παράγονται					ω		ω
οντική ισορροπία	$1 - \omega \approx 1$				ω		ω

Η K_a του NH_4^+ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_{a, \text{NH}_4^+} = \frac{K_w}{K_{b, \text{NH}_3}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-5} \text{ M}} = 10^{-9} \text{ M}$$

Η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_{a,NH_4^+} = \frac{[NH_3] \cdot [H_3O^+]}{[NH_4^+]} \Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = \frac{\omega^2 \text{ M}^2}{1 \text{ M}} \Rightarrow \omega = 10^{-4,5}$$

Άρα η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ είναι ίση με $10^{-4,5} \text{ M}$.

$$\omega \text{ M} = [H_3O^+] = 10^{-4,5} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = -\log [H_3O^+] = 4,5.$$

Επομένως το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 4,5.

Θέμα 4° 24216 (1οβ 4° 5°)

4.1 Σε 100 mL υδατικού διαλύματος H_2SO_4 συγκέντρωσης 5 M, διαλύονται 12,7 g Cu οπότε πραγματοποιείται αντίδραση η οποία περιγράφεται με την παρακάτω μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση: $Cu(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CuSO_4(aq) + SO_2(g) + H_2O(l)$ (1)

- α) i. Να ισοσταθμίσετε την παραπάνω χημική εξίσωση. (μονάδες 2)
ii. Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του αερίου που παράγεται.

Δίνεται: $A_r(Cu) = 63,5$. (μονάδες 4)

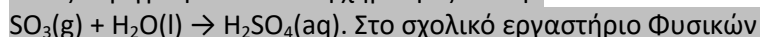
β) Όλη η ποσότητα του αερίου που παράγεται από την παραπάνω αντίδραση μεταφέρεται σε κενό δοχείο, σταθερού όγκου 15 L στους $\theta^\circ C$, στο οποίο υπάρχει ισομοριακή ποσότητα αερίου O_2 . Μετά από χρόνο 10 s αποκαθίσταται η ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη θερμοχημική εξίσωση: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ (2).

Στην κατάσταση ισορροπίας στο δοχείο περιέχονται ισομοριακές ποσότητες SO_2 και SO_3 . Να υπολογίσετε:

- i. τη σταθερά της χημικής ισορροπίας (2), στους $\theta^\circ C$. (μονάδες 6)
ii. τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης (σε μορφή κλάσματος), από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας. (μονάδες 4)

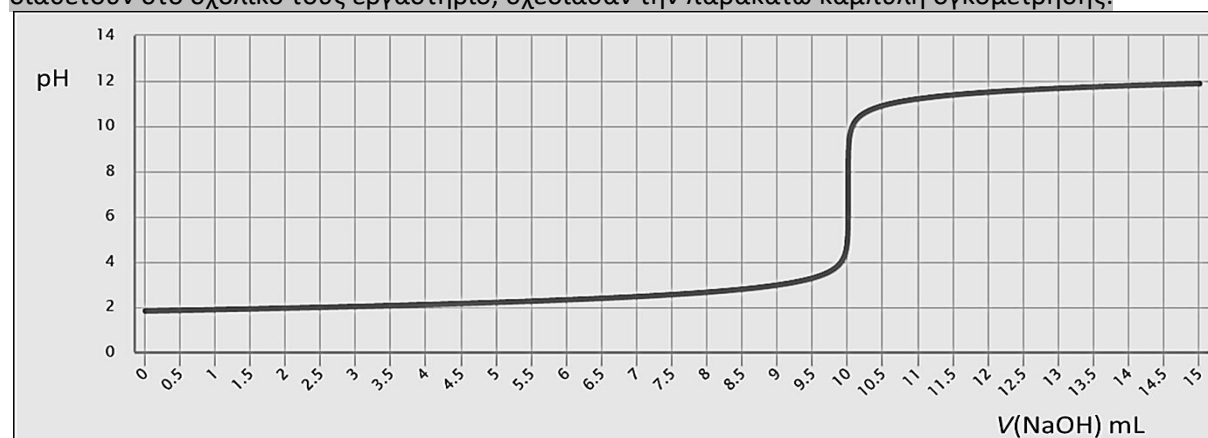
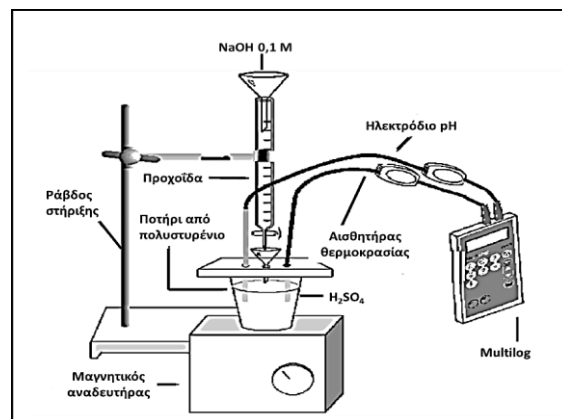
Μονάδες 16

4.2 Το SO_3 είναι ο ανυδρίτης του θεικού οξέος, καθώς αντιδρά όπως περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



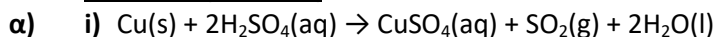
Στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών μια ομάδα μαθητών πραγματοποίησε ένα πείραμα, με σκοπό τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ενός υδατικού διαλύματος H_2SO_4 , χρησιμοποιώντας ως πρότυπο υδατικό διάλυμα NaOH 0,1 M. Μετέφεραν, με τη βοήθεια σιφωνίου

πλήρωσης και πουαρ τριών βαλβίδων, 50 mL του υδατικού διαλύματος H_2SO_4 σε ποτήρι ζέσεως των 250 mL. Με τη βοήθεια της συσκευής MultiLog και των αισθητήρων pH και θερμοκρασίας που διαθέτουν στο σχολικό τους εργαστήριο, σχεδίασαν την παρακάτω καμπύλη ογκομέτρησης.



Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του άγνωστου υδατικού διαλύματος H_2SO_4 . Μονάδες 9

Ενδεικτική επίλυση



ii) Για τον Cu ισχύει ότι: $n = \frac{m}{A_r} = \frac{12,7}{63,5} = 0,2 \text{ mol}$

Για το H_2SO_4 ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,5 \text{ mol}$

mol	Cu(s) + 2H ₂ SO ₄ (aq) → CuSO ₄ (aq) + SO ₂ (g) + 2H ₂ O(l)		
Αρχικά	0,2	0,5	
Αντιδρούν	0,2	0,4	
Παράγονται			0,2 0,2
Τελικά	---	0,1	0,2 0,2

Επομένως η ποσότητα του αερίου SO₂ που παράγεται είναι ίση με 0,2 mol.

β) i)

mol	2SO ₂ (g) + O ₂ (g) ⇌ 2SO ₃ (g)	
Αρχικά	0,2	0,2
Αντιδρούν	2x	x
Παράγονται		2x
Ισορροπία	(0,2-2x)	(0,2-x) 2x

Στη χημική ισορροπία ισχύει ότι: $n(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_3) \Rightarrow 0,2 - 2x = 2x \Rightarrow 0,2 = 4x \Rightarrow x = 0,05$.

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2 M^2}{\left(\frac{0,1-2x}{V}\right)^2 M^2 \cdot \left(\frac{0,3-x}{V}\right) M} = \frac{\left(\frac{0,1}{15}\right)^2}{\left(\frac{0,1}{15}\right)^2 \cdot \left(\frac{0,15}{15}\right) M} = \frac{15}{0,15 M}$$

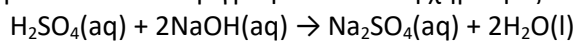
$$\Rightarrow K_c = 100 \text{ M}^{-1}.$$

Οπότε η σταθερά της χημικής ισορροπίας ② στους θ °C είναι ίση με 100 M⁻¹.

$$\text{ii) } v_{\text{μέση}} = \frac{\Delta[\text{SO}_3]}{\Delta t} = \frac{\frac{2x}{15} \text{ M}}{2 \cdot 10 \text{ s}} = \frac{\frac{0,1}{15} \text{ M}}{20 \text{ s}} = \frac{0,1 \text{ M}}{300 \text{ s}} = \frac{1}{3000} \frac{\text{M}}{\text{s}}.$$

Οπότε η μέση ταχύτητα της αντίδρασης από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας είναι ίση με $\frac{1}{3000} \frac{\text{M}}{\text{s}}$.

4.2. Η αντίδραση που πραγματοποιείται περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



Στο ισοδύναμο σημείο το H₂SO₄ έχει αντιδράσει στοιχειομετρικά με το NaOH. Από την καμπύλη ογκομέτρησης παρατηρούμε ότι μέχρι το ισοδύναμο σημείο έχουν χρησιμοποιηθεί 10 mL πρότυπου υδατικού διαλύματος NaOH. Οπότε στο ισοδύναμο σημείο ισχύει ότι:

$$\frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{NaOH})} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)}{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ L}}{0,1 \text{ M} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,01 \text{ M}.$$

Επομένως η συγκέντρωση (c) του υδατικού διαλύματος H₂SO₄ είναι ίση με 0,01 M.

Θέμα 4^ο 24219 (2^ο4ο 5^ο 1β^ο)

4.1 Σε 2 L υδατικού διαλύματος NH₃ συγκέντρωσης 1 M, διαλύονται 397,5 g CuO οπότε πραγματοποιείται αντίδραση η οποία περιγράφεται από την παρακάτω μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση: NH₃(aq) + CuO(s) → N₂(g) + Cu(s) + H₂O(l) ①

α) i. Να ισοσταθμίσετε την παραπάνω χημική εξίσωση. (μονάδες 2)

ii. Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του αερίου που παράγεται.

Δίνονται: A_r(Cu) = 63,5 και A_r(O) = 16. (μονάδες 4)

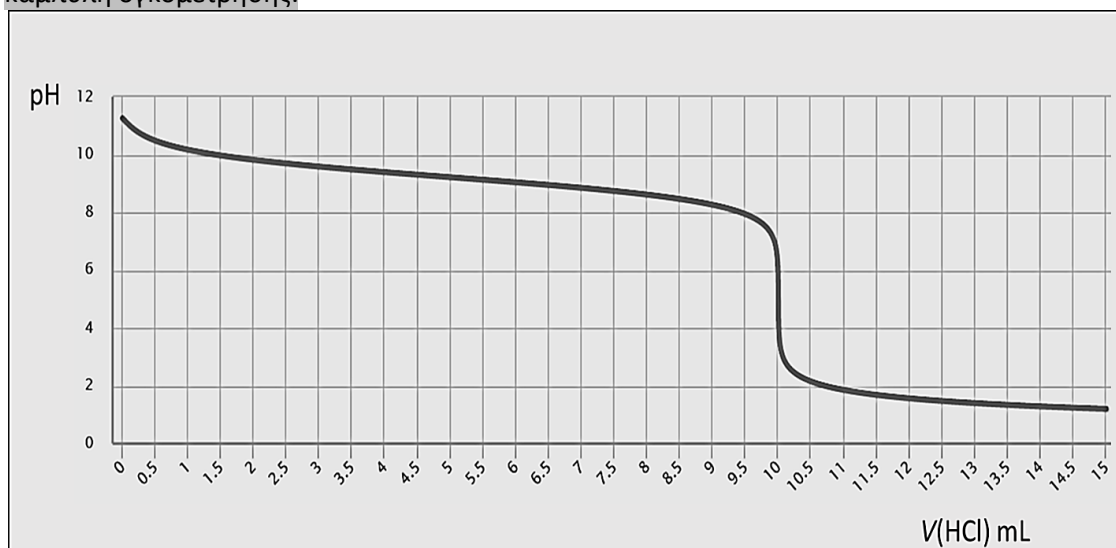
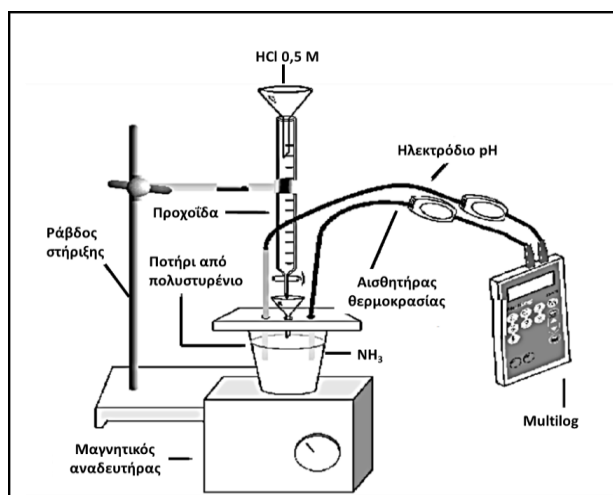
β) Όλη η ποσότητα του αερίου προϊόντος της παραπάνω αντίδρασης μεταφέρεται σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 4 L στους θ °C στο οποίο υπάρχουν 2,5 mol αερίου H₂ οπότε μετά από χρόνο 125 s αποκαθίσταται η ισορροπία η οποία περιγράφεται από τη θερμοχημική εξίσωση:

N₂(g) + 3H₂(g) ⇌ 2NH₃(g) ΔH = - 92 kJ ②. Από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας έχουν ελευθερωθεί συνολικά 46 kJ θερμότητα. Να υπολογίσετε:

i. τη σταθερά της χημικής ισορροπίας ② στους θ °C. (μονάδες 6)

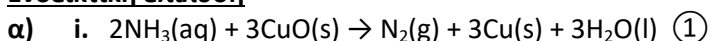
ii. τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης από την έναρξή της μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας. (μονάδες 4) **Μονάδες 16**

4.2 Ένα μέρος της αέριας NH_3 από την παραπάνω ισορροπία απομονώθηκε από το δοχείο και διαλύθηκε σε νερό οπότε σχηματίστηκε υδατικό διάλυμα ($\Delta 1$). Στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών μια ομάδα μαθητών πραγματοποίησε ένα πείραμα με σκοπό τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του υδατικού διαλύματος ($\Delta 1$) σε NH_3 χρησιμοποιώντας ως πρότυπο υδατικό διάλυμα HCl συγκέντρωσης 0,5 M. Με τη βοήθεια σιφωνίου πλήρωσης και πουαρ τριών βαλβίδων μετέφεραν 25 mL από το διάλυμα ($\Delta 1$) σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL. Με τη βοήθεια της συσκευής MultiLog και των αισθητήρων pH και θερμοκρασίας που διαθέτουν στο σχολικό τους εργαστήριο σχεδίασαν την παρακάτω καμπύλη ογκομέτρησης.



Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του υδατικού διαλύματος ($\Delta 1$) σε NH_3 . **Μονάδες 9**

Ενδεικτική επίλυση



ii. Για το CuO ισχύει ότι: $M_r = 63,5 + 16 = 79,5$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{397,5}{79,5} = 5 \text{ mol}$$

Για την NH_3 ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L} = 2 \text{ mol}$

mol	$2\text{NH}_3(\text{aq}) + 3\text{CuO}(\text{s}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{Cu}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$			
Αρχικά	2	5		
Αντιδρούν	2	3		
Παράγονται			1	3
Τελικά	---	2	1	3

Οπότε παράγεται 1 mol αερίου N_2 .

β) i.

mol	$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ}$	
Αρχικά	1	2,5
Αντιδρούν	x	3x
Παράγονται		2x

Ισορροπία	(1-x)	(1-3x)	2x
-----------	-------	--------	----

Κατά τον σχηματισμό 2 mol NH₃ εκλύονται 92 kJ

Κατά τον σχηματισμό 2x mol NH₃ εκλύονται 46 kJ

$$2 \cdot 46 = 92 \cdot 2x \Rightarrow 46 = 92 \cdot x \Rightarrow x = 0,5$$

Στη χημική ισορροπία ισχύει ότι:

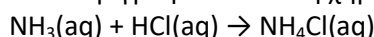
$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3[\text{N}_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2 \text{M}^2}{\left(\frac{2,5-3x}{V}\right)^3 \text{M}^3 \cdot \left(\frac{1-x}{V}\right) \text{M}} = \frac{\left(\frac{1}{4}\right)^2}{\left(\frac{1}{4}\right)^3 \cdot \left(\frac{0,5}{4}\right)} \frac{1}{\text{M}^2} = \frac{16}{0,5} \frac{1}{\text{M}^2} = 32 \frac{1}{\text{M}^2}.$$

Οπότε η σταθερά της χημικής ισορροπίας (2) στους θ °C είναι ίση με $32 \frac{1}{\text{M}^2}$.

$$\text{ii. } v_{\text{μέση}} = \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{2 \cdot \Delta t} = \frac{\frac{2x}{4} \text{M}}{2 \cdot 125 \text{s}} = \frac{\frac{1}{4} \text{M}}{250 \text{s}} = \frac{1}{1000} \frac{\text{M}}{\text{s}} = 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}.$$

Οπότε η μέση ταχύτητα της αντίδρασης από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας είναι ίση με $10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}$.

4.2. Η αντίδραση που πραγματοποιείται περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



Στο ισοδύναμο σημείο η NH₃ έχει αντιδράσει στοιχειομετρικά με το HCl. Από την καμπύλη ογκομέτρησης παρατηρούμε ότι μέχρι το ισοδύναμο σημείο έχουν χρησιμοποιηθεί 10 mL πρότυπου υδατικού διαλύματος HCl. Οπότε στο ισοδύναμο σημείο ισχύει ότι:

$$\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{HCl})} = \frac{1}{1} \Rightarrow \frac{c(\text{NH}_3) \cdot V(\text{NH}_3)}{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})} = \frac{1}{1} \Rightarrow \frac{c(\text{NH}_3) \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{L}}{0,5 \text{M} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{L}} = \frac{1}{1} \Rightarrow c(\text{NH}_3) = 0,2 \text{M}.$$

Επομένως η συγκέντρωση του υδατικού διαλύματος Δ1 σε NH₃ είναι ίση με 0,2 M.

Θέμα 4^ο 24325 (5^ο)

Διαθέτουμε 400 mL υδατικού διαλύματος HCOOH συγκέντρωσης $c = 1 \text{M}$ (διάλυμα Δ1), το οποίο έχει pH ίσο με 2.

α) Να υπολογίσετε τη σταθερά ιοντισμού του HCOOH, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του HCOOH στο διάλυμα Δ1 (μονάδες 8)

β) Σε 200 mL του διαλύματος Δ1 προσθέτουμε 13,6 g HCOONa χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ2 που προέκυψε (μονάδες 8)

γ) Στα υπόλοιπα 200 mL του διαλύματος Δ1 προσθέτουμε 8 g NaOH χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ3 που προέκυψε. (μονάδες 9)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{O})=16$ και $A_r(\text{Na})=23$. Όλες οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται σε θερμοκρασία 25 °C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w=10^{-14} \text{M}^2$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Έστω $x \text{M}$ η $[\text{H}_3\text{O}^+]$. Επειδή $\text{pH}=2$ συνεπάγεται ότι $x \text{M}=10^{-2} \text{M}$. Για τον ιοντισμό του HCOOH στο διάλυμα ισχύει.

M	HCOOH +	H ₂ O	⇌	HCOO ⁻ +	H ₃ O ⁺
αρχικά	1				
αντιδρούν	x				
παράγονται				x	x
χημική ισορροπία	1-x≈1			x	x

Η τιμή της σταθεράς ιοντισμού του HCOOH δίνεται από τη σχέση:

$$K_a = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} = \frac{x^2}{1} \text{M} = \frac{(10^{-2})^2}{1} \text{M} = 10^{-4} \text{M}$$

Ο βαθμός ιοντισμού του HCOOH δίνεται από τη σχέση

$$\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} = \frac{10^{-2} \text{M}}{1 \text{M}} = 0,01$$

β) Η σχετική μοριακή μάζα του HCOONa είναι: $M_r(\text{HCOONa}) = A_r(\text{H}) + A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) + A_r(\text{Na}) = 1 + 12 + 32 + 23 = 68$. Άρα η μάζα ανά mol του HCOONa είναι: $M_{\text{HCOONa}} = 68 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Τα mol HCOONa στο διάλυμα Δ2 είναι:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_{\text{HCOONa}}} = \frac{13,6}{68} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}$$

Ο όγκος του διαλύματος είναι $V = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L}$.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης c_1 του διαλύματος Δ2 σε HCOONa έχουμε:

$$c_1 = \frac{n_1}{V} = \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 1 \text{ M}$$

Το HCOONa δίσταται: $\text{HCOONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$. Το Na^+ δεν αντιδρά με το νερό, ενώ το διάλυμα Δ2 είναι ρυθμιστικό (HCOOH 1 M / HCOO⁻ 1 M), οπότε το pH του είναι:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_1}{c} = -\log 10^{-4} + \log \frac{1}{1} = 4$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ2 είναι 4.

γ) Τα mol του HCOOH στα 200 mL του Δ3 είναι:

$$n = c \cdot V = 1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,2 \text{ mol}$$

Η σχετική μοριακή μάζα του NaOH είναι: $M_r(\text{NaOH}) = 1 A_r(\text{Na}) + A_r(\text{O}) + 1 \cdot A_r(\text{H}) = 23 + 16 + 1 = 40$. Άρα η μάζα ανά mol του NaOH είναι: $M_{\text{NaOH}} = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Τα mol NaOH στο διάλυμα Δ3 είναι:

$$n_2 = \frac{m_2}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{8}{40} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}$$

Στο διάλυμα έχουμε αντίδραση της οποίας η στοιχειομετρία εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα.

mol	HCOOH +	NaOH →	HCOONa +	H ₂ O
αρχικά	0,2	0,2		
αντιδρούν	0,2	0,2		
παράγονται			0,2	
τελικά	0	0	0,2	x

Επομένως στο διάλυμα Δ3 υπάρχει μόνο το HCOONa με συγκέντρωση:

$$c_3 = \frac{n_3}{V} = \frac{0,2}{0,2} \text{ M} = 1 \text{ M}$$

Το HCOONa δίσταται: $\text{HCOONa} \rightarrow \text{HCOO}^- + \text{Na}^+$. Το Na^+ δεν αντιδρά με το νερό, ενώ το HCOO⁻ αντιδρά με το νερό σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

M	HCOO ⁻ +	H ₂ O ⇌	HCOOH +	OH ⁻
αρχικά	1			
αντιδρούν	y		y	y
παράγονται			y	y
χημική ισορροπία	1-y≈1		y	y

Η σταθερά ιοντικής ισορροπίας K_b του HCOO⁻ υπολογίζεται ως εξής:

$$K_w = K_a \cdot K_b \Rightarrow K_b = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_b = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} \text{ M} \Rightarrow K_b = 10^{-10} \text{ M}$$

Από το παραπάνω έχουμε τη σχέση:

$$K_b = \frac{[\text{HCOOH}][\text{OH}^-]}{[\text{HCOO}^-]} \Rightarrow 10^{-10} \text{ M} = \frac{y^2}{1} \text{ M} \Rightarrow y = 10^{-5}$$

Άρα $[\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 5 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 5 \Rightarrow \text{pH} = 9$.

Άρα το pH του διαλύματος Δ3 είναι 9.

Θέμα 4^ο 24326 (2^ο 5^ο)

Στο σχολικό εργαστήριο διαθέτουμε τα εξής διαλύματα:

Διάλυμα Δ1: NaOH 0,3 M.

Διάλυμα Δ2: NH₃ 0,1 M.

Διάλυμα Δ3: HCl 0,1 M.

α) Να υπολογίσετε το pH των διαλυμάτων Δ2 και Δ3 (μονάδες 8)

β) Αναμειγνύουμε 100 mL διαλύματος Δ1 με 100 mL διαλύματος Δ3. Να υπολογίσετε την ενέργεια που θα εκλυθεί μετά την παραπάνω ανάμειξη, αν γνωρίζετε ότι η ενθαλπία εξουδετέρωσης ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση στις συνθήκες του πειράματος είναι: $\Delta H_n = -57 \text{ kJ}$. (μονάδες 6)

γ) Αναμειγνύουμε 200 mL διαλύματος Δ2, 100 mL διαλύματος Δ3 και 200 mL καθαρού νερού, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ5 όγκου 500 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ5. (μονάδες 11)

Οι παραπάνω διαδικασίες 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 NH_3 έχει τιμή $K_b=10^{-5} \text{ M}$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Στο διάλυμα Δ2 έχουμε τον μερικό ιοντισμό της NH_3 που περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα.

M	NH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	NH_4^+	+	OH^-
αρχικά	0,1						
αντιδρούν	x						
παράγονται					x		x
χημική ισορροπία	$0,1-x \approx 0,1$				x		x

Από τη σταθερά ιοντισμού της NH_3 προκύπτει η τιμή του x:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = \frac{x^2}{0,1} \text{ M} \Rightarrow x = \sqrt{0,1 \cdot 10^{-5}} = 10^{-3}$$

Άρα $[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 3$ οπότε $\text{pH} = 14 - 3 \Rightarrow \text{pH} = 11$.

Στο διάλυμα Δ3 έχουμε τον πλήρη ιοντισμό του HCl που περιγράφεται με την ακόλουθη χημική εξίσωση από όπου εξάγεται ο παρακάτω πίνακας.

M	HCl	+	H_2O	\rightarrow	H_3O^+	+	Cl^-
αρχικά	0,1						
αντιδρούν	0,1						
παράγονται					0,1		0,1
ελικά					0,1		0,1

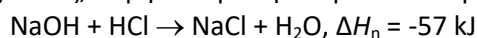
Το Cl^- δεν αντιδρά με το νερό και $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 1$.

β) Όγκος $V = 0,1 \text{ L}$ αναμειγνύεται από κάθε ένα από τα δύο διαλύματα. Με δεδομένο ότι τα διαλύματα NaOH και HCl έχουν αντίστοιχα συγκεντρώσεις $c_1 = 0,3 \text{ M}$ και $c_3 = 0,1 \text{ M}$ τα mol n_1 και n_3 είναι:

$$\text{NaOH: } n_1 = c_1 \cdot V = 0,3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,03 \text{ mol.}$$

$$\text{HCl: } n_3 = c_3 \cdot V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol.}$$

Οι δύο ουσίες αντιδρούν μεταξύ τους, σύμφωνα με την παρακάτω θερμοχημική εξίσωση:



Αφού το NaOH και το HCl αντιδρούν σε αναλογία mol 1:1, σημαίνει ότι το NaOH βρίσκεται σε περίσσεια και αντιδρά όλη η ποσότητα του HCl.

Για τον υπολογισμό της ενέργειας που εκλύεται κατά την αντίδραση έχουμε:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mol} & \text{HCl αποδίδει ενέργεια αντιδρώντας με NaOH} & 57 \text{ kJ} \\ 0,01 \text{ mol} & & y \text{ kJ} \end{array}$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{0,01 \text{ mol}} = \frac{57 \text{ kJ}}{x \text{ kJ}} \Rightarrow y = 0,57 \text{ kJ}$$

Άρα κατά την αντίδραση αποδίδεται ενέργεια 0,57 kJ

γ) Τα mol NH_3 που υπάρχουν στα $V_2 = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L}$ διαλύματος Δ2 είναι:

$$n_2 = c_2 \cdot V_2 = 0,1 \cdot 0,2 \text{ mol} = 0,02 \text{ mol}$$

Τα mol HCl που υπάρχουν στα $V_3 = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$ διαλύματος Δ3 είναι:

$$n_3 = c_3 \cdot V_3 = 0,1 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,01 \text{ mol}$$

Με την ανάμειξη αντιδρούν μεταξύ τους και έχουμε:

mol	NH_3	+	HCl	\rightarrow	NH_4Cl
-----	---------------	---	-----	---------------	------------------------

αρχικά	0,02	0,01	
αντιδρούν	0,01	0,01	
παράγονται			0,01
τελικά	0,01	-	0,01

Οι συγκεντρώσεις των ουσιών στο τελικό διάλυμα Δ5 όγκου 0,5 L είναι:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,02 \text{ M} \text{ και } c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,02 \text{ M}$$

Το NH_4Cl διίσταται: $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$. Το Cl^- δεν αντιδρά με το νερό.

Το διάλυμα Δ5 περιέχει NH_3 0,02 M και NH_4^+ 0,02 M, άρα είναι ρυθμιστικό.

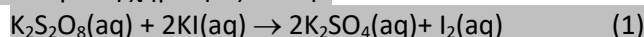
Με δεδομένο ότι για την NH_3 $pK_b = 5 \Rightarrow pK_a = 14 - 5 \Rightarrow pK_a = 9$, έχουμε:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_{\text{NH}_3}}{c_{\text{NH}_4^+}} = 9 + \log \frac{0,02}{0,02} = 9$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ5 είναι 9.

Θέμα 4° 24327 (3° 4°)

Το υπερθειικό κάλιο χρησιμοποιείται στη χημική βιομηχανία για την εκκίνηση αντιδράσεων συμπολυμερισμού και την παρασκευή συνθετικού καουτσούκ (BuNa-S) αλλά και ως λευκαντικό σε καθαριστικά προϊόντα, βαφές μαλλιών και παλαιότερα σε τρόφιμα. Ένα συνηθισμένο στα σχολικά εργαστήρια πείραμα χημικής κινητικής περιλαμβάνει την αντίδραση μεταξύ υπερθειικού καλίου και ιωδιούχου καλίου σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



α) Προκειμένου να μελετηθεί ο νόμος της ταχύτητας της αντίδρασης (1) πραγματοποιείται μια σειρά πειραμάτων που τα αποτελέσματά τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Αριθμός πειράματος	$[\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8]$ (M)	$[\text{KI}]$ (M)	Αρχική ταχύτητα v_0 ($\text{M}\cdot\text{s}^{-1}$)
1	0,01	0,01	$2 \cdot 10^{-3}$
2	0,01	0,02	$4 \cdot 10^{-3}$
3	0,02	0,01	$4 \cdot 10^{-3}$

i. Να βρείτε την τάξη της αντίδρασης ως προς κάθε ένα από τα δύο αντιδρώντα.

ii. Να αιτιολογήσετε αν η αντίδραση (1) είναι απλή ή πολύπλοκη.

iii. Να υπολογίσετε την τιμή και τις μονάδες της σταθεράς k της ταχύτητας. (μονάδες 9)

β) Σε θερμοκρασία 500 °C αέριο I_2 αντιδρά με αέριο H_2 σχηματίζοντας HI σύμφωνα με την αμφίδρομη χημική εξίσωση: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ (2).

Η σταθερά K_c της χημικής ισορροπίας (2) στους 500 °C είναι ίση με 49.

i. Σε δοχείο όγκου 10 L εισάγονται 3,6 mol ισομοριακού μίγματος $\text{H}_2(\text{g})$ και $\text{I}_2(\text{g})$. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του HI στην κατάσταση της χημικής ισορροπίας. (μονάδες 8)

ii. Απομακρύνονται με κατάλληλη διαδικασία 0,4 mol $\text{HI}(\text{g})$ από το δοχείο της αντίδρασης (2) τα οποία χρησιμοποιούνται για την παρασκευή 4 L υδατικού διαλύματος HI (διάλυμα Δ1). Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 8) **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α)

i. Έστω ο νόμος της ταχύτητας της αντίδρασης που δίνεται από τη σχέση $v = k \cdot [\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8]^x \cdot [\text{KI}]^y$.

Εφαρμόζοντας στα πειράματα 1 και 2 την παραπάνω σχέση καταλήγουμε στις σχέσεις (1) και (2): $2 \cdot 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1} = k \cdot (0,01 \text{ M})^x \cdot (0,01 \text{ M})^y$ (1) και $4 \cdot 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1} = k \cdot (0,01 \text{ M})^x \cdot (0,02 \text{ M})^y$ (2)

Διαιρώντας τη σχέση (2) με τη σχέση (1) προκύπτει:

$$\frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}} = \frac{k \cdot (0,01 \text{ M})^x \cdot (0,02 \text{ M})^y}{k \cdot (0,01 \text{ M})^x \cdot (0,01 \text{ M})^y} \Rightarrow 2^1 = 2^y \Rightarrow y = 1$$

Εφαρμόζοντας στο πείραμα 3 την παραπάνω σχέση και διαιρώντας τη σχέση (3) με τη σχέση (1) προκύπτει:

$$\frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{k \cdot (0,02 \text{ M})^x \cdot (0,01 \text{ M})^y}{k \cdot (0,01 \text{ M})^x \cdot (0,01 \text{ M})^y} \Rightarrow 2^1 = 2^x \Rightarrow x = 1$$

Επομένως η αντίδραση είναι πρώτης τάξης ως προς το $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ και η πρώτη τάξη ως προς το KI .

ii. Καθώς οι εκθέτες στον νόμο της ταχύτητας διαφέρουν από τους συντελεστές της χημικής εξίσωσης, η αντίδραση είναι πολύπλοκη και πραγματοποιείται σε περισσότερα από ένα στάδια.

iii. Ο νόμος της ταχύτητας της αντίδρασης είναι: $v = k \cdot [\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8] \cdot [\text{KI}]$.

Εφαρμόζοντας τον νόμο της ταχύτητας της αντίδρασης για το πρώτο πείραμα προκύπτει: $2 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} = k \cdot (0,01 \text{ M}) \cdot (0,01 \text{ M}) \Rightarrow k = 20 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Επομένως η τιμή και οι μονάδες της σταθεράς της ταχύτητας είναι $k = 20 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

β)

i. Εφόσον εισάγονται στο δοχείο 3,6 mol ισομοριακού μίγματος των δύο αντιδρώντων, η ποσότητα κάθε αντιδρώντος θα είναι ίση με 1,8 mol. Η εξέλιξη του φαινομένου που καταλήγει σε κατάσταση χημικής ισορροπίας εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα:

mol	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$		
αρχικά	1,8	1,8	
αντιδρούν	x	x	
παράγονται			2x
χημική ισορροπία	1,8-x	1,8-x	2x

με $0 < x < 1,8$.

Για τη σταθερά χημικής ισορροπίας K_c της παραπάνω αντίδρασης ισχύει:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} \Rightarrow 49 = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2 \text{ M}^2}{\left(\frac{1,8-x}{V}\right) \text{ M} \cdot \left(\frac{1,8-x}{V}\right) \text{ M}} \Rightarrow$$

$$\pm 7 = \frac{(2x)}{(1,8-x)} \Rightarrow x_1 = 1,4 \text{ δεκτή και } x_2 = 2,52 \text{ απορρίπτεται.}$$

Επομένως αντιδρούν 1,4 mol κάθε αντιδρώντος και παράγονται 2,8 mol HI μέχρις ότου διαμορφωθεί η κατάσταση χημικής ισορροπίας.

Η συγκέντρωση του HI στο μίγμα ισορροπίας θα είναι:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{2,8 \text{ mol}}{10 \text{ L}} \Rightarrow c = 0,28 \text{ M.}$$

ii. Το διάλυμα Δ1 που παρασκευάζεται με τη διάλυση 0,4 mol HI σε τελικό όγκο 4 L θα έχει συγκέντρωση HI ίση με:

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

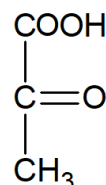
Το HI είναι ισχυρό οξύ και στο υδατικό του διάλυμα ιοντίζεται πλήρως. Ο ιοντισμός του HI περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

M	$\text{HI}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$			
αρχικά	0,1			
αντιδρούν	0,1			
παράγονται			0,1	0,1
τελικά	0		0,1	0,1

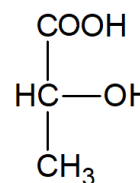
Αφού στο διάλυμα Δ1 η $[\text{H}_3\text{O}^+]$ είναι ίση με $c = 0,1 \text{ M}$, $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow \text{pH} = -\log 0,1 \Rightarrow \text{pH} = 1$. Επομένως το διάλυμα Δ1 θα έχει pH ίσο με 1.

Θέμα 4° 24339 (5° 7°)

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 οξειδωσης ποσότητας υδατικού διαλύματος γαλακτικού οξέος ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) 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 οξειδωσης του γαλακτικού οξέος προς πυροσταφυλικό οξύ με υπερμαγγανικό κάλιο παρουσία θειικού οξέος. (μονάδες 4)

ii. Να αιτιολογήσετε αν θα αποχρωματιστεί διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου όγκου $V_1 = 400$ mL και συγκέντρωσης $c_1 = 0,01$ M σε υπερμαγγανικό κάλιο παρουσία θειικού οξέος (διάλυμα Δ1), όταν αντιδράσει με όγκο $V_2 = 300$ mL διαλύματος γαλακτικού οξέος συγκέντρωσης $c_2 = 0,05$ M σε γαλακτικό οξύ (διάλυμα Δ2). (μονάδες 9)

β) Σε άλλο πείραμα, σε υδατικό διάλυμα Δ3 όγκου $V = 500$ mL και συγκέντρωσης $c_3 = 0,1$ M σε γαλακτικό οξύ προστίθενται 5,6 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. (μον. 7)

ii. Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του γαλακτικού οξέος στο διάλυμα Δ4. (μον.5)

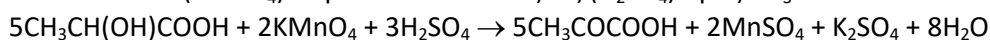
Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{O})=16$, $A_r(\text{Na})=23$. Όλες οι διαδικασίες στο ερώτημα β έγιναν σε θερμοκρασία 25°C , όπου η σταθερά ιοντισμού του γαλακτικού οξέος είναι $K_{a_{\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}}} = 10^{-4}$ M. Τα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

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α)

i. Η χημική εξίσωση της οξειδωσης του γαλακτικού οξέος ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) με διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) παρουσία θειικού οξέος (H_2SO_4) προς CH_3COCOOH είναι:



ii. Από τη συγκέντρωση σε υπερμαγγανικό κάλιο του διαλύματος Δ1 προκύπτει:

$$c_1 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow n_1 = c_1 \cdot V_1 \Rightarrow n_1 = 0,01 \text{ M} \cdot 0,4 \text{ L} \Rightarrow n_1 = 0,004 \text{ mol}$$

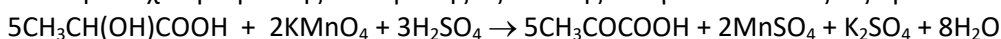
Επομένως σε 400 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται 0,004 mol υπερμαγγανικού καλίου.

Από τη συγκέντρωση του διαλύματος Δ2 σε γαλακτικό οξύ προκύπτει:

$$c_2 = \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow n_2 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow n_2 = 0,05 \text{ M} \cdot 0,3 \text{ L} \Rightarrow n_2 = 0,015 \text{ mol}$$

Επομένως σε 300 mL διαλύματος Δ2 περιέχονται 0,015 mol γαλακτικού οξέος.

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης οξειδωσης του γαλακτικού οξέος προκύπτει ότι:



5 mol γαλακτικού οξέος αντιδρούν με 2 mol υπερμαγγανικού καλίου

0,015 mol " " y mol

Ισχύει ότι:

$$y = \frac{2 \text{ mol} \cdot 0,015 \text{ mol}}{5 \text{ mol}} \Rightarrow y = 0,006 \text{ mol}$$

Επομένως απαιτούνται 0,006 mol υπερμαγγανικού καλίου για την πλήρη αντίδραση με το γαλακτικό οξύ. Σε 400 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται 0,004 mol υπερμαγγανικού καλίου. Άρα το υπερμαγγανικό κάλιο θα καταναλωθεί πλήρως, οπότε και το διάλυμα θα αποχρωματιστεί.

β)

i. Το ρυθμιστικό διάλυμα Δ4 παρασκευάζεται με προσθήκη στερεού γαλακτικού νατρίου στο διάλυμα Δ3 που περιέχει ως διαλυμένη ουσία γαλακτικό οξύ. Από τη συγκέντρωση c_3 του διαλύματος Δ3 σε γαλακτικό οξύ προκύπτει:

$$c_3 = \frac{n_3}{V_3} \Rightarrow 0,1 \text{ M} = \frac{n_3}{0,5 \text{ L}} \Rightarrow n_3 = 0,05 \text{ mol}$$

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_{ox} και η συζυγής του βάση ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$) συγκέντρωσης $c_{\text{β}}$.

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

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

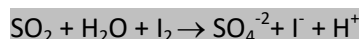
Το pH του διαλύματος Δ4 είναι ίσο με 4, επομένως $x = 10^{-4}$ ενώ για τον βαθμό ιοντισμού (α) του $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}(\text{aq})$ ισχύει:

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

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

Θέμα 4° 25197 (1οβ 4°)

α) Για την προστασία των κρασιών από την οξείδωση προστίθεται, κατά τη διαδικασία παραγωγής τους, διοξείδιο του θείου (SO_2). Η κυκλοφορία του κρασιού στο εμπόριο επιτρέπεται εάν η συνολική ποσότητα SO_2 δεν είναι μεγαλύτερη από 200 mg/L, για τα λευκά ξηρά κρασιά. Ο προσδιορισμός του SO_2 στηρίζεται στην αντίδρασή του με διάλυμα ιωδίου. Η μη ισοσταθμισμένη εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση είναι:



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

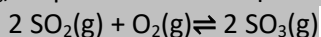
ii) Να προσδιορίσετε εάν το I_2 στην παραπάνω αντίδραση δρα ως οξειδωτικό ή ως αναγωγικό. (μονάδα 1)

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (μονάδες 2)

iii) Για τον προσδιορισμό της ποσότητας του SO_2 , 20 mL λευκού ξηρού κρασιού απαιτούν για την πλήρη αντίδραση 6 mL διαλύματος I_2 συγκέντρωσης $c = 0,01 \text{ M}$. Να προσδιορίσετε εάν το κρασί είναι

κατάλληλο για να κυκλοφορήσει στο εμπόριο. (μονάδες 9)

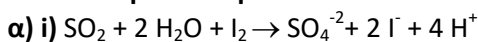
β) Η παρασκευή του θειικού οξέος με τη μέθοδο επαφής βασίζεται στην οξείδωση του αέριου SO_2 προς SO_3 , παρουσία καταλύτη και σε υψηλή θερμοκρασία, και περιγράφεται με τη χημική εξίσωση:



Σε θερμοκρασία θ , στη θέση ισορροπίας και σε δοχείο όγκου $V = 1 \text{ L}$, υπήρχαν $0,8 \text{ mol SO}_3$, $1,6 \text{ mol SO}_2$ και $0,4 \text{ mol O}_2$. Να υπολογίσετε την ποσότητα του O_2 σε mol που πρέπει να προστεθεί στο δοχείο της αντίδρασης, στην ίδια θερμοκρασία, ώστε η ποσότητα του SO_3 στη νέα θέση ισορροπίας να είναι $1,2 \text{ mol}$. (μονάδες 10)

Δίνονται: $A_r(\text{S}) = 32$, $A_r(\text{O}) = 16$ **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση



ii) Το I_2 έχει Α.Ο. 0 και μετατρέπεται σε Γμε Α.Ο. -1, επομένως ανάγεται και άρα δρα ως οξειδωτικό.

iii) Τα mol του I_2 είναι: $n_{\text{I}_2} = 0,01 \cdot 0,006 \text{ mol} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

Από τη χημική εξίσωση της αντίδρασης συνεπάγεται ότι και τα mol του SO_2 είναι $6 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$.

Σε 20 mL κρασιού περιέχονται $6 \cdot 10^{-5} \text{ mol SO}_2$

Σε 1000 mL κρασιού περιέχονται $x \text{ mol SO}_2$

$$x = 3 \cdot 10^{-3}$$

Επομένως στο 1 L κρασιού περιέχονται $3 \cdot 10^{-3} \text{ mol SO}_2$.

Για το SO_2 : $M_r = 1 \cdot A_r(\text{S}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 1 \cdot 32 + 2 \cdot 16 = 64$

Άρα το 1 mol του SO_2 ζυγίζει 64 g και επομένως η μάζα των $3 \cdot 10^{-3} \text{ mol SO}_2$ είναι:

$$m = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 64 \text{ g} = 0,192 \text{ g} \text{ ή } 192 \text{ mg.}$$

Άρα η ποσότητα του SO_2 που περιέχεται σε 1 L κρασί είναι ίση με 192 mg , που είναι μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη (200 mg/L). Επομένως το κρασί είναι κατάλληλο για να κυκλοφορήσει στο εμπόριο.

β) Για την αντίδραση: $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$

$V = 1 \text{ L}$

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} \Rightarrow K_c = \frac{0,8^2}{1,6^2 \cdot 0,4} \text{ M}^{-1} \Rightarrow K_c = \frac{10}{16} \text{ M}^{-1}$$

Εάν y τα mol του O_2 που προστίθενται.

M	2SO_2	+ $\text{O}_2 \rightleftharpoons$	2SO_3
αρχικά	$\frac{1,6}{1}$	$\frac{0,4 + y}{1}$	$\frac{0,8}{1}$
αντιδρούν	$\frac{2z}{1}$	$\frac{z}{1}$	
παράγονται			$\frac{2z}{1}$
χημική ισορροπία	$\frac{1,6 - 2z}{1}$	$\frac{0,4 + y - z}{1}$	$\frac{0,8 + 2z}{1}$

Η τελική ποσότητα του SO_3 σε όγκο 1 L είναι $1,2 \text{ mol}$.

Επομένως $0,8 + 2z = 1,2$ και $z = 0,2$.

Στη χημική ισορροπία:

M	2SO_2	+ $\text{O}_2 \rightleftharpoons$	2SO_3
χημική ισορροπία	$\frac{1,2}{1}$	$\frac{0,2 + y}{1}$	$\frac{1,2}{1}$

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} \Rightarrow \frac{10}{16} \text{ M}^{-1} = \frac{1,2^2}{1,2^2 \cdot (0,2 + y)} \text{ M}^{-1} \Rightarrow y + 0,2 = 1,6 \Rightarrow y = 1,4$$

Επομένως χρειάζεται να προστεθούν $1,4 \text{ mol O}_2$.

Θέμα 4^ο 25238 (1^ο β. 5^ο)

Ένα βιομηχανικό κράμα περιέχει Cu και αδρανείς χημικά προσμίξεις. Σε ένα αναλυτικό εργαστήριο χημείας διαλύονται $31,75 \text{ g}$ από το κράμα σε περίσσεια διαλύματος πυκνού νιτρικού οξέος (διάλυμα

Δ1), οπότε εκλύονται 8,96 L αερίου NO₂ σε STP συνθήκες. Η μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιείται μεταξύ Cu και HNO₃ είναι η εξής: $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
[Αντίδραση ①]

α) Να εξηγήσετε ποιο είναι το οξειδωτικό και ποιο το αναγωγικό σώμα στην αντίδραση ①. (μονάδες 4)

β) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές της χημικής εξίσωσης ①. (μονάδες 5)

γ) Να υπολογίσετε την % w/w περιεκτικότητα αυτού του κράματος σε Cu. (μονάδες 8)

δ) Όταν αραιωθεί το Δ1 με νερό με αναλογία όγκων $\frac{1}{9}$ προκύπτει τελικά διάλυμα Δ2 με pH=0. Να υπολογίσετε την αρχική συγκέντρωση του διαλύματος Δ1. (μονάδες 8)

Δίνεται ότι: A_r: Cu = 63,5. Όλα τα παραπάνω υδατικά διαλύματα $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του N στο HNO₃. Θα ισχύει ότι $1 + x + 3 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow x = +5$.

Έστω γ ο αριθμός οξείδωσης του N στο NO₂. Θα ισχύει ότι $\gamma + 2 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow \gamma = +4$.

Ο Cu αρχικά έχει αριθμό οξείδωσης 0. Ο Cu τελικά έχει αριθμό οξείδωσης +2.

Ο Α.Ο. του N μεταβάλλεται από +5 σε +4 (μείωση Α.Ο.), ενώ ο Α.Ο. του Cu μεταβάλλεται από 0 σε +2 (αύξηση Α.Ο.). Άρα οξειδωτικό σώμα είναι το HNO₃ ενώ αναγωγικό σώμα είναι ο Cu.

β) $\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

γ) $n(\text{NO}_2) = \frac{8,96}{22,4} \text{ mol} = 0,4 \text{ mol}$.

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης 1 έχουμε ότι:

Από 1 mol Cu παράγονται 2 mol NO₂

Από x mol Cu παράγονται 0,4 mol NO₂

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{0,4} \Rightarrow x = 0,2$$

Άρα παράγονται 0,2 mol Cu.

Η μάζα του Cu θα είναι ίση με, $m = n \cdot A_r = 0,2 \cdot 63,5 \text{ g} = 12,7 \text{ g}$.

Στα 31,75 g κράματος περιέχονται 12,7 g Cu

Στα 100 g κράματος περιέχονται γ g Cu

$$\frac{31,75}{100} = \frac{12,7}{y} \Rightarrow y = 40$$

Άρα στα 100 g κράματος περιέχονται 40 g Cu και επομένως το κράμα αυτό έχει περιεκτικότητα 40 % w/w σε Cu.

δ) Έστω c₁ η αρχική συγκέντρωση του HNO₃ στο διάλυμα Δ1 και c₂ η τελική συγκέντρωση του HNO₃ στο διάλυμα Δ2. Αφού το pH = 0 και το HNO₃ είναι ισχυρό μονοπρωτικό οξύ θα ισχύει ότι c₂ = 1 M αφού στο διάλυμα Δ2 συμβαίνει ιοντισμός του HNO₃ όπως περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση και τον ακόλουθο πίνακα:

c(M)	HNO ₃	+	H ₂ O	→	NO ₃ ⁻	+	H ₃ O ⁺
αρχικά	1						
οντίζονται	1						
τελικά					1		1

[H₃O⁺] = 1 M επομένως pH = -log(1) = 0.

Αφού ισχύει η αναλογία όγκων $\frac{V_1}{V_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1}{9} \Rightarrow V(\text{H}_2\text{O}) = 9 \cdot V_1$. Εφαρμόζουμε τη σχέση που ισχύει κατά την αραιώση διαλυμάτων, για τα διαλύματα Δ₁, Δ₂, όπου n₁, n₂ είναι τα αρχικά και τα τελικά mol αντίστοιχα, του HNO₃

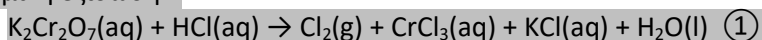
$V_2 = V_1 + V(\text{H}_2\text{O}) = (V_1 + 9 \cdot V_1)$.

$n_1 = n_2 \Rightarrow c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow c_1 \cdot V_1 = 1 \cdot (V_1 + 9 \cdot V_1) \Rightarrow c_1 = 10 \text{ M}$.

Επομένως το διάλυμα Δ1 έχει συγκέντρωση c = 10 M σε HNO₃.

Θέμα 4^ο 25298 (1οβ 4^ο 5^ο)

4.1 Σε 100 mL διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ συγκέντρωσης 0,1 M, προσθέτουμε 80 mL διαλύματος HCl συγκέντρωσης 3 M, οπότε πραγματοποιείται αντίδραση η οποία περιγράφεται με την παρακάτω μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση:



α) i. Να ισοσταθμίσετε την παραπάνω χημική εξίσωση. (μονάδες 2)

ii. Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του αερίου που παράγεται. (μονάδες 3)

β) Όλη η ποσότητα του αερίου που παράγεται κατά την παραπάνω αντίδραση μεταφέρεται σε δοχείο σταθερού όγκου 5 L στους θ °C, στο οποίο υπάρχει ισομοριακή ποσότητα αερίου H_2 . Μετά από χρόνο 20 s αποκαθίσταται η ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη θερμοχημική εξίσωση: $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$, $\Delta H = -184$ kJ/mol (2).

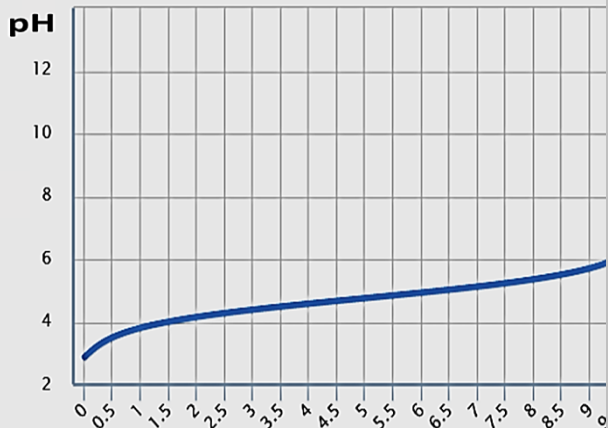
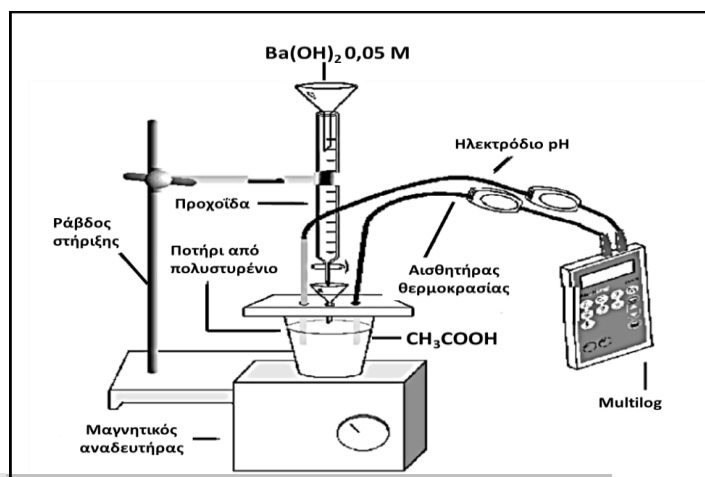
Στην κατάσταση ισορροπίας στο δοχείο περιέχονται 0,02 mol αερίου HCl. Να υπολογίσετε:

i. τη σταθερά χημικής ισορροπίας της αντίδρασης (2), στους θ °C. (μονάδες 5)

ii. τον ρυθμό παραγωγής του HCl, από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την χρονική στιγμή που αποκαθίσταται η ισορροπία. (μονάδες 3)

iii. τη θερμότητα που ελευθερώθηκε από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας. (μονάδες 3) **Μονάδες 16**

4.2 Στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών μια ομάδα μαθητών πραγματοποίησε ένα πείραμα, με σκοπό τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ενός διαλύματος CH_3COOH , χρησιμοποιώντας πρότυπο διάλυμα $Ba(OH)_2$ 0,05 M. Μετέφεραν, με τη βοήθεια σιφονιού πλήρωσης και πουαρ τριών βαλβίδων, 10 mL του διαλύματος CH_3COOH σε ποτήρι από πολυστυρένιο (φελιζόλ). Με τη βοήθεια της συσκευής MultiLog και των αισθητήρων pH και θερμοκρασίας που διαθέτουν στο σχολικό τους εργαστήριο, προέκυψε η παρακάτω καμπύλη ογκομέτρησης.



Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του ογκομετρούμενου διαλύματος CH_3COOH . **Μονάδες 9**

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α) i. $K_2Cr_2O_7(aq) + 14HCl(aq) \rightarrow 3Cl_2(g) + 2CrCl_3(aq) + 2KCl(aq) + 7H_2O(l)$ (1)

ii. Για το $K_2Cr_2O_7$ ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol}$

Για το HCl ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,08 \text{ L} = 0,24 \text{ mol}$

mol	$K_2Cr_2O_7(aq) + 14HCl(aq) \rightarrow 3Cl_2(g) + 2CrCl_3(aq) + 2KCl(aq) + 7H_2O(l)$	
Αρχικά	0,01	0,24

Αντιδρούν	0,01	0,14			
Παράγονται			0,03	0,02	0,02
Τελικά	---	0,10	0,03	0,02	0,02

Η ποσότητα του αερίου Cl_2 που παράγεται είναι ίση με 0,03 mol.

β)

i.

mol	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$		$\Delta H = -184 \text{ kJ/mol}$
Αρχικά	0,03	0,03	
Αντιδρούν	x	x	
Παράγονται			$2x$ (184 kJ/2mol HCl)·2x mol HCl
Ισορροπία	0,03-x	0,03-x	$2x$ εκλύονται 184·x kJ θερμότητα

Στη χημική ισορροπία ισχύει ότι: $n(\text{HCl}) = 0,02 \Rightarrow 2x = 0,02 \Rightarrow x = 0,01$.

$$K_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2][\text{Cl}_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{0,03-x}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,03-x}{V}\right)} = \frac{\left(\frac{0,02}{V}\right)^2 \text{ M}^2}{\left(\frac{0,02}{V}\right) \text{ M} \cdot \left(\frac{0,02}{V}\right) \text{ M}} = 1$$

$$\Rightarrow K_c = 1.$$

Οπότε η σταθερά της χημικής ισορροπίας ② στους $\theta^\circ\text{C}$, είναι ίση με 1.

ii. Ο ρυθμός παραγωγής του HCl, από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την χρονική στιγμή που αποκαθίσταται η ισορροπία δίνεται από τη σχέση:

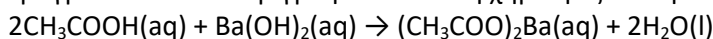
$$v_{(\text{HCl})} = \frac{\Delta[\text{HCl}]}{\Delta t} = \frac{\frac{n_{\text{HCl}}}{V}}{\Delta t} = \frac{\frac{2x}{5}}{20 \text{ s}} = \frac{0,02}{20 \text{ s}} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}.$$

Οπότε ο ρυθμός παραγωγής του HCl, από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας είναι ίσος με $2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}$.

iii. $q = (184 \text{ kJ/2mol HCl}) \cdot 2x \text{ mol} = 184 \cdot x \text{ kJ} = 184 \cdot 0,01 \text{ kJ} = 1,84 \text{ kJ}$.

Οπότε η θερμότητα που ελευθερώθηκε από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι τη χρονική στιγμή που αποκαθίσταται η ισορροπία είναι ίση με 1,84 kJ.

4.2 Η αντίδραση που πραγματοποιείται περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



Στο ισοδύναμο σημείο το CH_3COOH αντιδρά στοιχειομετρικά με το $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Από την καμπύλη ογκομέτρησης παρατηρούμε ότι μέχρι το ισοδύναμο σημείο έχουν χρησιμοποιηθεί 10 mL πρότυπου διαλύματος $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Οπότε στο ισοδύναμο σημείο ισχύει ότι:

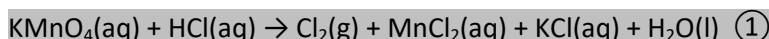
$$\frac{n(\text{CH}_3\text{COOH})}{n(\text{Ba}(\text{OH})_2)} = \frac{2}{1} \Rightarrow \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{Ba}(\text{OH})_2) \cdot V(\text{Ba}(\text{OH})_2)} = \frac{2}{1} \Rightarrow \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = \frac{2}{1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1 \text{ M}.$$

Οπότε η συγκέντρωση (c) του διαλύματος CH_3COOH είναι ίση με 0,1 M.

Θέμα 4° 25301 (1οβ 4° 5°)

Σε 200 mL υδατικού διαλύματος HCl συγκέντρωσης 1 M, εισάγονται 3,16 g στερεού KMnO_4 , οπότε πραγματοποιείται αντίδραση, η οποία περιγράφεται με την παρακάτω μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση:



α) i. Να ισοσταθμίσετε την παραπάνω χημική εξίσωση. (μονάδες 2)

ii. Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του αερίου που παράγεται. (μονάδες 4)

β) Όλη η ποσότητα του αερίου της παραπάνω αντίδρασης μαζί με 1 mol αερίου HCl και 0,05 mol αερίου H_2 , μεταφέρονται σε κενό δοχείο, σταθερού όγκου V L στους $\theta^\circ\text{C}$, οπότε αποκαθίσταται χημική ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ ②. Η σταθερά της χημικής ισορροπίας ② είναι ίση με 64 στους $\theta^\circ\text{C}$. Να διερευνήσετε αν το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία και να προσδιοριστούν οι ποσότητες των αερίων (σε mol) μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας ②. (μον.9)

γ) Μια ποσότητα του αερίου HCl του μίγματος της παραπάνω ισορροπίας (2) ίση με 0,02 mol απομονώνεται με κατάλληλο τρόπο και διοχετεύεται σε 100 mL υδατικού διαλύματος (Δ1) το οποίο περιέχει CH₃COOH 0,1 M και CH₃COONa 0,2 M. Στη συνέχεια προστίθεται νερό οπότε προκύπτουν 600 mL υδατικού διαλύματος (Δ2).

Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος (Δ2). (μονάδες 10)

Δίνονται: Οι σχετικές ατομικές μάζες: A_r(K) = 39, A_r(Mn) = 55, A_r(O) = 16.

- Η σταθερά ιοντισμού του CH₃COOH στους 25 °C είναι ίση με 2·10⁻⁵ M.
- Τα διαλύματα (Δ1) και (Δ2) βρίσκονται στους 25 °C και τα δεδομένα του ερωτήματος γ) επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) i. $2\text{KMnO}_4(\text{aq}) + 16\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 5\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{MnCl}_2(\text{aq}) + 2\text{KCl}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (1)

ii. Για το KMnO₄ ισχύει ότι: $M_r = 1 \cdot 39 + 1 \cdot 55 + 4 \cdot 16 = 39 + 55 + 64 = 158$

Επομένως η μάζα ανά mol είναι: $M = 158 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3,16 \text{ g}}{158 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,02 \text{ mol}$$

Για το HCl ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,2 \text{ mol}$

mol	$2\text{KMnO}_4(\text{aq}) + 16\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 5\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{MnCl}_2(\text{aq}) + 2\text{KCl}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l})$			
Αρχικά	0,02	0,2		
Αντιδρούν	0,02	0,16		
Παράγονται			0,05	0,02
Τελικά	---	0,04	0,05	0,02

Επομένως η ποσότητα του αερίου Cl₂ που παράγεται είναι ίση με 0,05 mol.

β) Επειδή στο δοχείο περιέχονται αέρια και από τα τρία σώματα της ισορροπίας, θα πρέπει να διερευνήσουμε προς ποια κατεύθυνση θα πραγματοποιηθεί η αντίδραση. Για το λόγο αυτό θα υπολογίσουμε το πηλίκο αντίδρασης Q_c και θα το συγκρίνουμε με τη σταθερά ισορροπίας K_c .

$$Q_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2][\text{Cl}_2]} = \frac{\left(\frac{n_{\text{HCl}}}{V}\right)^2}{\left(\frac{n_{\text{H}_2}}{V}\right) \cdot \left(\frac{n_{\text{Cl}_2}}{V}\right)} = \frac{\left(\frac{1 \text{ mol}}{V}\right)^2}{\left(\frac{0,05 \text{ mol}}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,05 \text{ mol}}{V}\right)} = 400$$

Επειδή $Q_c > K_c$ η αντίδραση θα πραγματοποιηθεί με κατεύθυνση προς τα αριστερά, ώστε η τιμή του Q_c να μικρύνει (μεγαλώνει ο παρονομαστής του κλάσματος και ελαττώνεται ο αριθμητής). Κατ' αυτό τον τρόπο το σύστημα προσεγγίζει τη θέση ισορροπίας, όπου $Q_c = K_c$.

mol	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$		
Αρχικά	0,05	0,05	1
Αντιδρούν			2x
Παράγονται	x	x	
Ισορροπία	0,05+x	0,05+x	(1-2x)

Στη χημική ισορροπία ισχύει ότι:

$$K_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2][\text{Cl}_2]} = \frac{\left(\frac{1-2x}{V}\right)^2 M^2}{\left(\frac{0,05+x}{V}\right) M \cdot \left(\frac{0,05+x}{V}\right) M} \Rightarrow 64 = \frac{(1-2x)^2}{(0,05+x) \cdot (0,05+x)} \Rightarrow$$

$$8^2 = \left(\frac{1-2x}{0,05+x}\right)^2$$

Επειδή η σταθερά ισορροπίας K_c είναι ένα πηλίκο συγκεντρώσεων, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να πάρει μόνο θετικές τιμές.

$$\text{Οπότε } 8 = \frac{1-2x}{0,05+x} \Rightarrow 0,4 + 8x = 1 - 2x \Rightarrow 10x = 0,6 \Rightarrow x = 0,06$$

Επομένως η σύσταση του μίγματος των αερίων μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας (2) είναι:

$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{Cl}_2} = (0,05 + x) \text{ mol} = (0,05 + 0,06) \text{ mol} = 0,11 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = (1 - 2x) \text{ mol} = (1 - 2 \cdot 0,06) \text{ mol} = (1 - 0,12) \text{ mol} = 0,88 \text{ mol}$$

γ. Για το CH₃COOH ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol}$

Για το CH_3COONa ισχύει ότι: $n' = c' \cdot V' = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,02 \text{ mol}$

Από την ισορροπία ② απομονώθηκαν και διοχετεύθηκαν στο διάλυμα (Δ1) 0,02 mol αερίου HCl. Οπότε πραγματοποιείται η αντίδραση η οποία περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση:

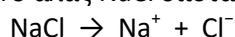
mol	$\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$			
Αρχικά	0,02	0,02	0,01	
Αντιδρούν	0,02	0,02		
Παράγονται			0,02	0,02
Τελικά	---	---	0,03	0,02

Οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών που βρίσκονται στο διάλυμα (Δ2) είναι:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{0,03 \text{ mol}}{0,6 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

$$[\text{NaCl}] = \frac{0,02 \text{ mol}}{0,6 \text{ L}} = \frac{1 \text{ mol}}{30 \text{ L}} = \frac{1}{30} \text{ M.}$$

Το άλας NaCl διίσταται σύμφωνα με την εξίσωση:



$$\frac{1}{30} \text{ M} \quad \frac{1}{30} \text{ M} \quad \frac{1}{30} \text{ M}$$

Το ασθενές οξύ CH_3COOH , ιοντίζεται σύμφωνα με την εξίσωση:

M	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$		
Αρχικά	0,05		
Ιοντίζονται	y		
Παράγονται		y	y
Ισορροπία	0,05 - y	y	y

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{y^2 \text{ M}^2}{(0,05 - y) \text{ M}}. \text{ Επειδή ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις έχουμε ότι: } (0,05 - y) \text{ M} \approx 0,05 \text{ M.}$$

$$\text{Οπότε: } 2 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{y^2 \text{ M}^2}{0,05 \text{ M}} \Rightarrow y^2 = 10^{-6} \Rightarrow y = 10^{-3}.$$

Επομένως η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ στο διάλυμα (Δ2) είναι ίση με 10^{-3} M και το pH του διαλύματος είναι ίσο με:

$$\text{pH} = -\log 10^{-3} \Rightarrow \text{pH} = 3.$$

Οπότε το pH του διαλύματος (Δ2) είναι ίσο με 3.

Θέμα 4^ο 25308 ((2^ο 5^ο))

Σε υδατικό διάλυμα $\text{NH}_3(\text{aq})$ διοχετεύουμε αέριο $\text{Cl}_2(\text{g})$ σε κατάλληλες συνθήκες, οπότε πραγματοποιείται μεταξύ τους η αντίδραση, η οποία περιγράφεται από την παρακάτω μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση ①:



α) Να ισοσταθμίσετε τη χημική εξίσωση ①. (μονάδες 3)

β) Να υπολογίσετε την ενθαλπία της αντίδρασης ① αν στις συνθήκες που πραγματοποιείται η αντίδραση δίνεται ότι: $\Delta H_f \text{NH}_3(\text{aq}) = -80 \text{ kJ/mol}$ και $\Delta H_f \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) = -310 \text{ kJ/mol}$. (μονάδες 7)

γ) Σε 1,1 L υδατικού διαλύματος NH_3 συγκέντρωσης 2 M διοχετεύουμε 0,6 mol αερίου Cl_2 , οπότε προκύπτει υδατικό διάλυμα Δ1. Να υπολογίσετε:

i. το ποσό θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται μέχρι την ολοκλήρωση της αντίδρασης. (μονάδες 7)

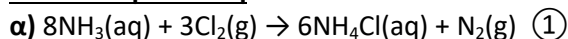
ii. το pH του διαλύματος Δ1 στους 25 °C. (μονάδες 8)

Δίνονται: Η σταθερά ιοντισμού του νερού στους 25 °C, $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. $K_b(\text{NH}_3) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ στους 25 °C.

• Τα δεδομένα του ερωτήματος **γ)** επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση



$$\begin{aligned} \text{β)} \quad \Delta H &= \sum \Delta H_f \text{προϊόντων} - \sum \Delta H_f \text{αντιδρώντων} = 6 \cdot \Delta H_f(\text{NH}_4\text{Cl}) + \Delta H_f(\text{N}_2) - 8 \cdot \Delta H_f(\text{NH}_3) - 3 \cdot \Delta H_f(\text{Cl}_2) = \\ &= 6 \cdot (-310 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 8 \cdot (-80 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 3 \cdot 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = \\ &= -1860 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 640 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -1220 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}. \end{aligned}$$

Επομένως η ενθαλπία της αντίδρασης ① είναι ίση με $\Delta H = -1220 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

γ) i. Για την NH_3 ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1,1 \text{ L} = 2,2 \text{ mol}$

mol	$8\text{NH}_3(\text{aq}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) + \text{N}_2(\text{g})$, $\Delta H = -1220 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$		
Αρχικά	2,2	0,6	
Αντιδρούν	1,6	0,6	
Παράγονται		1,2	0,2
Τελικά	0,6	---	1,2 0,2

Κατά τον σχηματισμό 1 mol N_2 εκλύονται 1220 kJ θερμότητα.

Επειδή μέχρι την ολοκλήρωση της αντίδρασης σχηματίζονται 0,2 mol N_2 θα εκλύονται συνολικά $0,2 \text{ mol} \cdot 1220 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = 244 \text{ kJ}$ θερμότητας.

ii. Το διάλυμα Δ1 είναι ρυθμιστικό, καθώς σε αυτό περιέχεται η ασθενής βάση NH_3 και σε παραπλήσια συγκέντρωση το συζυγές οξύ NH_4^+ , που προκύπτει από την πλήρη διάσταση του άλατος NH_4Cl .

Σύμφωνα με την εξίσωση των Henderson και Hasselbalch ισχύει ότι:

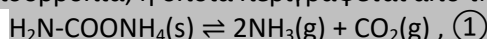
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a(\text{NH}_4^+) \cdot \frac{[\text{οξύς}]}{[\text{βάση}]} = \frac{K_w}{K_b(\text{NH}_3)} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ M}} \cdot \frac{\frac{1,2}{V} \text{ M}}{\frac{0,6}{V} \text{ M}} = 10^{-9} \text{ M}.$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 9$$

Επομένως το pH του διαλύματος Δ1 στους 25 °C είναι ίσο με 9.

Θέμα 4° 25310 (2° 3° 4° 5°)

Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 10 L στους θ °C εισάγονται 15,6 g $\text{H}_2\text{N-COONH}_4$ και μετά από χρονικό διάστημα 20 s αποκαθίσταται ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση ①:



α) Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης ① αν γνωρίζετε ότι:

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{N-COONH}_4(\text{s}) = -639 \text{ kJ/mol}, \Delta H_f^\circ \text{NH}_3(\text{g}) = -46 \text{ kJ/mol} \text{ και } \Delta H_f^\circ \text{CO}_2(\text{g}) = -393 \text{ kJ/mol}. \text{ (μονάδες 4)}$$

β) Αν από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας έχουν απορροφηθεί συνολικά 15,4 kJ θερμότητα, να υπολογίσετε τη σταθερά K_c της χημικής ισορροπίας ① στους θ °C. (μονάδες 6)

γ) Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης ①. (μονάδες 3)

δ) Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα σχηματισμού της NH_3 από την αρχή της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας ①. (μονάδες 3)

ε) Από το αέριο μίγμα της παραπάνω ισορροπίας ① απομονώνονται 0,1 mol αέριας NH_3 και διοχετεύονται σε νερό με αποτέλεσμα να διαλυθούν πλήρως και να σχηματιστεί το υδατικό διάλυμα Δ1. Να υπολογίσετε πόσα mol αερίου HCl πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα Δ1 (χωρίς αλλαγή του όγκου του), ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα Δ2 το οποίο να έχει $\text{pH} = 9$. (μονάδες 9)

Δίνονται:

- $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{N})=14$ και $A_r(\text{O})=16$
- Η σταθερά ιοντισμού του νερού στους 25 °C, $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$.
- $K_b \text{NH}_3 = 10^{-5} \text{ M}$ στους 25 °C.
- Τα διαλύματα Δ1 και Δ2 έχουν θερμοκρασία 25 °C.
- Τα δεδομένα του ερωτήματος ε) επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

$$\begin{aligned} \alpha) \Delta H^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ \text{προϊόντων} - \sum \Delta H_f^\circ \text{αντιδρώντων} = 2 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{NH}_3) + \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) - \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{N-COONH}_4) = \\ &= 2 \cdot (-46 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) - 393 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - (-639 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) = -92 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - 393 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 639 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = \\ &+ 154 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}. \end{aligned}$$

Επομένως η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης ① είναι ίση με $\Delta H^\circ = +154 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

β) Για την ένωση $\text{H}_2\text{N-COONH}_4$ ισχύει ότι:

$$M_r = 6 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{N}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 6 \cdot 1 + 12 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 16 = 6 + 12 + 28 + 32 = 78$$

Επομένως η μάζα ανά mol είναι: $M = 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{15,6}{78} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol.}$$

mol	$\text{H}_2\text{N-COONH}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}), \quad \Delta H^\circ = +154 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$		
Αρχικά	0,2		
Αντιδρούν	x		
Παράγονται	2x	x	
Ισορροπία	0,2-x	2x	x

Κατά τον σχηματισμό 1 mol CO_2 απορροφώνται 154 kJ θερμότητα.

Επειδή στην ισορροπία έχουν σχηματιστεί x mol CO_2 θα έχουν απορροφηθεί συνολικά: $x \text{ mol} \cdot 154 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = 154 \cdot x \text{ kJ}$ θερμότητα. Οπότε $15,4 \text{ kJ} = 154 \cdot x \text{ kJ} \Rightarrow x = 0,1$

Η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης ① υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_c = [\text{NH}_3]^2 [\text{CO}_2] = \left(\frac{n_{\text{NH}_3}}{V}\right)^2 \cdot \left(\frac{n_{\text{CO}_2}}{V}\right) = \left(\frac{2x}{V} \text{ M}\right)^2 \cdot \left(\frac{x}{V} \text{ M}\right) = \left(\frac{0,2}{10} \text{ M}\right)^2 \cdot \left(\frac{0,1}{10} \text{ M}\right) = 4 \cdot 10^{-6} \text{ M}^3.$$

Επομένως η σταθερά της χημικής ισορροπίας ① στους $\theta^\circ\text{C}$ είναι ίση με $4 \cdot 10^{-6} \text{ M}^3$.

γ) Η απόδοση της αντίδρασης ① υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{n_{\text{CO}_2}(\text{πρακτικά})}{n_{\text{CO}_2}(\text{θεωρητικά})} = \frac{x}{0,2} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5$$

Επομένως η απόδοση της αντίδρασης ① είναι 0,5 ή 50 %.

δ) Η μέση ταχύτητα σχηματισμού της NH_3 από την αρχή της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας ① υπολογίζεται από τη σχέση:

$$v_{\text{NH}_3} = \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} = \frac{\frac{n_{\text{NH}_3}}{V}}{\Delta t} = \frac{\frac{0,2}{10} \text{ M}}{20 \text{ s}} = \frac{0,2}{200} \frac{\text{M}}{\text{s}} = 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}.$$

Επομένως η μέση ταχύτητα σχηματισμού της NH_3 από την αρχή της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας ① είναι ίση με $10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}$.

ε) Η NH_3 αντιδρά με το HCl σύμφωνα με την εξίσωση: $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$.

Για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα θα πρέπει να αντιδράσει όλο το HCl , ώστε στο διάλυμα Δ2 να περιέχεται η ασθενής βάση NH_3 και το συζυγές οξύ NH_4^+ , που προκύπτει από την πλήρη διάσταση του άλατος NH_4Cl .

Έστω ότι προσθέτουμε n mol αερίου HCl .

Μολ	$\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$	
Αρχικά	0,1	n
Αντιδρούν	n	n
Παράγονται	n	
Τελικά	0,1 - n	n

Στο ρυθμιστικό διάλυμα Δ2 σύμφωνα με την εξίσωση των Henderson και Hasselbalch ισχύει ότι:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_{a, \text{NH}_4^+} \cdot \frac{[\text{οξύ}]}{[\text{βάση}]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{K_b(\text{NH}_3)} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow$$

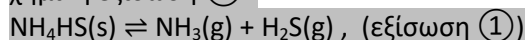
$$\Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-5} \text{ M}} \cdot \frac{\frac{n}{V} \text{ M}}{\frac{0,1-n}{V} \text{ M}} \Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = 10^{-9} \text{ M} \cdot \frac{n}{0,1-n} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = 0,1 - n \Rightarrow 2n = 0,1 \Rightarrow n = 0,05.$$

Επομένως για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα Δ2 το οποίο να έχει $\text{pH} = 9$ πρέπει να προσθέσουμε στο διάλυμα Δ1 ποσότητα αερίου HCl ίση με 0,05 mol.

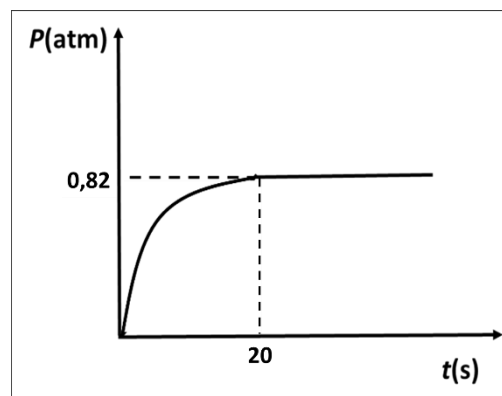
Θέμα 4° 25311 (4° 5°)

Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 10 L στους 227°C , εισάγεται μια ποσότητα $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s})$ και αποκαθίσταται ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση ①:



Στο διπλανό διάγραμμα παρουσιάζεται η ολική πίεση στο εσωτερικό του δοχείου ως συνάρτηση του χρόνου.

α) Να υπολογίσετε τις ποσότητες (σε mol) των αερίων μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας. (μονάδες 7)



β) Να υπολογίσετε τη σταθερά K_c της χημικής ισορροπίας ① στους 227 °C. (μονάδες 4)

γ) Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα σχηματισμού του H_2S από την αρχή της αντίδρασης, μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας. (μονάδες 4)

δ) Από το αέριο μίγμα της παραπάνω ισορροπίας ①, απομονώνεται μια ποσότητα αέριας NH_3 και διοχετεύεται σε 100 mL υδατικού διαλύματος Δ1 το οποίο περιέχει HCl με συγκέντρωση 0,1 M και NH_4Cl με συγκέντρωση 0,7 M με αποτέλεσμα να σχηματιστεί το υδατικό διάλυμα Δ2 με $pH = 9$. Να υπολογίσετε πόσα mol αέριας NH_3 απομονώθηκαν από το αέριο μίγμα της χημικής ισορροπίας ①. (μονάδες 10)

Δίνονται: Η παγκόσμια σταθερά αερίων $R = 0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. $K_b \text{ NH}_3 = 2\cdot 10^{-5} \text{ M}$. Το διάλυμα Δ2 έχει θερμοκρασία 25 °C. Τα δεδομένα του ερωτήματος **δ)** επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Έστω ότι εισάγονται στο δοχείο n mol $NH_4HS(s)$.

mol	$NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$
Αρχικά	n
Αντιδρούν	x
Παράγονται	$x \quad x$
Ισορροπία	$(n-x) \quad x \quad x$

Από τη γραφική παράσταση της ολικής πίεσης στο εσωτερικό του δοχείου ως συνάρτηση του χρόνου διαπιστώνουμε ότι η ολική πίεση του αερίου μίγματος μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας είναι ίση με 0,82 atm.

$$P_{\text{ολική}} \cdot V = n_{\text{ολικά (g)}} \cdot R \cdot T \Rightarrow n_{\text{ολικά (g)}} = \frac{P_{\text{ολική}} \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow x \text{ mol} + x \text{ mol} = \frac{0,82 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 500 \text{ K}} \Rightarrow$$

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

Επομένως μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας περιέχονται στο δοχείο 0,1 mol $NH_3(g)$ και 0,1 mol $H_2S(g)$.

β) Η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης ① υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_c = [NH_3] \cdot [H_2S] = \left(\frac{n_{NH_3}}{V} \right) \cdot \left(\frac{n_{H_2S}}{V} \right) = \left(\frac{0,1}{10} \text{ M} \right) \cdot \left(\frac{0,1}{10} \text{ M} \right) = 10^{-4} \text{ M}^2.$$

Επομένως η σταθερά της χημικής ισορροπίας ① στους 227 °C είναι ίση με 10^{-4} M^2 .

γ) Από τη γραφική παράσταση της ολικής πίεσης στο εσωτερικό του δοχείου ως συνάρτηση του χρόνου διαπιστώνουμε ότι η ισορροπία αποκαθίσταται μετά από χρόνο 20 s.

Η μέση ταχύτητα σχηματισμού του H_2S υπολογίζεται από τη σχέση:

$$v_{H_2S} = \frac{\Delta[H_2S]}{\Delta t} = \frac{\frac{n_{H_2S}}{V}}{\Delta t} = \frac{\frac{0,1}{10} \text{ M}}{20 \text{ s}} = \frac{0,01 \text{ M}}{20 \text{ s}} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}.$$

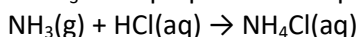
Επομένως η μέση ταχύτητα σχηματισμού του H_2S από την αρχή της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας ①, είναι ίση με $5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}$.

ε) Έστω ότι από την ισορροπία ① απομονώνονται γ mol αέριας NH_3 , τα οποία και διοχετεύονται στο υδατικό διάλυμα Δ1 όπου περιέχονται:

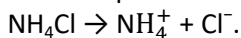
$$n_{HCl} = c \cdot V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol}.$$

$$n_{NH_4Cl} = c \cdot V = 0,7 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,07 \text{ mol}.$$

Η NH_3 αντιδρά με το HCl σύμφωνα με την χημική εξίσωση ②:



Αν η NH_3 αντιδρούσε στοιχειομετρικά με το HCl τότε θα υπήρχε στο δοχείο μόνο το άλας NH_4Cl η διάσταση του οποίου περιγράφεται με την χημική εξίσωση:



Το ιόν Cl^- επειδή είναι συζυγής βάση του HCl , που είναι ισχυρότατο οξύ, δεν αντιδρά με το H_2O . Το άλλο ιόν, δηλαδή το NH_4^+ , είναι συζυγές οξύ της NH_3 και αντιδρά με το H_2O σύμφωνα με την χημική εξίσωση: $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$.

Επειδή παράγονται ιόντα H_3O^+ στο διάλυμα Δ2 που προκύπτει θα έπρεπε να ισχύει ότι: $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$. Δηλαδή θα έπρεπε να προκύψει όξινο διάλυμα. Όμως αυτό δεν μπορεί να συμβεί καθώς από την εκφώνηση γνωρίζουμε ότι το διάλυμα Δ2 που προκύπτει έχει $\text{pH} = 9$ δηλαδή είναι βασικό. Επομένως συμπεραίνουμε ότι από την αντίδραση ② θα πρέπει να περισσεύει η βάση NH_3 .

mol	$\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$	
Αρχικά	y	0,01
Αντιδρούν	0,01	0,01
Παράγονται		0,01
Τελικά	$y - 0,01$	0,08

Το διάλυμα Δ2 χαρακτηρίζεται ως ρυθμιστικό, καθώς σε αυτό περιέχεται η ασθενής βάση NH_3 και το συζυγές οξύ NH_4^+ , που προκύπτει από την πλήρη διάσταση του άλατος NH_4Cl . Στο ρυθμιστικό διάλυμα Δ2 σύμφωνα με την εξίσωση των Henderson και Hasselbalch ισχύει ότι:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_{a(\text{NH}_4^+)} \cdot \frac{[\text{οξύ}]}{[\text{βάση}]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{K_{b(\text{NH}_3)}} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ M}} \cdot \frac{0,08}{\frac{y-0,01}{V} \text{ M}} \Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = \frac{10^{-9} \text{ M}}{2} \cdot \frac{0,08 \text{ M}}{(y-0,01) \text{ M}} \Rightarrow 2 = \frac{0,08}{y-0,01} \Rightarrow 2 \cdot y - 0,02 = 0,08 \Rightarrow 2 \cdot y = 0,1$$

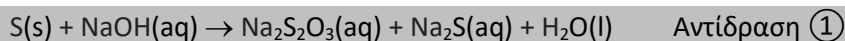
$$\Rightarrow y = 0,05.$$

Επομένως πρέπει να απομονωθούν 0,05 mol αέριας NH_3 από την ισορροπία ① και να διοχετευθούν στο διάλυμα Δ1 ώστε να προκύψει διάλυμα Δ2 με $\text{pH} = 9$.

Θέμα 4° 25519 (3° 1οβ 5°)

Το θειοθειικό νάτριο ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) χρησιμοποιείται στη χαρτοποιία, στην τήξη ορυκτού αργύρου, στην παραγωγή δερμάτινων αγαθών, στη βαφή υφασμάτων και αλλού.

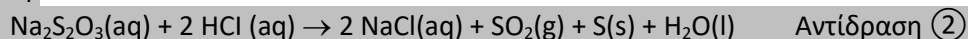
α) Το $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ παρασκευάζεται με ανάμιξη στερεού θείου (S) με υδατικό διάλυμα NaOH και θέρμανση μέχρι βρασμού. Η μη ισοσταθμισμένη εξίσωση που περιγράφει την οξειδοαναγωγική αντίδραση είναι:



i) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές της χημικής εξίσωσης της αντίδρασης ①. (μονάδες 3)

ii) Να υπολογίσετε τη μάζα (σε g) του στερεού S που απαιτείται για να αντιδράσει πλήρως με 60 mL διαλύματος NaOH συγκέντρωσης 0,1 M. (μονάδες 7)

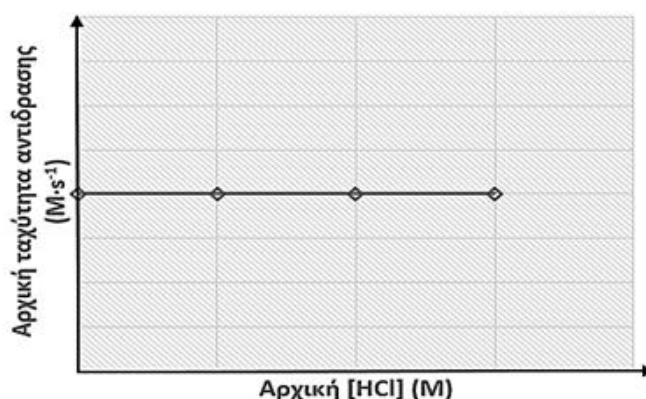
β) Το θειοθειικό νάτριο αντιδρά με διάλυμα HCl σύμφωνα με την αντίδραση που παριστάνεται από τη χημική εξίσωση:



i) Μία ομάδα μαθητών διερεύνησε στο εργαστήριο πώς επηρεάζει την ταχύτητα της αντίδρασης ② η

μεταβολή στην αρχική συγκέντρωση του διαλύματος HCl , διατηρώντας την αρχική συγκέντρωση του διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ σταθερή και μετρώντας σε κάθε πείραμα τον χρόνο που απαιτήθηκε για την εμφάνιση θολώματος εξαιτίας του σχηματισμού στερεού θείου (S). Μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων οι μαθητές σχεδίασαν το παρακάτω διάγραμμα της αρχικής ταχύτητας της αντίδρασης ② σε συνάρτηση με την αρχική συγκέντρωση του διαλύματος HCl .

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα να εξηγήσετε ποια είναι η τάξη της αντίδρασης προς το HCl . (μονάδες 3)



Αρχική συγκέντρωση
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (M)

Αρχική ταχύτητα
αντίδρασης ($\text{M} \cdot \text{s}^{-1}$)

ii) Μία άλλη ομάδα μαθητών διερεύνησε με παρόμοιο τρόπο πώς επηρεάζει την ταχύτητα της αντίδρασης ② η μεταβολή

Πείραμα 1	0,04	0,004
Πείραμα 2	0,06	0,006
Πείραμα 3	0,08	0,008
Πείραμα 4	0,10	0,010

στην αρχική συγκέντρωση του διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, διατηρώντας την αρχική συγκέντρωση του διαλύματος HCl σταθερή. Μετά από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψαν τα παρακάτω δεδομένα:

Χρησιμοποιώντας ορισμένα από τα πειραματικά δεδομένα να προσδιορίσετε το νόμο ταχύτητας της αντίδρασης αιτιολογώντας την απάντησή σας. (μονάδες 6)

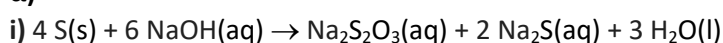
iii) Να εξηγήσετε ποια είναι η τάξη της αντίδρασης. (μον.2)

iv) Να προσδιορίσετε τη σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης. (μονάδες 4)

Δίνεται: $A_r(\text{S}) = 32$ **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α)



ii) Τα mol του NaOH είναι ίσα με:

$$n = c \cdot V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,06 \text{ L} = 0,006 \text{ mol}$$

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε:

4 mol S αντιδρούν με 6 mol NaOH

x mol S αντιδρούν με 0,006 mol NaOH

$$\frac{4}{x} = \frac{6}{0,006} \Rightarrow x = 0,004$$

Απαιτούνται 0,004 mol S για να αντιδράσουν πλήρως με το διάλυμα NaOH.

Η μάζα του S είναι ίση με:

$$m = n \cdot A_r(\text{S}) \Rightarrow m = 0,004 \cdot 32 \text{ g} \Rightarrow m = 0,128 \text{ g}$$

Επομένως απαιτούνται 0,128 g S για να αντιδράσουν πλήρως με το διάλυμα NaOH.

β)

i) Όπως προκύπτει από το διάγραμμα, η αρχική ταχύτητα της αντίδρασης παραμένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από την αρχική συγκέντρωση του διαλύματος HCl . Επομένως η συγκέντρωση του HCl δεν εμφανίζεται στο νόμο ταχύτητας και η τάξη της αντίδρασης ως προς το HCl είναι μηδενική.

ii) Αφού η ταχύτητα της αντίδρασης είναι ανεξάρτητη από τη συγκέντρωση του διαλύματος HCl , ο νόμος ταχύτητας της αντίδρασης θα είναι της μορφής:

$$v = k \cdot [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]^x$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές από τα Πειράματα 1 και 4 ισχύει:

$$\text{Πείραμα 1: } 0,004 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1} = k \cdot (0,04 \text{ M})^x \quad \text{Σχέση (1)}$$

$$\text{Πείραμα 2: } 0,01 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1} = k \cdot (0,1 \text{ M})^x \quad \text{Σχέση (2)}$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

$$\frac{0,004}{0,01} = \frac{0,04^x}{0,1^x} \Rightarrow 0,4 = 0,4^x \Rightarrow x = 1$$

Επομένως ο νόμος ταχύτητας της αντίδρασης θα είναι:

$$v = k \cdot [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$$

iii) Η τάξη της αντίδρασης είναι ίση με το άθροισμα των εκθετών των συγκεντρώσεων των ουσιών που συμμετέχουν στο νόμο ταχύτητας. Επομένως, στη συγκεκριμένη αντίδραση η τάξη θα είναι ίση με 1 (αντίδραση 1ης τάξης).

iv) Η σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης υπολογίζεται από το νόμο ταχύτητας, αν γίνει αντικατάσταση μίας τιμής της αρχικής συγκέντρωσης του διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ και της αντίστοιχης τιμής της αρχικής ταχύτητας.

Από τα δεδομένα του πειράματος 4, για $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] = 0,1 \text{ M}$ και για $v = 0,01 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ ισχύει:

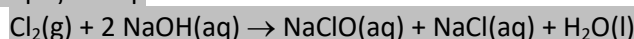
$$v = k \cdot [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] \Rightarrow k = \frac{v}{[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]} \Rightarrow k = \frac{0,01 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}}{0,1 \text{ M}} \Rightarrow k = 0,1 \text{ s}^{-1}$$

Επομένως η σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης είναι ίση με $k = 0,1 \text{ s}^{-1}$

Θέμα 4° 25520 (5° 1° β)

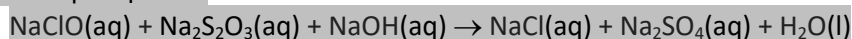
α) Όταν διαλυθεί χλώριο (Cl_2) στο νερό προκύπτει το ασθενές οξύ με μοριακό τύπο HClO , που ονομάζεται υποχλωριώδες οξύ. Υδατικό διάλυμα HClO 0,01 M έχει $\text{pH} = 5$. Να υπολογίσετε τη σταθερά ιοντισμού K_a του υποχλωριώδους οξέος. (μονάδες 5)

β) Ένα άλας του υποχλωριώδους οξέος (HClO) είναι το υποχλωριώδες νάτριο (NaClO). Το υδατικό διάλυμα του NaClO είναι γνωστό στο εμπόριο ως χλωρίνη. Μία μέθοδος παρασκευής της βασίζεται στη διαβίβαση αερίου χλωρίου σε διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου. Η αντίδραση που συμβαίνει περιγράφεται με τη χημική εξίσωση:



6,72 L αερίου Cl_2 σε STP συνθήκες διαβιβάζονται σε 300 mL διαλύματος NaOH συγκέντρωσης 2 M και προκύπτει διάλυμα όγκου 300 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος που προκύπτει. (μονάδες 10)

γ) Χλωρίνη χρησιμοποιείται και κατά τη λεύκανση των υφάνσιμων ινών στα εργοστάσια παραγωγής υφασμάτων. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας λεύκανσης η χλωρίνη θα πρέπει να απομακρυνθεί από τις υφάνσιμες ίνες. Για το σκοπό αυτό προστίθεται διάλυμα $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ σε βασικό περιβάλλον, ώστε η χλωρίνη να αντιδράσει πλήρως με αυτό. Η μη ισοσταθμισμένη εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση είναι:



i) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές της παραπάνω χημικής εξίσωσης. (μονάδες 3)

ii) Να υπολογίσετε τον όγκο υδατικού διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ συγκέντρωσης 0,1 M που απαιτείται για να αντιδράσει πλήρως με 0,02 mol NaClO . (μονάδες 7)

Δίνεται ότι:

Όλες οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται σε θερμοκρασία 25 °C, όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. Τα δεδομένα των ερωτημάτων α και β επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Στο διάλυμα συμβαίνει ιοντισμός του HClO όπου περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση και η εξέλιξη της εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα:

M	HClO	+	H_2O	\rightleftharpoons	ClO^-	+	H_3O^+
αρχικά	0,01						
ιοντίζονται	x						
παράγονται					x		x
οντική ισορροπία	0,01 - x				x		x

Αφού το $\text{pH} = 5 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5} \text{ M}$ επομένως $x = 10^{-5} \text{ M}$.

Η τιμή της σταθεράς ιοντισμού K_a του HClO δίνεται από τη σχέση:

$$K_{a,\text{HClO}} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{(0,01 - x) \text{ M}}$$

Αφού τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις, θα ισχύει: $0,01 - x \approx 0,01$.

Άρα,

$$K_{a,\text{HClO}} = \frac{(10^{-5})^2 \text{ M}^2}{0,01 \text{ M}} \Rightarrow K_{a,\text{HClO}} = 10^{-8} \text{ M}$$

Επομένως, η σταθερά ιοντισμού K_a του οξέος HClO είναι ίση με 10^{-8} M .

β) Τα mol του αερίου Cl_2 είναι ίσα με:

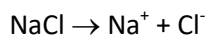
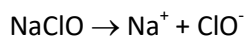
$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{6,72 \text{ L}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,3 \text{ mol}$$

Τα mol του NaOH στο διάλυμα NaOH είναι ίσα με: $n = c \cdot V = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,3 \text{ L} = 0,6 \text{ mol}$.

Από τη στοιχειομετρία της παρακάτω αντίδρασης έχουμε:

mol	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaClO}(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$				
αρχικά	0,3	0,6			
αντιδρούν	0,3	0,6			
παράγονται			0,3	0,3	
εελικά	-	-	0,3	0,3	

Στο τελικό διάλυμα υπάρχουν τα παρακάτω ιόντα που προκύπτουν από τις διαστάσεις των αλάτων NaClO και NaCl:



Το pH του τελικού διαλύματος δεν επηρεάζεται από τα ιόντα Na^+ και Cl^- αλλά μόνο από τα ιόντα ClO^- , επειδή μόνο αυτά αντιδρούν με το νερό καθώς προέρχονται από το ασθενές οξύ HClO.

Η συγκέντρωση του NaClO στο τελικό διάλυμα όγκου 300 mL είναι ίση με:

$$c_{\text{NaClO}} = \frac{n}{V} = \frac{0,3 \text{ mol}}{0,3 \text{ L}} = 1 \text{ M}$$

Η συγκέντρωση των ιόντων ClO^- βρίσκεται από τη διάσταση του NaClO:

M	$\text{NaOCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{ClO}^-$		
αρχικά	1		
δίστανται	1		
παράγονται		1	1
εελικά		1	1

Άρα η συγκέντρωση των ιόντων ClO^- είναι ίση με 1 M.

Τα ιόντα ClO^- αντιδρούν με το νερό, όπως φαίνεται στον πίνακα:

M	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$			
αρχικά	1			
οντίζονται	y			
παράγονται			y	y
οντική ισορροπία	1 - y		y	y

Η K_b του ClO^- υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_{b,\text{ClO}^-} = \frac{K_w}{K_{a,\text{HClO}}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-8} \text{ M}} = 10^{-6} \text{ M}$$

Η συγκέντρωση των ιόντων OH^- βρίσκεται από τη σχέση:

$$K_{b,\text{ClO}^-} = \frac{[\text{HClO}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{ClO}^-]} \Rightarrow 10^{-6} \text{ M} = \frac{y^2 \text{ M}^2}{(1 - y) \text{ M}}$$

Αφού τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις, θα ισχύει: $1 - y \approx 1$. Άρα,

$$10^{-6} \text{ M} = \frac{y^2 \text{ M}^2}{1 \text{ M}} \Rightarrow y = 10^{-3}$$

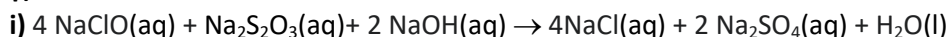
Άρα η συγκέντρωση των ιόντων OH^- είναι ίση με 10^{-3} M .

$$y = [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 3.$$

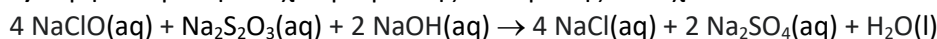
$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 3 \Rightarrow \text{pH} = 11.$$

Επομένως το pH του διαλύματος χλωρίνης που προκύπτει είναι ίσο με 11.

γ)



ii) Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης θα ισχύει:



4 mol αντιδρούν με 1 mol

0,02 mol αντιδρούν με z mol

$$\frac{4 \text{ mol}}{0,02 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mol}}{z \text{ mol}} \Rightarrow z = 0,005$$

Άρα απαιτούνται 0,005 mol διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Ο όγκος του διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ βρίσκεται από τη σχέση:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow V = \frac{n}{c} = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,05 \text{ L ή } 50 \text{ mL}$$

Επομένως ο όγκος υδατικού διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 M που απαιτείται για να αντιδράσει πλήρως με 0,02 mol NaClO είναι 50 mL.

Θέμα 4° 25649 (1° 5°)

Για την απομόνωση και την μελέτη των ιδιοτήτων βιομορίων όπως είναι οι πρωτεΐνες πολλές φορές εφαρμόζεται τεχνική κατά την οποία σε ελαστική ημιπερατή μεμβράνη (διακεκομμένη γραμμή) τοποθετείται κυτταρικό εκχύλισμα (διάλυμα Δ1) και έρχεται σε επαφή με υπερτονικό διάλυμα (διάλυμα Δ2) πολύ μεγαλύτερου όγκου όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

α) Στην ελαστική ημιπερατή μεμβράνη τοποθετούνται $V_1 = 50 \text{ mL}$ μοριακού διαλύματος Δ1 συγκέντρωσης 0,01 M). Το διάλυμα Δ2 είναι επίσης μοριακό και έχει συγκέντρωση 0,2 M και όγκο $V_2 = 1500 \text{ mL}$.

Η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε ψυκτικό θάλαμο σε θερμοκρασία 7°C .

i. Να υπολογίσετε την ωσμωτική πίεση του διαλύματος Δ1. (μονάδες 4)

ii. Να υπολογίσετε τον λόγο των τελικών όγκων $\frac{V'_1}{V'_2}$ που θα αποκτήσουν τα διαλύματα Δ1 και Δ2 όταν θα έχουν εξισωθεί οι ωσμωτικές τους πιέσεις. (μονάδες 8)

β) Κατά την εφαρμογή της παραπάνω εργαστηριακής τεχνικής και προκειμένου να αποφευχθεί η καταστροφή της δομής των βιομορίων, το υπερτονικό διάλυμα πρέπει να είναι ρυθμιστικό διάλυμα κατάλληλου pH. Με προσθήκη 2 g NaOH σε όγκο $V_3 = 550 \text{ mL}$ διαλύματος NH_4Cl συγκέντρωσης $c_3 = 1 \text{ M}$ (διάλυμα Δ3) και εν συνεχεία συμπλήρωση με την απαραίτητη ποσότητα νερού μέχρι τελικού όγκου $V_4 = 2200 \text{ mL}$ παρασκευάζεται ρυθμιστικό διάλυμα (διάλυμα Δ4) κατάλληλου pH.

i. Να υπολογίσετε το pH του ρυθμιστικού διαλύματος Δ4 που παρασκευάστηκε με την παραπάνω διαδικασία. (μονάδες 9)

ii. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση $[\text{Cl}^-]$ στο ρυθμιστικό διάλυμα Δ4. (μονάδες 4)

Μονάδες 25

Δίνονται:

Η παγκόσμια σταθερά των αερίων $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ Οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{O})=16$, $A_r(\text{Na})=23$. Τα διαλύματα Δ1 και Δ2 βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. $K_{b(\text{NH}_3)} = 10^{-5} \text{ M}$. Στο ερώτημα β, η θερμοκρασία είναι ίση με 25°C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις.

Ενδεικτική επίλυση

α) Για την ωσμωτική πίεση του διαλύματος Δ1 θα ισχύει η σχέση του Van t' Hoff

$$\Pi \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow \Pi = c \cdot R \cdot T \Rightarrow \Pi = 0,01 \text{ M} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273+7) \text{ K} \Rightarrow \Pi = 0,2296 \text{ atm.}$$

Η ωσμωτική πίεση του διαλύματος Δ1 βρίσκεται να είναι ίση με $\Pi = 0,2296 \text{ atm}$.

i. Οι όγκοι των δύο διαλυμάτων θα σταματήσουν να μεταβάλλονται όταν εξισωθούν οι ωσμωτικές τους πιέσεις. Έστω Π'_1 και Π'_2 οι ωσμωτικές πιέσεις των Δ1 και Δ2 αντίστοιχα.

Θα ισχύει:

$$\Pi'_1 = \Pi'_2 \Rightarrow \frac{n_1 \cdot R \cdot T}{V'_1} = \frac{n_2 \cdot R \cdot T}{V'_2} \Rightarrow \frac{V'_1}{V'_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Στο διάλυμα Δ1 περιέχονται συνολικά

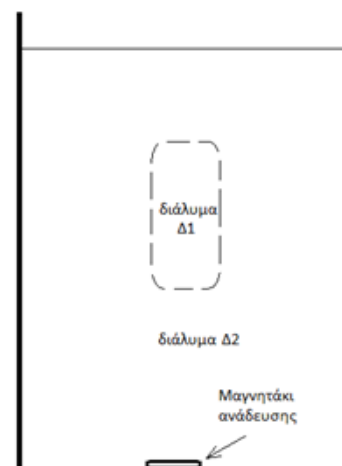
$$n_1 = c_1 \cdot V_1 = 0,01 \text{ M} \cdot 0,05 \text{ L} \Rightarrow n_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol διαλυμένων ουσιών.}$$

Στο διάλυμα Δ2 περιέχονται συνολικά

$$n_2 = c_2 \cdot V_2 = 0,2 \text{ M} \cdot 1,5 \text{ L} \Rightarrow n_2 = 0,3 \text{ mol} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ mol διαλυμένων ουσιών.}$$

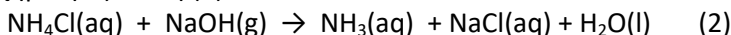
Τα mol των διαλυμένων ουσιών σε κάθε διάλυμα δεν μεταβάλλονται κατά τη διαδικασία. Επομένως για την αναλογία των τελικών όγκων των δύο διαλυμάτων θα ισχύει:

$$\frac{V'_1}{V'_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \frac{V'_1}{V'_2} = \frac{1}{600}$$



β)

i. Όταν προστεθεί NaOH στο διάλυμα Δ3 θα πραγματοποιηθεί η αντίδραση οξέος- βάσης που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση (2).



Η σχετική μοριακή μάζα του NaOH είναι:

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

Άρα η μοριακή μάζα του NaOH είναι:

$$M = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Τα mol NaOH που προστίθενται στο διάλυμα Δ4 είναι:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2 \text{ g}}{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,05 \text{ mol NaOH}$$

Στο διάλυμα Δ3 περιέχονται $n_3 = c_3 \cdot V_3 = 1 \text{ M} \cdot 0,55 \text{ L} \Rightarrow n_3 = 0,55 \text{ mol NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$

Οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών καθώς εξελίσσεται το φαινόμενο μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

mol	$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$	$+$	$\text{NaOH}(\text{g})$	\rightarrow	$\text{NH}_3(\text{aq})$	$+$	$\text{NaCl}(\text{aq})$	$+$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
αρχικά	0,55		0,05						
αντιδρούν	0,05		0,05						
παράγονται					0,05				
τελικά	0,5		0		0,05		0,05		

Μετά την προσθήκη νερού παρασκευάζεται το ρυθμιστικό διάλυμα Δ4 που έχει όγκο ίσο με 2200 mL και περιέχει 0,5 mol $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$ και 0,05 mol $\text{NH}_3(\text{aq})$.

Για τη σταθερά ιοντισμού του NH_4^+ ισχύει:

$$K_{a_{\text{NH}_4^+}} \cdot K_{b_{\text{NH}_3}} = K_w \Rightarrow K_{a_{\text{NH}_4^+}} = \frac{K_w}{K_{b_{\text{NH}_3}}} \Rightarrow K_{a_{\text{NH}_4^+}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-5} \text{ M}} \Rightarrow K_{a_{\text{NH}_4^+}} = 10^{-9} \text{ M}$$

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

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{c_{\text{NH}_3}}{c_{\text{NH}_4\text{Cl}}} = -\log 10^{-9} + \log \frac{\frac{0,05 \text{ mol}}{2,2 \text{ L}}}{\frac{0,5 \text{ mol}}{2,2 \text{ L}}} = 9 + \log 0,1 \Rightarrow \text{pH} = 8$$

Επομένως το pH του ρυθμιστικού διαλύματος Δ4 είναι ίσο με 8.

ii. Στο διάλυμα Δ4 περιέχονται 0,5 mol NH_4Cl και 0,05 mol NaCl.

Το NH_4Cl δίσταται και η στοιχειομετρία της διάστασης δίνεται στον παρακάτω πίνακα

mol	$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$+$	$\text{Cl}^-(\text{aq})$
αρχικά	0,5			
αντιδρούν	0,5			
παράγονται		0,5		0,5
τελικά	0	0,5		0,5

Το NaCl δίσταται και η στοιχειομετρία της διάστασης δίνεται στον παρακάτω πίνακα

mol	$\text{NaCl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$	$\text{Na}(\text{aq})$	$+$	$\text{Cl}^-(\text{aq})$
αρχικά	0,05			
αντιδρούν	0,05			
παράγονται		0,05		0,05
τελικά	0	0,05		0,05

Στο Δ4 περιέχονται $0,5 + 0,05 = 0,55 \text{ mol Cl}^-$.

Ο όγκος του Δ4 είναι 2200 mL ή 2,2 L.

$$\text{Ισχύει ότι } [\text{Cl}^-] = \frac{n_{\text{Cl}^-}}{V_3} \Rightarrow [\text{Cl}^-] = \frac{0,55 \text{ mol}}{2,2 \text{ L}} \Rightarrow [\text{Cl}^-] = 0,25 \text{ M}$$

Άρα η $[\text{Cl}^-]$ στο ρυθμιστικό διάλυμα Δ4 θα είναι ίση με 0,25 M.

β' τρόπος: Τα mol των ιόντων Cl^- που περιέχονται στο διάλυμα Δ4 είναι ίσα με αυτά που περιέχονταν στο διάλυμα Δ3 πριν την προσθήκη του NaOH καθώς η ποσότητά τους δεν μεταβλήθηκε από την αντίδραση οξέος- βάσης. Επομένως η συγκέντρωσή τους επηρεάστηκε μόνο από την αραιώση του αρχικού διαλύματος από τα 550 mL στα 2200 mL (αραιώση). Άρα για τη συγκέντρωση των ιόντων Cl^- στο διάλυμα Δ4 θα ισχύει: $1 \cdot 0,55 = [\text{Cl}^-] \cdot 2,2 \Rightarrow [\text{Cl}^-] = 0,25 \text{ M}$.

Θέμα 4° 25650 (4° 1οβ)

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

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 $c_1 = 0,03 \text{ M}$ οξινισμένου με θειικό οξύ (H_2SO_4) (διάλυμα Δ1).

i. Να γράψετε τις αντιδράσεις πλήρους οξειδωσης κάθε ενός εκ των προϊόντων με το οξινισμένο 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) Για την ομογενή χημική ισορροπία που περιγράφεται με την χημική εξίσωση (1) η έκφραση της σταθεράς χημικής ισορροπίας K_c είναι:

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

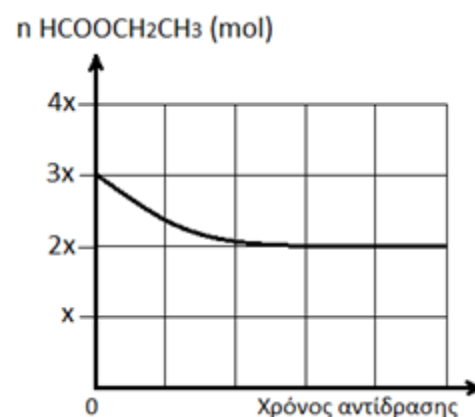
i. Σύμφωνα με τα δεδομένα του διαγράμματος 1 αν στην αρχή της αντίδρασης έχουν εισαχθεί 3x mol κάθε αντιδρώντος (εισάγονται ισομοριακές ποσότητες) στην κατάσταση χημικής ισορροπίας θα βρίσκονται στο δοχείο 2x mol καθενός από αυτά.

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:

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

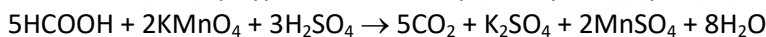


(Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση της χημικής ισορροπίας (1) η K_c είναι καθαρός αριθμός, δηλαδή δεν έχει μονάδες).

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:

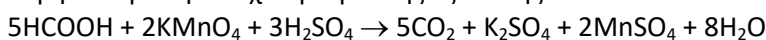


ii. Τα mol του υπερμαγγανικού καλίου που καταναλώνονται για την οξείδωση των δύο προϊόντων της αντίδρασης (1) υπολογίζονται από την συγκέντρωση και τον όγκο του Δ1 που καταναλώθηκε σύμφωνα με τη σχέση:

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

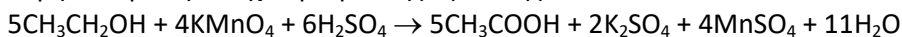
Τα δύο προϊόντα σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης (1) παράγονται σε ίσες ποσότητες κατά την υδρόλυση του εστέρα. Έστω n τα mol κάθε προϊόντος.

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης



n mol HCOOH οξειδώνονται πλήρως όταν αντιδράσουν με $\frac{2 \cdot n}{5}$ mol KMnO₄. (3)

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης



n mol CH₃CH₂OH οξειδώνονται πλήρως όταν αντιδράσουν με $\frac{4 \cdot n}{5}$ mol KMnO₄. (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 25687 (5^ο)

Στο σχολικό εργαστήριο διατίθεται υδατικό διάλυμα NH₃ (διάλυμα Δ1).

α) Μια μαθήτρια διαπιστώνει με την βοήθεια πεχαμέτρου ότι το διάλυμα Δ1 εμφανίζει pH ίσο με 11. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 σε NH₃. (μονάδες 8)

β) Σε 500 mL του διαλύματος Δ1 η μαθήτρια προσθέτει 2 g NaOH, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ2 όγκου 500 mL. Να υπολογίσετε την αναμενόμενη ένδειξη του πεχαμέτρου στο διάλυμα Δ2. (μονάδες 8)

γ) Σε 100 mL του διαλύματος Δ1 η μαθήτρια προσθέτει 100 mL υδατικού διαλύματος NH₄Cl 1 M, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ3, όγκου 200 mL. Να υπολογίσετε την αναμενόμενη ένδειξη του πεχαμέτρου στο διάλυμα Δ3. (μονάδες 9)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{O}) = 16$ και $A_r(\text{Na}) = 23$. Όλες οι παραπάνω διαδικασίες 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 $K_b = 10^{-5} \text{ M}$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Έστω $x \text{ M}$ η συγκέντρωση της NH₃. Στο διάλυμα Δ1 έχουμε μερικό ιοντισμό της NH₃ που περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα.

M	NH ₃	+	H ₂ O	⇌	NH ₄ ⁺	+	OH ⁻
αρχικά	x						
αντιδρούν	y						
παράγονται					y		y
χημική ισορροπία	x - y	≈	x		y		y

Αφού $\text{pH} = 11 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - 11 \Rightarrow \text{pOH} = 3 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$ επομένως $y = 10^{-3}$.

Από τη σχέση της τιμής της σταθεράς ιοντισμού της NH₃ προκύπτει:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = \frac{y^2}{x} \text{ M} \Rightarrow x = \frac{(10^{-3})^2}{10^{-5}} \Rightarrow x = 0,1$$

Άρα η συγκέντρωση της NH_3 στο διάλυμα Δ1 είναι $c = 0,1 \text{ M}$

β) Η σχετική μοριακή μάζα του NaOH είναι: $M_r(\text{NaOH}) = 1 \cdot A_r(\text{Na}) + 1 \cdot A_r(\text{O}) + 1 \cdot A_r(\text{H}) = 23 + 16 + 1 = 40$. Άρα η μάζα ανά mol του NaOH είναι: $M = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Τα mol NaOH στο διάλυμα Δ2 είναι:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2}{40} \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$$

Ο όγκος του διαλύματος Δ2 είναι $V = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$, οπότε η συγκέντρωση c_1 του NaOH στο διάλυμα Δ2 είναι:

$$c_1 = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Η συγκέντρωση της NH_3 είναι $c = 0,1 \text{ M}$.

Το NaOH δίσταται: $\text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ δίνοντας $[\text{OH}^-] = 0,1 \text{ M}$

Στο διάλυμα Δ2 έχουμε επίδραση κοινού ιόντος στον μερικό ιοντισμό της NH_3 , όπως περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώσεων.

M	NH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	NH_4^+	+	OH^-
αρχικά	0,1						0,1
αντιδρούν	z						
παράγονται					z		z
χημική ισορροπία	$0,1 - z \approx 0,1$				z		$0,1 + z \approx 0,1$

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = \frac{0,1 \cdot z}{0,1} \text{ M} \Rightarrow z = 10^{-5}$$

Επομένως $[\text{OH}^-] = 0,1 \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 1 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 1 \Rightarrow \text{pH} = 13$.

Βλέπουμε ότι στο συγκεκριμένο διάλυμα η συνεισφορά της ασθενούς βάσης είναι αμελητέα και το pH του διαλύματος Δ2 καθορίζεται μόνο από τη ισχυρή βάση NaOH .

γ) Η NH_3 δεν αντιδρά με το NH_4Cl , οπότε η ανάμειξη των διαλυμάτων έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή των συγκεντρώσεων των δύο ουσιών λόγω αραιώσης, ως εξής:

NH_3 (αρχική συγκέντρωση: $c = 0,1 \text{ M}$, αρχικός όγκος $V' = 0,1 \text{ L}$, τελική συγκέντρωση c' M, τελικός όγκος $2 \cdot V' = 0,2 \text{ L}$): $c \cdot V' = c' \cdot 2V' \Rightarrow 0,1 \cdot 0,1 \text{ M} = c' \cdot 0,2 \Rightarrow c' = 0,05 \text{ M}$

NH_4Cl (αρχική συγκέντρωση: $c_2 = 1 \text{ M}$, αρχικός όγκος $V' = 0,1 \text{ L}$, τελική συγκέντρωση c_2' M, τελικός όγκος $2 \cdot V' = 0,2 \text{ L}$): $c_2 \cdot V' = c_2' \cdot 2V' \Rightarrow 1 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} = c_2' \cdot 0,2 \text{ L} \Rightarrow c_2' = 0,5 \text{ M}$.

Το NH_4Cl δίσταται: $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$. Το Cl^- δεν αντιδρά με το νερό, ενώ το συζυγές ζεύγος: $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ σχηματίζει ρυθμιστικό διάλυμα.

Με δεδομένο ότι για την NH_3 $\text{p}K_b = 5 \Rightarrow \text{p}K_a = 14 - 5 \Rightarrow \text{p}K_a = 9$, έχουμε:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c'}{c_2'} = 9 + \log \frac{0,05}{0,5} = 9 - 1 = 8$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ3 είναι 8.

Θέμα 4° 25688 (5°)

Διαθέτουμε υδατικό διάλυμα NaOH (διάλυμα Δ1) το οποίο έχει όγκο 2 L και έχει προκύψει από την διάλυση 8 g NaOH σε νερό.

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

β) Να υπολογίσετε την ποσότητα σε mol του αερίου HCl που απαιτείται να διαλυθεί σε 500 mL του διαλύματος Δ1 ώστε να προκύψει διάλυμα Δ2 με $\text{pH} = 1$. Η διάλυση του αερίου HCl δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος. (μονάδες 9)

γ) Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ3 που θα προκύψει από την διάλυση 6 g καθαρού CH_3COOH σε 500 mL του διαλύματος Δ1. Η διάλυση του CH_3COOH θεωρούμε ότι δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος. (μονάδες 10)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{C}) = 12$, $A_r(\text{O}) = 16$ και $A_r(\text{Na}) = 23$. Όλες οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται σε θερμοκρασία 25°C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει

τιμή $K_w=10^{-14} \text{ M}^2$ και η σταθερά ιοντισμού του CH_3COOH έχει τιμή $K_a=10^{-5} \text{ M}$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Η σχετική μοριακή μάζα του NaOH είναι: $M_r(\text{NaOH}) = 1 \cdot A_r(\text{Na}) + 1 \cdot A_r(\text{O}) + 1 \cdot A_r(\text{H}) = 23 + 16 + 1 = 40$. Άρα η μάζα ανά mol του NaOH είναι: $M_{\text{NaOH}} = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Τα mol NaOH στο διάλυμα Δ2 είναι:

$$n = \frac{m}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{8}{40} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}$$

Η συγκέντρωση c του NaOH στο διάλυμα Δ1 είναι:

$$c = \frac{0,2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το NaOH δίσταται: $\text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ δίνοντας $0,1 \text{ M Na}^+$ που δεν αντιδρά με το νερό και $0,1 \text{ M OH}^-$. Επομένως, $\text{pOH}=1 \Rightarrow \text{pH}=14-1 \Rightarrow \text{pH}=13$.

β) Τα mol NaOH που περιέχονται στο διάλυμα Δ2 (όγκου $V_1 = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$) είναι: $n_1 = c \cdot V_1 = 0,1 \cdot 0,5 \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$ και τα mol του HCl έστω ότι είναι $n_2 = x_2 \text{ mol}$. Το ισχυρό οξύ με την ισχυρή βάση αντιδρούν μεταξύ τους με το HCl να είναι σε περίσσεια γιατί το διάλυμα Δ2 είναι όξινο.

mol	$\text{NaOH} +$	$\text{HCl} \rightarrow$	$\text{NaCl} +$	H_2O
αρχικά	0,05	x_2		
αντιδρούν	0,05	0,05		
παράγονται			0,05	
εελικά	-	$x_2 - 0,05$	0,05	

Οι συγκεντρώσεις των δύο διαλυμένων ουσιών στο διάλυμα Δ2 είναι:

$$c_{\text{HCl}} = \frac{(x_2 - 0,05) \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = (2 \cdot x_2 - 0,1) \text{ M}$$

$$c_{\text{NaCl}} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το NaCl δίσταται: $\text{NaCl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

Το HCl ιοντίζεται πλήρως $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ δίνοντας $[\text{H}_3\text{O}^+] = (2 \cdot x_2 - 0,1) \text{ M}$

Τα ιόντα Na^+ και Cl^- δεν αντιδρούν με το νερό, επομένως:

$$\text{pH} = 1 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1} \text{ M} \Rightarrow (2 \cdot x_2 - 0,1) \text{ M} = 0,1 \text{ M} \Rightarrow x_2 = 0,1$$

Άρα προστέθηκαν $0,1 \text{ mol}$ αερίου HCl .

γ) Ο αριθμός των mol NaOH που περιέχονται στα $V_1 = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$ διαλύματος Δ1 είναι: $n_1 = c \cdot V_1 = 0,1 \cdot 0,5 \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$

Η σχετική μοριακή μάζα του CH_3COOH είναι: $M_r(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 \cdot A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) + 4 \cdot A_r(\text{H}) = 24 + 32 + 4 = 60$. Άρα η μάζα ανά mol του CH_3COOH είναι: $M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 60 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Τα mol CH_3COOH που προστέθηκαν στο διάλυμα Δ3 είναι:

$$n_2 = \frac{m_2}{M_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = \frac{6}{60} \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$$

Στο διάλυμα έχουμε αντίδραση της οποίας η στοιχειομετρία εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα.

mol	$\text{CH}_3\text{COOH} +$	$\text{NaOH} \rightarrow$	$\text{CH}_3\text{COONa} +$	H_2O
αρχικά	0,1	0,05		
αντιδρούν	0,05	0,05		
παράγονται			0,05	
εελικά	0,05	0	0,05	

Στο διάλυμα Δ3 υπάρχουν οι ουσίες CH_3COOH και CH_3COONa με συγκεντρώσεις:

$$\text{CH}_3\text{COOH}: c_3 = \frac{n_3}{V} = \frac{0,05}{0,5} \text{ M} = 0,1 \text{ M}$$

$$\text{CH}_3\text{COONa}: c_4 = \frac{n_4}{V} = \frac{0,05}{0,5} \text{ M} = 0,1 \text{ M}$$

Το CH_3COONa δίσταται: $\text{CH}_3\text{COONa} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$. Το Na^+ δεν αντιδρά με το νερό ενώ το συζυγές ζεύγος: $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$ σχηματίζει ρυθμιστικό διάλυμα.

Με δεδομένο ότι για το CH_3COOH $K_a = 10^{-5} \Rightarrow \text{p}K_a = 5$, έχουμε:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_4}{c_3} = 5 + \log \frac{0,1}{0,1} = 5$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ3 είναι 5.

Θέμα 4^ο 25689 (4^ο 5^ο)

Ανήκετε σε ομάδα μαθητών - μαθητριών η οποία μελετά την ένωση HBr. Η μελέτη γίνεται με τη βοήθεια εικονικών εργαστηριακών ασκήσεων λόγω της επικινδυνότητας του HBr. Για την παραγωγή του HBr χρησιμοποιείται η αντίδραση $\text{Br}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$ η οποία καταλήγει σε χημική ισορροπία, με τιμή σταθεράς χημικής ισορροπίας $K_c = 36$ στους $\theta^\circ \text{C}$.

α) Στο εικονικό εργαστήριο η ομάδα εισάγει 0,2 mol $\text{Br}_2(\text{g})$ και 0,2 mol $\text{H}_2(\text{g})$ σε δοχείο όγκου $V = 1 \text{ L}$. Να υπολογίσετε την ποσότητα HBr(g) σε mol, που θα υπάρχει στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας στους $\theta^\circ \text{C}$. (μονάδες 10)

β) Σε επόμενη εικονική εργαστηριακή άσκηση διαλύονται 1,12 L (μετρημένα σε STP συνθήκες) αερίου HBr σε νερό, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ1 όγκου 500 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 5)

γ) Στην τελευταία εικονική εργαστηριακή άσκηση η ομάδα διαλύει σε νερό 0,2 mol HBr και 0,4 mol NH_3 , οπότε προκύπτουν 200 mL του διαλύματος Δ2. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ2. (μονάδες 10)

Οι διαδικασίες που περιγράφονται στα ερωτήματα β και γ 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 NH_3 έχει τιμή $K_b = 10^{-5} \text{ M}$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Για την αντίδραση παραγωγής HBr ισχύει:

mol	H_2	+	Br_2	\rightleftharpoons	2 HBr
αρχικά	0,2		0,2		
αντιδρούν	x		x		
παράγονται					2x
ελικά	0,2-x		0,2-x		2x

Από την σχέση της σταθεράς χημικής ισορροπίας και αφού ο όγκος του δοχείου είναι $V = 1 \text{ L}$ έχουμε:

$$K_c = \frac{[\text{HBr}]^2}{[\text{H}_2][\text{Br}_2]} \Rightarrow 36 = \frac{\left(\frac{2x}{1}\right)^2}{\left(\frac{0,2-x}{1}\right)^2} \Rightarrow 6^2 = \frac{4x^2}{(0,2-x)^2} \Rightarrow x = 0,15$$

Άρα στο δοχείο θα υπάρχουν μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας $2 \cdot 0,15 \text{ mol} = 0,3 \text{ mol}$ HBr.

β) Τα mol HBr που διαλύθηκαν στο νερό είναι:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{1,12 \text{ L}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,05 \text{ mol}$$

Η συγκέντρωση c του διαλύματος HBr είναι:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το HBr ιοντίζεται πλήρως: $\text{HBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Br}^- + \text{H}_3\text{O}^+$, οπότε η συγκέντρωση των παραγόμενων H_3O^+ είναι 0,1 M.

Άρα το διάλυμα έχει $\text{pH} = -\log 0,1 = 1$.

γ) Η NH_3 και το HBr αντιδρούν μεταξύ τους και έχουμε:

mol	NH_3	+	HBr	\rightarrow	NH_4Br
αρχικά	0,4		0,2		

αντιδρούν	0,2	0,2	
παράγονται			0,2
εελικά	0,2	-	0,2

Οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών στο τελικό διάλυμα Δ2 (όγκου 0,2 L) είναι:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 1 \text{ M}$$

$$c_{\text{NH}_4\text{Br}} = \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 1 \text{ M}$$

Το NH_4Br διάσταται $\text{NH}_4\text{Br} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+ + \text{Br}^-$. Το Br^- δεν αντιδρά με το νερό και $c_{\text{NH}_4^+} = 1 \text{ M}$

Το διάλυμα (NH_3 1M / NH_4^+ 1M) είναι ρυθμιστικό.

Με δεδομένο ότι για την NH_3 $pK_b = 5 \Rightarrow pK_a = 14 - 5 \Rightarrow pK_a = 9$, ισχύει:

$$\text{pH} = pK_a + \log \frac{c_{\text{NH}_3}}{c_{\text{NH}_4^+}} = 9 + \log \frac{1}{1} = 9$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ2 είναι 9.

Θέμα 4^ο 26290

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 KMnO_4 0,1 M οξινισμένου με H_2SO_4 . Να γράψετε την αντίδραση που πραγματοποιείται και να την ισοσταθμίσετε. (μονάδες 3) Να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος KMnO_4 0,1 M οξινισμένου με H_2SO_4 , που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση του διαλύματος Δ2. (μονάδες 7).

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $\text{Ar}(\text{H})=1$, $\text{Ar}(\text{O})=16$, $\text{Ar}(\text{C})=12$

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):



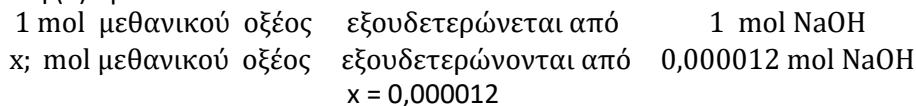
Η ένδειξη του αρχικού όγκου του πρότυπου διαλύματος στην προχοΐδα ήταν 5 mL και στο τελικό

σημείο ήταν 17 mL. Συνεπώς ο όγκος του πρότυπου διαλύματος που δαπανήθηκε μέχρι το ισοδύναμο σημείο είναι $V = (17 - 5) \text{ mL} = 12 \text{ mL} = 0,012 \text{ L}$.

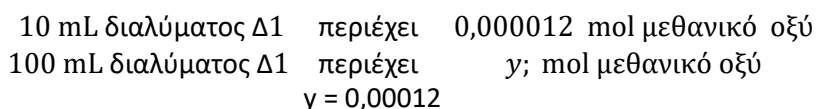
Τα mol NaOH του πρότυπου διαλύματος θα είναι:

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

Από την αντίδραση (1) προκύπτει:

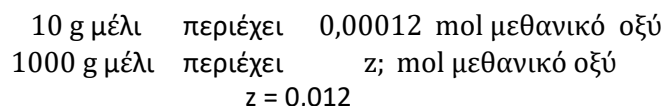


Άρα τα 10 mL του διαλύματος Δ1 περιέχουν 0,000012 mol μεθανικού οξέος.



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.

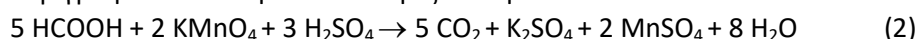


Επομένως σε 1000 g μελιού περιέχονται 0,012 mol = 12 mmol μεθανικό οξύ.

Άρα η ογκομετρούμενη ελεύθερη οξύτητα του συγκεκριμένου μελιού είναι 12 mmol / 1 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.

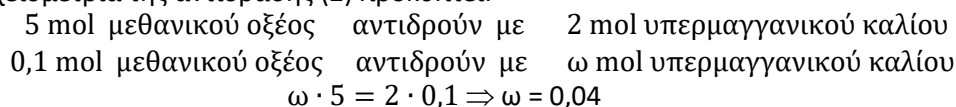
γ) Το μεθανικό οξύ οξειδώνεται από το διάλυμα KMnO_4 σύμφωνα με την αντίδραση (2) που περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:



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:



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 4^ο 27194 (1ο 5ο)

4.1. Διαθέτουμε ένα υδατικό διάλυμα Δ1 συγκέντρωσης 0,1 M που δεν γνωρίζουμε αν περιέχει ουρία (NH_2CONH_2) ή χλωριούχο νάτριο (NaCl). Μετρήσαμε την οσμωτική πίεση του διαλύματος Δ1 στους 27 °C και τη βρήκαμε ίση με 4,92 atm. Να εξηγήσετε αν το διάλυμα Δ1 περιέχει ουρία ή χλωριούχο νάτριο. (μονάδες 6)

4.2. Τα μυρμηγκία εκκρίνουν μυρμηγκικό οξύ (HCOOH) είτε για να επιτεθούν είτε για να αμυνθούν. Ο πρώτος άνθρωπος που απομόνωσε μυρμηγκικό οξύ ήταν ο Άγγλος φυσιοδίφης John Ray, το 1671, με

απόσταξη μεγάλου αριθμού μυρμηγκιών! Σήμερα το μυρμηγκικό οξύ παρασκευάζεται εργαστηριακά και χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο σε χημικές συνθέσεις, ως συντηρητικό σε ζωοτροφές και ως δραστικό συστατικό σε ορισμένα οικιακά προϊόντα απομάκρυνσης αλάτων.

Υδατικό διάλυμα HCOOH (διάλυμα Δ2) έχει όγκο 200 mL και στο διάλυμα αυτό ο βαθμός ιοντισμού του οξέος είναι 0,01.

α) Να προσδιορίσετε τη συγκέντρωση του HCOOH στο διάλυμα Δ2 καθώς και το pH του διαλύματος. (μονάδες 6)

β) Να υπολογίσετε τον όγκο του νερού που πρέπει να προσθέσουμε σε 100 mL από το διάλυμα Δ2 (αραιώση), ώστε το pH του να μεταβληθεί κατά μισή μονάδα. (μονάδες 6)

γ) Στα υπόλοιπα 100 mL του διαλύματος Δ2 προστίθενται, χωρίς μεταβολή όγκου, 0,01 mol HCl και σχηματίζεται το διάλυμα Δ3. Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του HCOOH στο διάλυμα Δ3 καθώς και το pH του διαλύματος Δ3. (μονάδες 7)

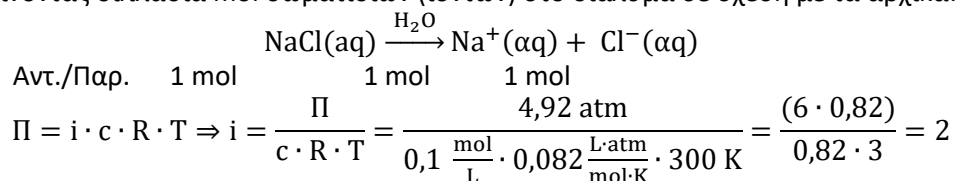
Για το ερώτημα 4.1. δίνεται ότι $R = 0,082 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$.

Για το ερώτημα 4.2. δίνεται ότι όλα τα διαλύματα βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 °C όπου $K_{a,\text{HCOOH}} = 10^{-4}$ M και $K_w = 10^{-14}$ M², καθώς επίσης ότι τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

4.1.

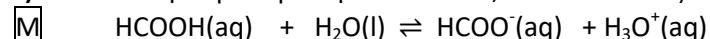
Θα προσδιορίσουμε τον συντελεστή Van't Hoff. Αν είναι ίσος με 1 το διάλυμα θα περιέχει ουρία (ομοιοπολική ένωση), ενώ αν είναι ίσος με 2 το διάλυμα θα περιέχει το NaCl που ως ιοντική ένωση δίσταται δίνοντας διπλάσια mol σωματιδίων (ιόντων) στο διάλυμα σε σχέση με τα αρχικά:



Επομένως, το διάλυμα περιέχει NaCl.

4.2

α) Έστω c M η συγκέντρωση του HCOOH, το οποίο ιοντίζεται στο νερό ως εξής:



Αρχ. c

Αντ. α·c

Παρ. α·c α·c

Ισορ. c·(1-α) α·c α·c

Για τον βαθμό ιοντισμού δίνεται ότι α = 0,01.

Για τη σταθερά ιοντισμού ισχύει:

$$K_{a,\text{HCOOH}} = \frac{[\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} \Rightarrow K_{a,\text{HCOOH}} = \frac{(\alpha \cdot c)^2}{c \cdot (1 - \alpha)} \text{ M} = \frac{\alpha^2 \cdot c}{(1 - \alpha)} \text{ M} \approx \frac{\alpha^2 \cdot c}{1} \text{ M}$$

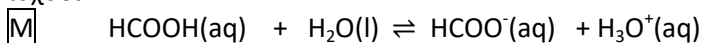
$$\Rightarrow 10^{-4} \text{ M} = \frac{10^{-4} \cdot c}{1} \text{ M} \Rightarrow c = 1$$

Επομένως, η συγκέντρωση του διαλύματος HCOOH (διάλυμα Δ2) είναι 1 M.

Άρα $[\text{H}_3\text{O}^+] = \alpha \cdot c = 10^{-2}$ M, οπότε το pH του διαλύματος Δ2 είναι: $\text{pH}_{\Delta 2} = -\log 10^{-2} = 2$.

β) Με την προσθήκη νερού το pH διαλυμάτων οξέων αυξάνεται (τείνοντας προς το 7), οπότε το pH του αραιωμένου διαλύματος Δ2 πρέπει να γίνει 2,5, οπότε $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,5}$ M.

Έστω c' M η συγκέντρωση του HCOOH στο αραιωμένο διάλυμα. Για το αραιωμένο αυτό διάλυμα ισχύει:



Αρχ. c'

Αντ. $10^{-2,5}$

Παρ. $10^{-2,5}$ $10^{-2,5}$

Ισορ. c'· $10^{-2,5}$ $10^{-2,5}$ $10^{-2,5}$

Για τη σταθερά ιοντισμού ισχύει:

$$K_{a,\text{HCOOH}} = \frac{[\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} \Rightarrow 10^{-4} \text{ M} = \frac{(10^{-2,5})^2}{(c' - 10^{-2,5})} \text{ M} \approx \frac{10^{-5}}{c'} \text{ M} \Rightarrow c' = 0,1$$

Επομένως, η συγκέντρωση του αραιωμένου διαλύματος HCOOH είναι 0,1 M.

Για την αραιώση ισχύει:

$$c_{\text{αρχ.}} \cdot V_{\text{αρχ.}} = c_{\text{τελ.}} \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow 1 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,1 \text{ M} \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow V_{\text{τελ.}} = 1 \text{ L}$$

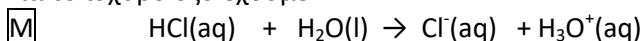
Άρα πρέπει να προσθέσουμε 900 mL νερού.

γ) Μετά την προσθήκη του HCl έχουμε δύο οξέα στο διάλυμα Δ3 που δεν αντιδρούν μεταξύ τους.

Επειδή ο όγκος δεν άλλαξε ισχύει:

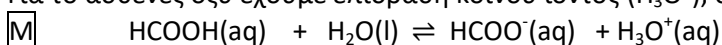
$$c_{\text{HCOOH}} = 0,1 \text{ M} \text{ και } c_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\Delta 3}} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Για το ισχυρό οξύ έχουμε:



Ιοντ./Παρ. 0,1 0,1 0,1

Για το ασθενές οξύ έχουμε επίδραση κοινού ιόντος (H_3O^+), οπότε:



Αρχ. 0,1 0,1

Αντ. z

Παρ. z z

Ισορ. 0,1-z z 0,1+z

Από τη σταθερά ιοντισμού προκύπτει:

$$K_{a,\text{HCOOH}} = \frac{[\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} \Rightarrow 10^{-4} \text{ M} = \frac{z \cdot (0,1 + z) \text{ M}^2}{(0,1 - z) \text{ M}} \approx \frac{z \cdot 0,1}{0,1} \text{ M} \Rightarrow z = 10^{-4}$$

Επομένως, για το βαθμό ιοντισμού ισχύει:

$$\alpha' = \frac{z}{0,1} = \frac{10^{-4}}{0,1} = 10^{-3}$$

Επίσης, $[\text{H}_3\text{O}^+] = (0,1 + z) \text{ M} = (0,1 + 10^{-4}) \text{ M} \approx 0,1 \text{ M}$, άρα το pH του διαλύματος Δ3 είναι: $\text{pH}_{\Delta 3} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,1 = 1$.

Θέμα 4° 27195 (5° 7°)

Τα μυρμηγκία εκκρίνουν μυρμηγκικό οξύ (HCOOH) είτε για να επιτεθούν είτε για να αμυνθούν. Ο πρώτος άνθρωπος που απομόνωσε μυρμηγκικό οξύ ήταν ο Άγγλος φυσιοδίφης John Ray, το 1671, με απόσταση μεγάλου αριθμού μυρμηγκιών! Σήμερα το μυρμηγκικό 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)

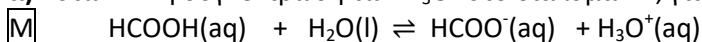
ii. Στο εργαστήριο διαθέτουμε δύο φιάλες A και B για τις οποίες γνωρίζουμε ότι περιέχουν υδατικά διαλύματα HCOOH η μία και $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ή άλλη. Όμως, δεν γνωρίζουμε ποια περιέχει το HCOOH και ποια την $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Να προτείνετε δύο δοκιμασίες που να είναι απλές 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**Ενδεικτική επίλυση****4.1**

α) Έστω x M η συγκέντρωση των H_3O^+ στο διάλυμα Δ1, για το οποίο έχουμε:



Αρχ. 1

Αντ. x

Παρ. x x

Ισορρ. $1-x$ x x

Για τη σταθερά ιοντισμού ισχύει:

$$K_{a,\text{HCOOH}} = \frac{[\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} \Rightarrow 10^{-4} \text{ M} = \frac{x^2}{(1-x)} \text{ M} \approx \frac{x^2}{1} \text{ M} \Rightarrow x = 10^{-2}$$

Άρα $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ M}$ και $\text{pH} = -\log 10^{-2} = 2$.

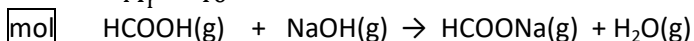
β) Το NaOH αντιδρά με το HCOOH.

$$M_{r,\text{NaOH}} = 1 \cdot 23 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 1 = 40$$

Υπολογίζουμε τα mol των αντιδρώντων.

$$n_{\text{HCOOH}} = c \cdot V = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m}{M_r} = \frac{2}{40} \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$$



Αρχ. 0,10 0,05

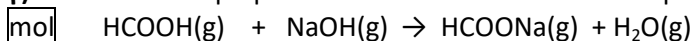
Τελ. 0,05 - 0,05

Το διάλυμα Δ2 εξακολουθεί να έχει όγκο 100 mL και περιέχει το σύστημα HCOOH/HCOONa (HCOOH/HCOO⁻), άρα είναι ρυθμιστικό και γι' αυτό ισχύει:

$$\text{pH} = \text{p}K_{a,\text{HCOOH}} + \log \frac{c_{\text{HCOOH}}}{c_{\text{HCOONa}}} = 4 + \log \frac{\frac{0,05 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}}{\frac{0,1 \text{ L}}{0,05 \text{ mol}}} = 4 + \log 1 = 4 + 0 \Rightarrow \text{pH} = 4$$

Άρα το διάλυμα Δ2 έχει $\text{pH} = 4$.

γ) Το NaOH αντιδρά με το υπόλοιπο HCOOH του διαλύματος.



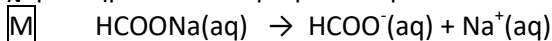
Αρχ. 0,05 0,05 0,05

Τελ. - - 0,10

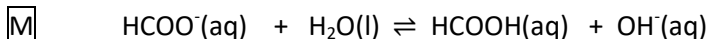
Το διάλυμα Δ3 εξακολουθεί να έχει όγκο 100 mL, άρα

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

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

Ισορρ. $1-y$ y y

Για τη σταθερά ιοντισμού ισχύει:

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

Άρα $[\text{OH}^-] = 10^{-5}$, $\text{pOH} = 5$ και $\text{pH} = 14 - 5 = 9$.

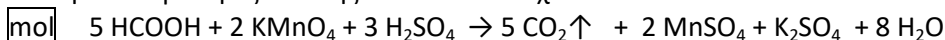
4.2

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 οξείδωσης 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 οξείδωσης 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 27196 (2^ο 4^ο 5^ο)

4.1. Όταν καίγονται 70 g αιθενίου C₂H₄, σε πρότυπη κατάσταση, εκλύεται θερμότητα 3.500 kJ. Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία καύσης του C₂H₄. (μονάδες 6)

4.2. Σε κλειστό, κενό δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται 4 mol NO, 2 mol N₂ και 2 mol O₂, σε θερμοκρασία θ₁ °C. Στις συνθήκες αυτές μπορεί να λάβει χώρα η αντίδραση 2 NO(g) ⇌ N₂(g) + O₂(g), για την οποία ισχύει K_c = 4.

α) Να εξηγήσετε προς ποια κατεύθυνση θα εκδηλωθεί χημική αντίδραση. (μονάδες 3)

β) Να υπολογίσετε τη σύσταση του μίγματος (σε mol) στη θέση ισορροπίας. (μονάδες 5)

γ) Το μίγμα της ισορροπίας θερμαίνεται στους θ₂ °C (θ₂ > θ₁), οπότε αποκαθίσταται μια νέα ισορροπία για την οποία βρέθηκε ότι K'_c = 1. Να εξηγήσετε αν η διάσπαση του NO είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη αντίδραση. (μονάδες 4)

4.3. Διαθέτουμε 500 mL διαλύματος KCN 0,1 M (διάλυμα Δ1). Να υπολογίσετε το pH διαλύματος Δ1. (μονάδες 7)

Δίνεται ότι, A_r(H)=1 και A_r(C)=12.

Επίσης, δίνεται ότι για το ερώτημα 4.3 τα διαλύματα βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 °C όπου K_{a, HCN} = 10⁻¹⁰ M και K_w = 10⁻¹⁴ M², καθώς και ότι τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

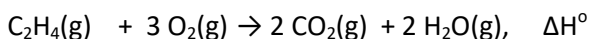
Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

4.1 Υπολογίζουμε τη σχετική μοριακή μάζα του αιθενίου (C₂H₄), M_r = 2·12 + 4·1=28, και στη συνέχεια τα mol αιθενίου που αντέδρασαν:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{70}{28} \text{ mol} = 2,5 \text{ mol}$$

Έστω ότι η αντίδραση καύσης του αιθανίου σε πρότυπες συνθήκες έχει μεταβολή ενθαλπίας ΔH°, οπότε:



Όταν αντιδρά 1 mol εκλύονται ΔH°

Όταν αντιδρούν 2,5 mol εκλύονται 2,5·ΔH°

Δίνεται ότι: 2,5·ΔH° = 3.500 kJ ⇒ ΔH° = 1.400 kJ.

Άρα, η πρότυπη ενθαλπία καύσης του C₂H₄ είναι 1.400 kJ/mol.

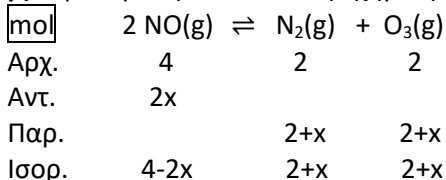
4.2.

α) Για να ελέγξουμε αν θα εκδηλωθεί αντίδραση και προς ποια κατεύθυνση προσδιορίζουμε το ηλιακό αντίδρασης Q_c .

$$Q_c = \frac{[N_2] \cdot [O_2]}{[NO_2]^2} = \frac{\frac{2 \text{ mol}}{V} \cdot \frac{2 \text{ mol}}{V}}{\left(\frac{4 \text{ mol}}{V}\right)^2} = \frac{4}{16} = 0,25$$

Παρατηρούμε ότι $Q_c < K_c$, άρα θα εκδηλωθεί χημική αντίδραση προς τα δεξιά, ώστε το Q_c να αυξηθεί μέχρι να φτάσει την τιμή της K_c στη χημική ισορροπία.

β) Η μεταβολή των mol στην χημική ισορροπία είναι:



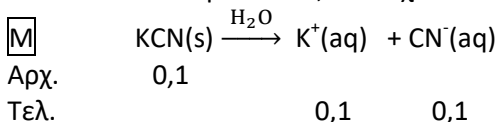
με $0 < 2x < 4 \Rightarrow 0 < x < 2$. Από τη σταθερά Χημικής Ισορροπίας, η οποία ως ηλιακό συγκεντρώσεων είναι θετικός αριθμός, έχουμε:

$$K_c = \frac{[N_2] \cdot [O_2]}{[NO_2]^2} \Rightarrow 4 = \frac{\frac{(2+x)}{V} \cdot \frac{(2+x)}{V}}{\left(\frac{(4-2x)}{V}\right)^2} \Rightarrow 2^2 = \frac{(2+x)^2}{(4-2x)^2} \Rightarrow 2 = \frac{(2+x)}{(4-2x)} \Rightarrow x = 1,2.$$

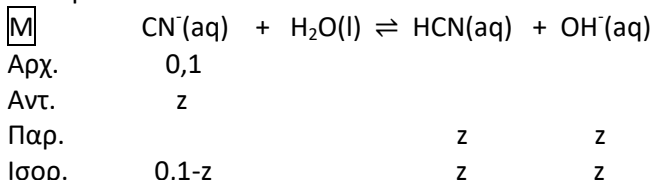
Επομένως στην ισορροπία έχουμε: $n_{NO} = 1,6 \text{ mol}$ και $n_{N_2} = n_{O_2} = 3,2 \text{ mol}$.

γ) Γνωρίζουμε ότι με αύξηση της θερμοκρασίας η αντίδραση μετατοπίζεται προς την ενδόθερμη πλευρά, οπότε αν είναι ενδόθερμη αυξάνεται η τιμή της σταθεράς ισορροπίας, ενώ αν είναι εξώθερμη μειώνεται η τιμή της σταθεράς ισορροπίας. Στην περίπτωση που εξετάζουμε έχουμε μείωση από 4 σε 1, άρα η αντίδραση είναι εξώθερμη.

4.3. Για το διάλυμα KCN 0,1 M ισχύει:



Το K^+ πρακτικά δεν αντιδρά με το νερό (προέρχεται από την ισχυρή βάση KOH), ενώ το ιόν κυανίου αντιδρά.



Από την σταθερά ιοντισμού έχουμε:

$$K_{b,\text{CN}^-} = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} \Rightarrow \frac{K_w}{K_{a,\text{HCN}}} = \frac{z^2}{(0,1-z)} \text{ M} \Rightarrow \frac{10^{-14}}{10^{-10}} \text{ M} \simeq \frac{z^2}{0,1} \text{ M} \Rightarrow z = 10^{-2,5}$$

Άρα $[\text{OH}^-] = 10^{-2,5} \text{ M}$, $\text{pOH} = 2,5$ και $\text{pH} = 14 - 2,5 = 11,5$.

Επομένως, το διάλυμα Δ1 έχει $\text{pH} = 11,5$.

Θέμα 4^ο 27198 (3^ο 5^ο)

4.1. Σε δοχείο σταθερού όγκου 2 L στους θ °C εισάγουμε 3 mol A και 2 mol B, τα οποία αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση, $2A(\text{g}) + B(\text{g}) \rightarrow \Gamma(\text{g}) + \Delta(\text{g})$.

α) Αν μετά από 50 s υπάρχουν στο δοχείο 2 mol A, να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης τα πρώτα πενήντα δευτερόλεπτα. (μονάδες 5)

β) Σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 500 °C η αντίδραση μπορεί να θεωρηθεί απλή. Στους 550 °C έχει σταθερά ταχύτητας $k = 0,04 \text{ M}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Να προσδιορίσετε την αρχική της ταχύτητα στη θερμοκρασία αυτή. (μονάδες 4)

γ) Σε θερμοκρασία μικρότερη από 500 °C η αντίδραση βρέθηκε να έχει νόμο ταχύτητας

$v_{\alpha\rho\chi} = k' \cdot [A] \cdot [B]$. Να προτείνετε ένα μηχανισμό για την αντίδραση αυτή, όταν γίνεται σε θερμοκρασία μικρότερη από 500 °C. (μονάδες 3)

4.2. Προσθέτουμε 10 mL διαλύματος HCl 1 M σε:

- 90 mL καθαρό νερό.
- 90 mL διαλύματος CH₃COOH 1 M / CH₃COONa 1 M.

α) Να υπολογίσετε τη μεταβολή του pH μετά την προσθήκη του διαλύματος HCl στο καθαρό νερό. (μονάδες 4)

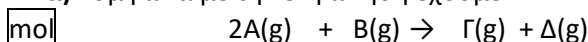
β) Να υπολογίσετε τη μεταβολή του pH μετά την προσθήκη του διαλύματος HCl στο διάλυμα που περιείχε CH₃COOH 1 M / CH₃COONa 1 M. (μονάδες 9)

Για την ερώτηση 4.2 δίνεται ότι, όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25 °C όπου $K_{a,CH_3COOH}=10^{-5}$ M και $K_w=10^{-14}$ M², κατά προσέγγιση $\log 0,8 = -0,1$, καθώς επίσης ότι τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

4.1α) Σύμφωνα με την εκφώνηση έχουμε:



Αρχ. $\quad \quad \quad 3 \quad \quad \quad 2$

Τη στιγμή t=50 s $\quad 2 \quad \quad \quad 1,5$

Άρα στα πρώτα 50 s έχουν αντιδράσει 1 mol A και 0,5 mol B.

Μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα της αντίδρασης με βάση είτε το αντιδρών A είτε το αντιδρών B. Για το αντιδρών B (που έχει συντελεστή 1) έχουμε:

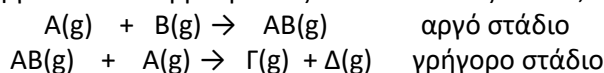
$$v_{\mu,0 \rightarrow 50 s} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} \Rightarrow v_{\mu,0 \rightarrow 50 s} = -\frac{[B]_{t=50 s} - [B]_{t=0 s}}{(50 - 0) s} \Rightarrow$$

$$v_{\mu,0 \rightarrow 50 s} = -\frac{(1,5-2) \text{ mol}}{50 s} = -\frac{-0,5 \text{ mol}}{50 s} = 0,005 \frac{\text{M}}{\text{s}}$$

β) Αν είναι απλή θα έχει νόμο ταχύτητας $v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]$. Επομένως,

$$v_{\alpha\rho\chi} = k \cdot [A]^2 \cdot [B] = 0,04 \frac{1}{\text{M}^2 \cdot \text{s}} \cdot \left(\frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ L}}\right)^2 \cdot \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0,04 \cdot \frac{9}{4} \cdot 1 \frac{\text{M}}{\text{s}} = 0,09 \frac{\text{M}}{\text{s}}$$

γ) Από τον νόμο ταχύτητας ($v_{\alpha\rho\chi} = k' \cdot [A] \cdot [B]$) μπορούμε να υποθέσουμε ότι το αργό στάδιο περιλαμβάνει την αντίδραση μεταξύ A και B σε αναλογία 1:1. Επομένως, ένας πιθανός μηχανισμός της αντίδρασης όταν αυτή γίνεται σε θερμοκρασίες κάτω από τους 500 °C, είναι ο εξής.



4.2.

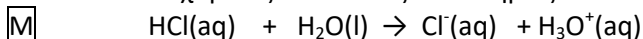
α) Το pH του καθαρού νερού στους 25 °C είναι 7.

Στο νερό προστίθενται $n_{HCl} = c_{HCl} \cdot V_{HCl} = 1 \text{ M} \cdot 10^{-2} \text{ L} = 0,01 \text{ mol}$.

Στο διάλυμα που προκύπτει, το οποίο έχει όγκο (10 mL + 90 mL) = 100 mL = 0,1 L, η συγκέντρωση του HCl είναι:

$$c'_{HCl} = \frac{n_{HCl}}{V_{\text{τελ.}}} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το HCl είναι ισχυρό οξύ και ιοντίζεται πλήρως.



Ιοντ./Παρ. $\quad 0,1 \quad \quad \quad 0,1 \quad \quad \quad 0,1$

Άρα $[H_3O^+] = 10^{-1}$ M και pH = 1.

Επομένως $\Delta\text{pH} = 1 - 7 = -6$, δηλαδή έχουμε μείωση pH κατά 6 μονάδες.

β) Υπολογίζουμε πρώτα το pH του αρχικού ρυθμιστικού διαλύματος.

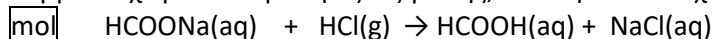
$$\text{pH} = \text{p}K_{a,CH_3COOH} + \log \frac{c_{CH_3COONa}}{c_{CH_3COOH}} = 5 + \log \frac{1}{1} = 5 + 0 \Rightarrow \text{pH} = 5$$

Στο διάλυμα των 90 mL έχουμε:

$$n_{CH_3COOH} = c \cdot V = 1 \text{ M} \cdot 0,09 \text{ L} = 0,09 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COONa}} = c \cdot V = 1 \text{ M} \cdot 0,09 \text{ L} = 0,09 \text{ mol}$$

Ο όγκος του νέου διαλύματος είναι $90 \text{ mL} + 10 \text{ mL} = 100 \text{ mL}$. Λόγω της προσθήκης των $0,01 \text{ mol HCl}$ λαμβάνει χώρα αντίδραση οξέος-βάσης, από την οποία έχουμε:

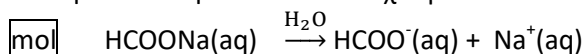


$$\text{Αρχ.} \quad 0,09 \quad 0,01 \quad 0,09 \quad -$$

$$\text{Τελ.} \quad 0,08 \quad - \quad 0,10 \quad 0,01$$

Το NaCl διίσταται στα ιόντα Na^+ και Cl^- και το HCOONa διίσταται στα ιόντα Na^+ και CH_3COO^- . Τα ιόντα Na^+ και Cl^- πρακτικά δεν αντιδρούν με το νερό (προέρχονται από την ισχυρή βάση NaOH και το ισχυρό οξύ HCl , αντίστοιχα), οπότε το pH του διαλύματος διαμορφώνεται από το σύστημα $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$.

Για τη διάσταση του HCOONa έχουμε:



$$\text{Αρχ.} \quad 0,08$$

$$\text{Τελ.} \quad - \quad 0,08 \quad 0,08$$

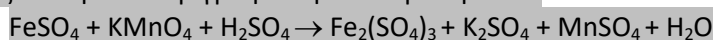
Για το νέο ρυθμιστικό διάλυμα ισχύει.

$$\text{pH}' = \text{p}K_{\text{a,CH}_3\text{COOH}} + \log \frac{c'_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}{c'_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = 5 + \log \frac{\frac{0,08 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}}{\frac{0,1 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}} = 5 + \log 0,8 = 5 - 0,1 = 4,9$$

Επομένως $\Delta \text{pH} = 5 - 0,1 = 4,9$, δηλαδή έχουμε μείωση pH κατά 0,1 μονάδες.

Θέμα 4° 28276 (4° 1β°)

α) Ο θειικός σίδηρος II (FeSO_4) αποτελεί το βασικό συστατικό λιπάσματος που χρησιμοποιείται σε κήπους για τη συντήρηση της χλόης και την προστασία από τα βρύα. Ο προσδιορισμός του FeSO_4 σε αυτά τα λιπάσματα στηρίζεται στην αντίδρασή του με διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4). Η μη ισοσταθμισμένη εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση είναι:



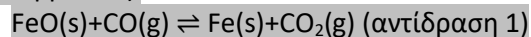
i) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην παραπάνω εξίσωση ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 3)

ii) Να προσδιορίσετε εάν ο FeSO_4 στην παραπάνω αντίδραση δρα ως οξειδωτικό ή αναγωγικό. (μονάδα 1)

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (μονάδες 2)

iii) Για τον προσδιορισμό της ποσότητας του FeSO_4 σε λίπασμα για τους κήπους που κυκλοφορεί στο εμπόριο, παρασκευάζεται διάλυμα όγκου 1 L με τη διάλυση 100 g λιπάσματος σε νερό (διάλυμα Δ1). 10 mL Δ1 απαιτούν για την πλήρη αντίδραση 10 mL διαλύματος KMnO_4 συγκέντρωσης $c = 0,024 \text{ M}$. Να υπολογίσετε την % w/w περιεκτικότητα του λιπάσματος σε FeSO_4 . (μονάδες 10)

β) Μία αντίδραση που χρησιμοποιείται στη μεταλλουργία του σιδήρου περιγράφεται με την παρακάτω εξίσωση χημικής ισορροπίας:



Σε θερμοκρασία 120°C η σταθερά χημικής ισορροπίας της αντίδρασης 1 είναι $K_c = 5$.

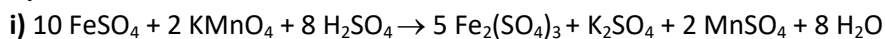
i) Να υπολογίσετε την ποσότητα του CO_2 σε mol που βρίσκεται σε ισορροπία με $0,25 \text{ mol CO}$ σε δοχείο όγκου 10 L και σε θερμοκρασία 120°C . (μονάδες 4)

ii) Να υπολογίσετε την ποσότητα του CO_2 σε mol που πρέπει να απομακρυνθεί από το δοχείο της αντίδρασης, στην ίδια θερμοκρασία, ώστε η ποσότητα του CO στη νέα θέση ισορροπίας να είναι το $\frac{1}{5}$ της αρχικής θέσης ισορροπίας. (μονάδες 5)

Δίνονται: $A_r(\text{S}) = 32$, $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{Fe}) = 56$ **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α)



ii) Το ιόν του σιδήρου στην ένωση FeSO_4 έχει φορτίο +2 άρα ο Fe έχει Α.Ο. +2. Αντίστοιχα ο Fe στην ένωση $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ έχει Α.Ο. +3. Επομένως, ο Fe οξειδώνεται και άρα δρα ως αναγωγικό.

iii) Στα 10 mL διαλύματος Δ1 τα mol του KMnO_4 είναι: $n_{\text{KMnO}_4} = 0,024 \cdot 0,010 \text{ mol} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

Από τη χημική εξίσωση της αντίδρασης συνεπάγεται ότι:

10 mol FeSO_4 αντιδρούν με 2 mol KMnO_4

x mol FeSO_4 αντιδρούν με $2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol KMnO}_4$

$$10 \cdot 2,4 \cdot 10^{-4} = 2x \Rightarrow x = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

Άρα σε όγκο 10 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol FeSO}_4$

Σε 1000 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται y mol FeSO_4

Επομένως στο 1 L = 1000 mL διαλύματος περιέχονται 0,12 mol FeSO_4 .

Για τον FeSO_4 : $M_r = 1 \cdot A_r(\text{Fe}) + 1 \cdot A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 1 \cdot 56 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 152$

Άρα το 1 mol FeSO_4 ζυγίζει 152 g. Επομένως τα 0,12 mol FeSO_4 ζυγίζουν:

$$m = 0,12 \cdot 152 \text{ g} = 18,24 \text{ g}$$

Η ποσότητα αυτή του FeSO_4 περιέχεται στο διάλυμα Δ1 που περιέχει 100 g λιπάσματος. Επομένως η % w / w περιεκτικότητα του λιπάσματος σε FeSO_4 είναι 18,24 % w / w.

β)

Για την αντίδραση: $\text{FeO(s)} + \text{CO(g)} \rightleftharpoons \text{Fe(s)} + \text{CO}_2(\text{g})$ (αντίδραση 1),

εάν y είναι τα mol του CO_2 στη Χημική Ισορροπία, ο όγκος του δοχείου είναι $V = 10 \text{ L}$ και με δεδομένο ότι στη σταθερά χημικής ισορροπίας δεν συμμετέχουν οι ουσίες που είναι σε στερεή κατάσταση, ισχύει:

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]} \Rightarrow 5 = \frac{\frac{y \text{ mol}}{10 \text{ L}}}{\frac{0,25 \text{ mol}}{10 \text{ L}}} \Rightarrow y = 1,25$$

Επομένως σε ισορροπία με 0,25 mol CO σε δοχείο όγκου 10 L και σε θερμοκρασία 120°C βρίσκονται 1,25 mol CO_2 .

Με την αφαίρεση mol CO_2 η αντίδραση μετατοπίζεται, με βάση την αρχή Le Chatelier, προς τα δεξιά. Εάν z τα mol του CO_2 που αφαιρούνται και t τα mol του CO που αντιδρούν κατά τη μετατόπιση της αντίδρασης, ισχύει:

mol	FeO(s)	+ CO(g)	\rightleftharpoons	Fe(s)	+ $\text{CO}_2(\text{g})$
αρχικά		0,25			1,25
αφαιρούνται					z
αντιδρούν		t			
παράγονται					t
χημική ισορροπία		0,25 - t			1,25 - z + t

Δίνεται ότι η τελική ποσότητα του CO είναι $\frac{0,25}{5} \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$.

Επομένως $0,25 - t = 0,05$ και $t = 0,2$.

Στη νέα χημική ισορροπία:

mol	FeO(s)	CO(g)	\rightleftharpoons	Fe(s)	$\text{CO}_2(\text{g})$
χημική ισορροπία		0,25 - 0,2			1,25 - z + 0,2

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]} \Rightarrow 5 = \frac{\frac{(1,45 - z) \text{ mol}}{10 \text{ L}}}{\frac{0,05 \text{ mol}}{10 \text{ L}}} \Rightarrow z = 1,2$$

Επομένως χρειάζεται να αφαιρεθούν 1,2 mol CO_2 .

Θέμα 4^ο 28277 (4^ο 5^ο 7^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 $[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]$ % w / v, παρόλο που το γάλα περιέχει και άλλα οξέα.

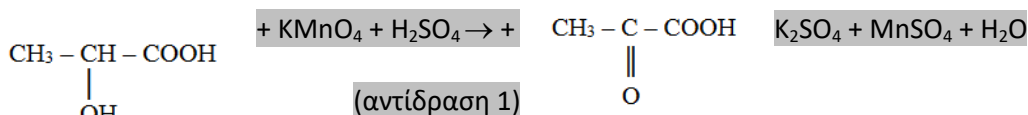
i) 50 mL γάλακτος ογκομετρήθηκαν με διάλυμα NaOH συγκέντρωσης $c = 0,1 \text{ M}$ και απαιτήθηκαν για την πλήρη εξουδετέρωση 10 mL του διαλύματος NaOH . Να υπολογίσετε την περιεκτικότητα % w / v του γάλακτος σε γαλακτικό οξύ. (μονάδες 6)

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)

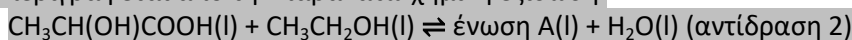
β) Το γαλακτικό οξύ μετατρέπεται σε πυροσταφυλικό οξύ με την επίδραση διαλύματος υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) παρουσία οξέος. Η αντίδραση περιγράφεται με την εξίσωση που ακολουθεί.



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 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση.



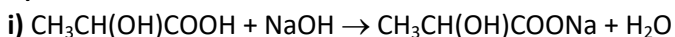
i) Να γράψετε τον συντακτικό τύπο της ένωσης A. (μονάδες 2)

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

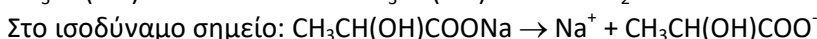
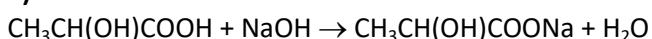
Για το $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ή $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$: $M_r = 3 \cdot A_r(\text{C}) + 6 A_r(\text{H}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 90$

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:

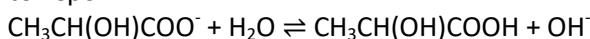
$$m = 0,002 \cdot 90 \text{ g} = 0,18 \text{ g.}$$

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.

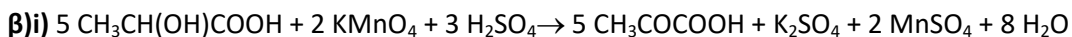
ii)



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 pH > 7. Επομένως κατάλληλος δείκτης είναι η φαινολοφθαλεΐνη.



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 CH_3COCOOH

Επομένως $z = 0,5$, δηλαδή σχηματίζονται 0,5 mol CH_3COCOOH

Για το CH_3COCOOH 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 CH_3COCOOH ζυγίζει 88 g και επομένως η μάζα των 0,5 mol CH_3COCOOH 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	y	y	
παράγονται			y
χημική ισορροπία	0,25 - y	0,25 - y	y

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

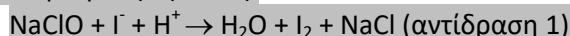
Επομένως η απόδοση της αντίδρασης 2 είναι:

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

Θ έ μ α 4 ° 28279 (5 ° 1β °)

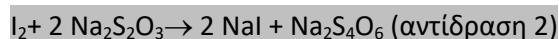
Η χλωρίνη είναι ένα υδατικό διάλυμα που χρησιμοποιείται ως καθαριστικό και απολυμαντικό επιφανειών. Το δραστικό της συστατικό είναι το υποχλωριώδες νάτριο (NaClO) το οποίο περιέχεται σε ποσοστό 3-6 % w / v.

α) Ο προσδιορισμός του NaClO σε διάλυμα χλωρίνης στηρίζεται στην αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω μη ισοσταθμισμένη εξίσωση:



Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην παραπάνω εξίσωση ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 2)

β) Για τον προσδιορισμό του NaClO σε διάλυμα χλωρίνης (διάλυμα Δ1) λαμβάνονται 5 mL του διαλύματος Δ1 και αραιώνονται σε τελικό όγκο $V = 50 \text{ mL}$ (διάλυμα Δ2). Από το διάλυμα Δ2 λαμβάνονται 10 mL και προστίθεται σε αυτά περίσσεια ιωδιούχου καλίου (KI) σε όξινο περιβάλλον οπότε λαμβάνει χώρα η αντίδραση 1. Το ιώδιο (I_2) που σχηματίζεται προσδιορίζεται με ογκομέτρηση με διάλυμα θειοθειικού νατρίου ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), με βάση την αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:



Για την πλήρη αντίδραση του I_2 που παράχθηκε από την αντίδραση 1, καταναλώθηκαν 12 mL διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 M.

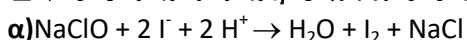
Να υπολογίσετε την περιεκτικότητα % w / v του αρχικού διαλύματος Δ1 σε NaClO . (μονάδες 14)

γ) Να υπολογίσετε το pH σε υδατικό διάλυμα NaClO συγκέντρωσης 0,05 M. Για τον υπολογισμό του pH ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις. (μονάδες 9)

Δίνονται: $K_{a, \text{HClO}} = 5 \cdot 10^{-8}$, $K_w = 10^{-14}$, $A_r(\text{Na}) = 23$, $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{Cl}) = 35,5$

Όλα τα διαλύματα είναι υδατικά και σε θερμοκρασία 25°C . Μο ν ά δ ε ς 25

Ε ν δ ε ι κ τ ι κ ή ε π ί λ υ σ η



β) Τ α mol του $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ που αντέδρασαν είναι $n = c \cdot V = 0,1 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

Α πό τ η χ η μ ι κ ή ε ξ ί σ ω σ η τ η ς α ν τ ι δ ρ α σ η ς 2 σ υ ν ε π ά γ ε τ α ι ό τ ι :

1 mol I₂ αντιδρά με 2 mol Na₂S₂O₃

x mol I₂ αντιδρούν με 1,2·10⁻³ mol Na₂S₂O₃

$$x = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,6 \cdot 10^{-3}$$

Άρα από την αντίδραση 1 σχηματίζεται 0,6·10⁻³ mol I₂.

Από τη χημική εξίσωση της αντίδρασης 1 συνεπάγεται ότι:

Από 1 mol NaClO παράγεται 1 mol I₂

Από y mol NaClO παράγονται 0,6·10⁻³ mol I₂

$$y = 0,6 \cdot 10^{-3}$$

Επομένως στα 10 mL του διαλύματος Δ2 περιέχονται 0,6·10⁻³ mol NaClO και κατά συνέπεια στα 50 mL του διαλύματος Δ2 περιέχονται 0,6·10⁻³·5 mol = 3·10⁻³ mol NaClO.

Επειδή όμως τα 50 mL του διαλύματος Δ2 προήλθαν, με αραίωση, από τον όγκο των 5 mL του διαλύματος Δ1:

Σε 5 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται 3·10⁻³ mol NaClO

Σε 100 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται z mol NaClO

$$5 \cdot z = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \Rightarrow z = 0,06, \text{ δηλαδή στα } 100 \text{ mL διαλύματος } \Delta 1 \text{ περιέχονται } 0,06 \text{ mol NaClO.}$$

Για το NaClO: $M_r = 1 \cdot A_r(\text{Na}) + 1 \cdot A_r(\text{Cl}) + 1 \cdot A_r(\text{O}) = 1 \cdot 23 + 1 \cdot 35,5 + 1 \cdot 16 = 74,5$

Άρα το 1 mol NaClO ζυγίζει 74,5 g. Επομένως τα 0,06 mol NaClO ζυγίζουν:

$$m = 0,06 \cdot 74,5 \text{ g} = 4,47 \text{ g.}$$

Επομένως επειδή στα 100 mL του διαλύματος Δ1 περιέχονται 0,6 mol NaClO που ζυγίζουν 4,47 g, η % w / v περιεκτικότητα του διαλύματος Δ1 σε NaClO είναι 4,47 % w / v.

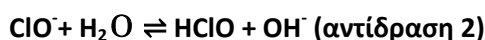
γ)

Σε υδατικό διάλυμα το NaClO δίσταται σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από την εξίσωση:



Το Na⁺ επειδή είναι το συζυγές οξύ της ισχυρής βάσης NaOH δεν αντιδρά με το νερό.

Το ClO⁻ επειδή είναι η συζυγής βάση του ασθενούς οξέος HClO αντιδρά με το νερό σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:



Για την αντίδραση 1:

M	NaClO → Na ⁺ + ClO ⁻		
αρχικά	0,05		
αντιδρούν	0,05		
παράγονται		0,05	0,05

Για την αντίδραση 2:

M	ClO ⁻ + H ₂ O ⇌ HClO + OH ⁻			
αρχικά	0,05			
αντιδρούν	ω			
παράγονται			ω	ω
οντική ισορροπία	0,05-ω		ω	ω

$$K_b = \frac{[\text{HClO}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{ClO}^-]} \Rightarrow K_b = \frac{\omega^2}{0,05 - \omega} \Rightarrow K_b \approx \frac{\omega^2}{0,05} \Rightarrow \omega^2 = K_b \cdot 0,05.$$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_b = \frac{10^{-14}}{5145^{-8}} M \Rightarrow K_b = \frac{10^{-6}}{5} M$$

Επομένως:

$$\omega^2 = \frac{10^{-6}}{5} \cdot 0,05 M^2 \Rightarrow \omega = 10^{-4} M$$

Επομένως $[OH^-] = 10^{-4} M$ και κατά συνέπεια $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} M = 10^{-10} M$

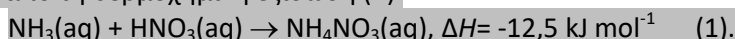
Καί το pH του διαλύματος Δ1 είναι

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

Άρα το pH του διαλύματος Δ1 είναι 10.

Θέμα 4^ο 28355 (2^ο 5^ο)

Το νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3) χρησιμοποιείται στη βιομηχανία λιπασμάτων και εκρηκτικών. Είναι η χημική ένωση που εξερράγη στο λιμάνι της Βυρητού το 2020 καταστρέφοντας μεγάλο μέρος του λιμανιού και της πόλης. Διάλυμα NH_4NO_3 μπορεί να παρασκευαστεί με την εξουδετέρωση διαλύματος αμμωνίας με διάλυμα νιτρικού οξέος σύμφωνα με τη χημική αντίδραση που περιγράφεται από τη θερμοχημική εξίσωση (1):



α) Μία ομάδα μαθητών στο σχολικό εργαστήριο πραγματοποιεί εξουδετέρωση αναμιγνύοντας διάλυμα NH_3 (διάλυμα Δ1) συγκέντρωσης $c_1 = 0,125 M$ και όγκου $V_1 = 0,4 L$ με διάλυμα HNO_3 (διάλυμα Δ2) συγκέντρωσης $c_2 = 0,5 M$ και όγκου $V_2 = 0,1 L$ και παρασκευάζει διάλυμα Δ3 όγκου 500 mL.

i. Να υπολογιστεί το ποσό θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση εξουδετέρωσης. (μονάδες 7)

ii. Η εξουδετέρωση πραγματοποιείται σε θερμικά μονωμένο δοχείο που έχει προσαρμοσμένο θερμόμετρο όπως φαίνεται στο σχήμα. Να εξηγήσετε αν θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί η ένδειξη του θερμομέτρου κατά τη διάρκεια της εξουδετέρωσης. (μονάδες 5)

β) Με πεχάμετρο μετρείται το pH του διαλύματος Δ3 και προσδιορίζεται ίσο με 5,5. Σε 100 mL του διαλύματος Δ3, στους 25 °C προστίθενται δύο σταγόνες δείκτη κυανό της βρωμοθυμόλης (ΗΔ) που έχει $K_{a_{\text{ΗΔ}}} = 10^{-7,5} M$. Η όξινη μορφή του δείκτη (ΗΔ) έχει χρώμα κίτρινο ενώ η βασική (Δ⁻) έχει χρώμα μπλε.

i. Να εξηγήσετε τι χρώμα θα αποκτήσει το διάλυμα. (μονάδες 5)

ii. Να υπολογίσετε τον λόγο των συγκεντρώσεων των δύο μορφών του δείκτη

$$\frac{[Δ^-]}{[ΗΔ]}$$

στο διάλυμα Δ3. (μονάδες 8)

Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Τα mol NH_3 στο διάλυμα Δ1 είναι:

$$c_1 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow n_1 = c_1 \cdot V_1 \Rightarrow n_1 = 0,125 \frac{\text{mol}}{L} \cdot 0,4 L \Rightarrow n_1 = 0,05 \text{ mol}$$

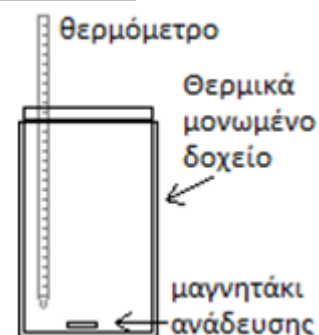
Τα mol HNO_3 στο διάλυμα Δ2 είναι:

$$c_2 = \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow n_2 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow n_2 = 0,5 \frac{\text{mol}}{L} \cdot 0,1 L \Rightarrow n_2 = 0,05 \text{ mol}$$

i) Με την ανάμιξη των Δ1 και Δ2 πραγματοποιείται χημική αντίδραση εξουδετέρωσης που περιγράφεται με τη θερμοχημική εξίσωση (1).

Οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών και το ποσό θερμότητας που εκλύεται καθώς εξελίσσεται το φαινόμενο μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

mol	$NH_3(aq) + HNO_3(aq) \rightarrow NH_4NO_3(aq), \Delta H = -12,5 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (1)$			
αρχικά	0,05	0,05		
αντιδρούν	0,05	0,05		
παράγονται			0,05	
τελικά	0	0	0,05	$q = 0,05 \text{ mol} \cdot 12,5 \text{ kJ mol}^{-1} \Rightarrow q =$



				0,625 kJ ή 625 J
--	--	--	--	------------------

Σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση (1) όταν εξουδετερώνεται 1 mol NH₃(aq) με 1 mol HNO₃(aq) εκλύονται 12,5 kJ θερμότητας. Επομένως όταν εξουδετερώνονται 0,05 mol κάθε συστατικού εκλύονται:

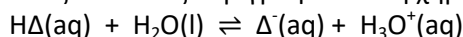
$$q = 12,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} = 625 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}$$

Άρα εκλύονται 0,625 kJ ή 625 J θερμότητας κατά την εξουδετέρωση της NH₃ με HNO₃.

ii. Αφού η εξουδετέρωση είναι εξώθερμο φαινόμενο ($\Delta H < 0$), κατά την πραγματοποίησή του εκλύεται θερμότητα, επομένως η θερμοκρασία του διαλύματος που παρασκευάζεται θα αυξηθεί και το θερμόμετρο θα έχει υψηλότερη ένδειξη θερμοκρασίας από την αρχική.

i. Το διάλυμα Δ3 θα αποκτήσει κίτρινο χρώμα. Η σταθερά ιοντισμού του κυανού της βρωμοθυμόλης είναι $K_{a_{\text{H}\Delta}} = 10^{-7,5}$ M. Το χρώμα της όξινης μορφής του δείκτη κυριαρχεί όταν ισχύει: $\text{pH} < \text{p}K_a - 1$ δηλαδή το pH του διαλύματος είναι μικρότερο του $7,5 - 1 = 6,5$. Το χρώμα της βασικής μορφής κυριαρχεί όταν ισχύει $\text{pH} > \text{p}K_a + 1$ δηλαδή το pH του διαλύματος είναι μεγαλύτερο του $7,5 + 1 = 8,5$. Το pH του Δ3 είναι ίσο με 5,5 δηλαδή μικρότερο από 6,5 επομένως θα κυριαρχεί το κίτρινο χρώμα της όξινης μορφής του δείκτη.

ii. Στο διάλυμα Δ3 ο δείκτης θα ιοντίζεται όπως περιγράφεται στη χημική εξίσωση:



Τα H₃O⁺ που συνεισφέρει ο δείκτης θεωρούνται αμελητέα (λόγω της πολύ μικρής ποσότητάς του, 1-2 σταγόνες) και δεν επηρεάζουν το pH, άρα για τη σταθερά ιοντικής ισορροπίας του παραπάνω ιοντισμού ισχύει:

$$K_{a_{\text{H}\Delta}} = \frac{[\Delta^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}\Delta]} \Rightarrow 10^{-7,5} \text{ M} = \frac{[\Delta^-] \cdot 10^{-5,5}}{[\text{H}\Delta]} \text{ M} \Rightarrow \frac{[\Delta^-]}{[\text{H}\Delta]} = 10^{-2}$$

Επομένως ο λόγος των συγκεντρώσεων των δύο μορφών του δείκτη θα είναι:

$$\frac{[\Delta^-]}{[\text{H}\Delta]} = 10^{-2}.$$

Θέμα 4^ο 28447

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 (H₃A) 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 (CH₃CH₂OH) του κρασιού σε αιθανικό οξύ (CH₃COOH). Εκτός από τη ζύμωση της αιθανόλης, το αιθανικό οξύ μπορεί να παρασκευαστεί εργαστηριακά με την επίδραση στην αιθανόλη, διαλύματος K₂Cr₂O₇ οξινισμένου 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 $M_r = 60$

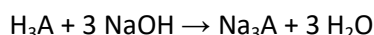
ii) Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του εστέρα που παράγεται από την επίδραση 3 mol αιθανόλης σε 3 mol αιθανικού οξέος. (μονάδες 6)

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:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol κιτρικού οξέος} & \quad \text{εξουδετερώνεται από} \quad 3 \text{ mol NaOH} \\ x; \text{ mol κιτρικού οξέος} & \quad \text{εξουδετερώνονται από} \quad 0,0006 \text{ mol NaOH} \\ & \quad \quad \quad x = 0,0002 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 30 \text{ mL διηθήματος} & \quad \text{περιέχει} \quad 0,0002 \text{ mol κιτρικό οξύ} \\ 100 \text{ mL διηθήματος} & \quad \text{περιέχει} \quad y; \text{ mol κιτρικό οξύ} \\ & \quad \quad \quad y = 0,002/3. \\ n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n M_r \Rightarrow m = \frac{0,002}{3} \cdot 192 \text{ g} \Rightarrow m = 0,128 \text{ g}. \end{aligned}$$

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

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

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

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

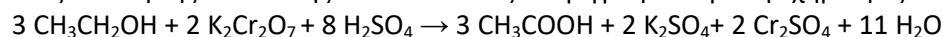
β)

i)

Τα mol του αιθανικού οξέος θα είναι:

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

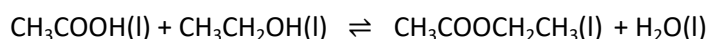
Η οξείδωση της αιθανόλης σε αιθανικό οξύ περιγράφεται με την χημική εξίσωση:



$$\begin{aligned} 3 \text{ mol αιθανόλης} & \quad \text{παράγουν} \quad 3 \text{ mol αιθανικό οξύ} \\ z; \text{ mol αιθανόλης} & \quad \text{παράγουν} \quad 0,3 \text{ mol αιθανικό οξύ} \\ & \quad \quad \quad z = 0,3. \end{aligned}$$

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 4° 30363 (4° 5° 1β°)

Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται 0,1 mol H₂(g), 0,1 mol I₂(g) και 1,6 mol HI(g) στους θ °C, και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα αποκαθίσταται χημική ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση ①: H₂(g) + I₂(g) ⇌ 2HI(g), (εξίσωση ①).

α) Να υπολογίσετε τις ποσότητες (σε mol) των αερίων μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας, αν η σταθερά ισορροπίας K_c της εξίσωσης ① στους θ °C, είναι ίση με 49. (μονάδες 9)

Μια ποσότητα HI(g) απομονώνεται με κατάλληλο τρόπο από το μίγμα της χημικής ισορροπίας και στη συνέχεια απομακρύνεται από το δοχείο και χωρίζεται σε δύο μέρη.

Το 1° μέρος διαβιβάζεται σε περίσσεια υδατικού διαλύματος HIO₃, οπότε πραγματοποιείται η αντίδραση η οποία περιγράφεται από τη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση ②: HIO₃ + HI → I₂ + H₂O (εξίσωση ②) και παράγονται 0,06 mol I₂.

β) Να ισοσταθμίσετε την χημική εξίσωση ②. (μονάδες 2)

γ) Να υπολογίσετε την ποσότητα HI(g) που διαβιβάστηκε στο υδατικό διάλυμα HIO₃. (μονάδες 4)

Το 2° μέρος στο οποίο περιέχονται 0,1 mol HI(g) διαβιβάζεται σε 1 L υδατικού διαλύματος (Δ1) το οποίο περιέχει CH₃NH₂ με συγκέντρωση 0,2 M και CH₃NH₃ με συγκέντρωση 0,4 M οπότε σχηματίζεται 1 L υδατικού διαλύματος (Δ2).

δ) Να υπολογίσετε το pH του υδατικού διαλύματος (Δ2). (μονάδες 10)

Δίνονται:

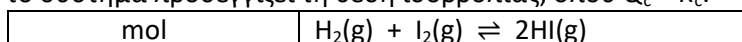
- Η σταθερά ιοντισμού του νερού στους 25 °C, K_w = 10⁻¹⁴ M².
- Η σταθερά ιοντισμού της CH₃NH₂ στους 25 °C, K_b CH₃NH₂ = 5 · 10⁻⁴ M.
- Το διάλυμα (Δ2) έχει θερμοκρασία 25 °C.
- Τα δεδομένα του ερωτήματος δ) επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Επειδή στο δοχείο εισάγονται ποσότητες από όλα τα σώματα, θα πρέπει να διερευνήσουμε προς ποια κατεύθυνση θα πραγματοποιηθεί η αντίδραση. Για τον λόγο αυτό θα υπολογίσουμε το πηλίκιο αντίδρασης Q_c και θα το συγκρίνουμε στη συνέχεια με τη σταθερά ισορροπίας K_c.

$$Q_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{n_{\text{HI}}}{V}\right)^2}{\left(\frac{n_{\text{H}_2}}{V}\right) \cdot \left(\frac{n_{\text{I}_2}}{V}\right)} = \frac{\left(\frac{1,6 \text{ mol}}{V \text{ L}}\right)^2}{\left(\frac{0,1 \text{ mol}}{V \text{ L}}\right) \cdot \left(\frac{0,1 \text{ mol}}{V \text{ L}}\right) M} = 16^2 = 256.$$

Επειδή Q_c > K_c η αντίδραση θα πραγματοποιηθεί με κατεύθυνση προς τα αριστερά, ώστε η τιμή του πηλίκου Q_c να μικρύνει (μεγαλώνει ο παρονομαστής του κλάσματος και ελαττώνεται ο αριθμητής). Κατ' αυτό τον τρόπο το σύστημα προσεγγίζει τη θέση ισορροπίας, όπου Q_c = K_c.



Αρχικά	0,1	0,1	1,6
Αντιδρούν			2x
Παράγονται	x	x	
Ισορροπία	(0,1+x)	(0,1+x)	(1,6-2x)

Στη χημική ισορροπία ισχύει ότι:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{\left(\frac{1,6-2x}{V}\right)^2 M^2}{\left(\frac{0,1+x}{V}\right) M \cdot \left(\frac{0,1+x}{V}\right) M} \Rightarrow 49 = \frac{(1,6-2x)^2}{(0,1+x) \cdot (0,1+x)} \Rightarrow$$

$$7^2 = \left(\frac{1,6-2x}{0,1+x}\right)^2$$

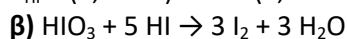
Επειδή η σταθερά ισορροπίας K_c είναι ένα ημίλογισμο συγκεντρώσεων, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να πάρει μόνο θετικές τιμές.

Οπότε ισχύει ότι: $7 = \frac{1,6-2x}{0,1+x} \Rightarrow 0,7 + 7x = 1,6 - 2x \Rightarrow 9x = 0,9 \Rightarrow x = 0,1$

Επομένως η σύσταση του μίγματος των αερίων μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας ① είναι:

$$n_{H_2} = n_{I_2} = (0,1 + x) \text{ mol} = (0,1 + 0,1) \text{ mol} = 0,2 \text{ mol.}$$

$$n_{HI} = (1,6 - 2x) \text{ mol} = (1,6 - 2 \cdot 0,1) \text{ mol} = (1,6 - 0,2) \text{ mol} = 1,4 \text{ mol.}$$



γ) Έστω ότι στο 1^ο μέρος περιέχονται γ mol HI(g).

mol	$HIO_3 + 5 HI \rightarrow 3 I_2 + 3 H_2O$
Αρχικά	γ
Τελικά	--- $\frac{3\gamma}{5}$

Επειδή παράγονται 0,06 mol I_2 ισχύει ότι:

$$\frac{3\gamma}{5} = 0,06 \Rightarrow 3\gamma = 0,3 \Rightarrow \gamma = 0,1.$$

Επομένως η ποσότητα HI (g) που διαβιβάστηκε στο υδατικό διάλυμα HIO_3 είναι ίση με 0,1 mol.

δ. Για το CH_3NH_2 ισχύει ότι: $n = c \cdot V = 0,2 \frac{\text{mol}}{L} \cdot 1 L = 0,2 \text{ mol.}$

Για το CH_3NH_3I ισχύει ότι: $n' = c' \cdot V = 0,4 \frac{\text{mol}}{L} \cdot 1 L = 0,4 \text{ mol.}$

Από το μίγμα της χημικής ισορροπίας ① απομονώθηκαν και διοχετεύθηκαν στο διάλυμα (Δ1) 0,1 mol αερίου HI. Οπότε πραγματοποιείται η αντίδραση η οποία περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση:

mol	$CH_3NH_2 + HI \rightarrow CH_3NH_3I$		
Αρχικά	0,2	0,1	0,4
Αντιδρούν	0,1	0,1	
Παράγονται			0,1
Τελικά	0,1	---	0,5

Οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών που βρίσκονται στο διάλυμα (Δ2) είναι:

$$[CH_3NH_2] = \frac{0,1 \text{ mol}}{1 L} = 0,1 M.$$

$$[CH_3NH_3I] = \frac{0,5 \text{ mol}}{1 L} = 0,5 M.$$

Το διάλυμα (Δ2) είναι ρυθμιστικό, καθώς σε αυτό περιέχεται η ασθενής βάση CH_3NH_2 και σε παραπλήσια συγκέντρωση το συζυγές οξύ $CH_3NH_3^+$, που προκύπτει από την πλήρη διάσταση του άλατος CH_3NH_3I .

Σύμφωνα με την εξίσωση των Henderson και Hasselbalch ισχύει ότι:

$$[H_3O^+] = K_a(CH_3NH_3^+) \cdot \frac{[\text{οξύ}]}{[\text{βάση}]} = \frac{K_w}{K_b(CH_3NH_2)} \cdot \frac{[CH_3NH_3^+]}{[CH_3NH_2]} = \frac{10^{-14} M^2}{5 \cdot 10^{-4} M} \cdot \frac{0,5 M}{0,1 M} = 10^{-10} M.$$

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

Επομένως το pH του διαλύματος (Δ2) στους 25 °C είναι ίσο με 10.

Θέμα 4° 30670 (2° 5°)

Στο σχολικό εργαστήριο διαθέτουμε τα εξής υδατικά διαλύματα.

i) NaOH συγκέντρωσης 0,005 M (διάλυμα Δ1)

ii) CH₃COOH συγκέντρωσης x M (διάλυμα Δ2)

α) Σε 100 mL του διαλύματος Δ2 προσθέτουμε ποσότητα από το διάλυμα Δ1 τόση ώστε να αντιδράσει ολόκληρη η ποσότητα του CH₃COOH. Διαπιστώνουμε την έκλυση 0,05 kJ θερμότητας. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του διαλύματος Δ2. Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση: CH₃COOH + NaOH → CH₃COONa + H₂O, ΔH = -50 kJ/mol. (μονάδες 4)

β) Να υπολογίσετε την τιμή της σταθεράς ιοντικής ισορροπίας του CH₃COOH αν το διάλυμα Δ2 εμφανίζει pH = 3,5. (μονάδες 4)

γ) Να υπολογίσετε όγκο του νερού που πρέπει να προσθέσουμε σε 200 mL διαλύματος Δ2, ώστε το pH του νέου διαλύματος (διάλυμα Δ3) να διαφέρει κατά μισή μονάδα από το pH του αρχικού διαλύματος. (μονάδες 8)

δ) Σε 100 mL διαλύματος Δ1 προστίθενται 100 mL διαλύματος Δ2 οπότε προκύπτει διάλυμα Δ4 όγκου 200 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ4. (μονάδες 9)

Όλες οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται σε θερμοκρασία 25° C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. Δίνεται ότι οι συνθήκες προσεγγίσεις γίνονται. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Από τη θερμοχημική εξίσωση προκύπτει:

	CH ₃ COOH +	NaOH →	CH ₃ COONa +	H ₂ O	ΔH = -50 kJ/mol
αντιδρούν	y mol		y mol		
παράγονται			y mol	y mol	50y kJ

Όμως ισχύει: 50·y kJ = 0,05 kJ ⇒ y = 0,001

Συνεπώς σε όγκο V₂ = 100 mL = 0,1 L περιέχονται n₂ = 0,001 mol CH₃COOH. Η συγκέντρωση c₂ του διαλύματος Δ2 είναι:

$$c_2 = \frac{n_2}{V_2} = \frac{0,001 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,01 \text{ M}$$

Άρα το διάλυμα CH₃COOH έχει συγκέντρωση 0,01 M.

β) Στο διάλυμα Δ2 το CH₃COOH ιοντίζεται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση

M	CH ₃ COOH +	H ₂ O ⇌	CH ₃ COO ⁻ +	H ₃ O ⁺
αρχικά	0,01			
αντιδρούν	z			
παράγονται			z	z
χημική ισορροπία	0,01 - z ≈ 0,01		z	z

Δίνεται pH=3,5, άρα [H₃O⁺] = 10^{-3,5} M και z = 10^{-3,5}.

Η σταθερά ιοντισμού του CH₃COOH δίνεται από τη σχέση:

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{z^2}{0,01} M = \frac{(10^{-3,5})^2}{0,01} M = 10^{-5} M$$

Η σταθερά ιοντισμού του CH₃COOH είναι: K_a = 10⁻⁵ M

γ) Η αραιώση του διαλύματος οξέος με νερό θα οδηγήσει στην αύξηση του pH του διαλύματος, επομένως το pH του διαλύματος Δ3 θα γίνει 4, που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση οξωνίων: [H₃O⁺] = 10⁻⁴ M.

Από τη σχέση της σταθεράς ιοντισμού του CH₃COOH προσδιορίζουμε τη συγκέντρωση c₃ του CH₃COOH στο διάλυμα Δ3:

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{c_3} \Rightarrow c_3 = \frac{[H_3O^+]^2}{K_a} = \frac{(10^{-4})^2}{10^{-5}} M \Rightarrow c_3 = 10^{-3} M$$

Έστω V'₂ = 200 mL = 0,2 L ο όγκος του διαλύματος Δ2 που αραιώθηκε και V' ο όγκος του νερού που προστέθηκε. Τότε από το νόμο της αραιώσης έχουμε:

$$c_2 \cdot V'_2 = c_3 \cdot (V'_2 + V') \Rightarrow V' = \frac{c_2 \cdot V'_2 - c_3 \cdot V'_2}{c_3} \Rightarrow V' = \frac{10^{-2} \cdot 0,2 - 10^{-3} \cdot 0,2}{10^{-3}} L \Rightarrow V' = 1,8 L$$

Άρα πρέπει να προστεθούν 1,8 L νερό.

δ) Τα mol NaOH που υπάρχουν στα $V'_1 = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$ διαλύματος Δ1 είναι:

$$n_1 = c_1 \cdot V'_1 = 0,005 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,0005 \text{ mol}$$

Τα mol CH_3COOH που υπάρχουν στα $V_2 = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$ διαλύματος Δ2 είναι:

$$n_2 = c_2 \cdot V''_2 = 0,01 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,001 \text{ mol}$$

Με την ανάμειξη αντιδρούν μεταξύ τους και έχουμε:

mol	CH_3COOH	+	NaOH	\rightarrow	CH_3COONa	+	H_2O
αρχικά	0,001		0,0005				
αντιδρούν	0,0005		0,0005				
παράγονται					0,0005		
τελικά	0,0005		-		0,0005		

Οι συγκεντρώσεις των ουσιών στο τελικό διάλυμα Δ5 όγκου 0,2 L είναι:

$$c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{0,0005 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,0025 \text{ M} \text{ και } c_{\text{CH}_3\text{COONa}} = \frac{0,0005 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,0025 \text{ M}$$

Το CH_3COONa δίσταται: $\text{CH}_3\text{COONa} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$. Το Na^+ δεν αντιδρά με το νερό.

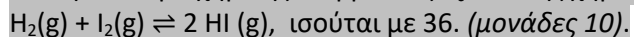
Το διάλυμα Δ4 (CH_3COOH 0,0025 M / CH_3COO^- 0,0025 M) είναι ρυθμιστικό, επειδή περιέχει το ασθενές οξύ και τη συζυγή του βάση σε ίσες συγκεντρώσεις και αφού ισχύουν οι συνήθειες προσεγγίσεις έχουμε:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}{c_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = 5 + \log \frac{0,0025}{0,0025} = 5$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ4 είναι 5.

Θέμα 4^ο 30671 (4^ο 5^ο)

α) Σε δοχείο όγκου 1 L εισάγουμε 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ και 1 mol $\text{I}_2(\text{g})$ και θερμαίνουμε σε θερμοκρασία θ °C. Να υπολογίσετε πόσα mol $\text{HI}(\text{g})$ θα σχηματιστούν στη χημική ισορροπία. Δίνεται ότι στη θερμοκρασία θ °C η σταθερά χημικής ισορροπίας K_c που της χημικής εξίσωσης:



β) 0,05 mol από το $\text{HI}(\text{g})$ που παρασκευάστηκε παραπάνω απομονώνεται και διαλύεται σε 500 mL νερό δίνοντας διάλυμα Δ1 όγκου 500 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 5)

γ) Σε 200 mL του διαλύματος Δ1 προσθέτουμε 200 mL υδατικού διαλύματος Δ2 που περιέχει HCOONa σε συγκέντρωση 0,2 M, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ3 όγκου 400 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ3. (μονάδες 10).

Οι παραπάνω διαδικασίες στα ερωτήματα β) και γ) γίνονται σε θερμοκρασία 25 °C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$ και η σταθερά ιοντισμού του HCOOH έχει τιμή $K_a = 10^{-4} \text{ M}$. Δίνεται ότι οι συνήθειες προσεγγίσεις γίνονται. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Οι μεταβολές mol που συμβαίνουν μέχρι τη χημική ισορροπία εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

mol	$\text{H}_2(\text{g})$	+	$\text{I}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$2 \text{HI}(\text{g})$
αρχικά	1		1		
αντιδρούν	x		x		
παράγονται					2x
τελικά	1-x		1-x		2x

Από τη σχέση της σταθεράς χημικής ισορροπίας και αφού ο όγκος του δοχείου είναι $V=1 \text{ L}$ έχουμε:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \Rightarrow 36 = \frac{\left(\frac{2x}{1}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{1}\right)^2} \Rightarrow 36 = \left(\frac{2x}{1-x}\right)^2 \Rightarrow +6 = \frac{2x}{1-x} \Rightarrow x = 0,75$$

Άρα στο δοχείο θα υπάρχουν μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας $2 \cdot 0,75 \text{ mol} = 1,5 \text{ mol}$ $\text{HI}(\text{g})$.

β) Τα mol HI που διαλύθηκαν στο νερό είναι $n = 0,05 \text{ mol}$ και ο όγκος του διαλύματος Δ1 είναι $V = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$.

Η συγκέντρωση c του διαλύματος HI είναι:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το HI ιοντίζεται πλήρως: $\text{HI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}^- + \text{H}_3\text{O}^+$, οπότε παράγονται H_3O^+ για τη συγκέντρωση των οποίων ισχύει $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \text{ M}$

Άρα το διάλυμα Δ1 έχει $\text{pH} = -\log 0,1 = 1$.

γ) Το διάλυμα Δ1 (HI) συγκέντρωσης $c = 0,1 \text{ M}$ και όγκου $V = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L}$ περιέχει:

$$n = c \cdot V = 0,1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,02 \text{ mol HI}$$

Το διάλυμα HCOONa συγκέντρωσης $c_2 = 0,2 \text{ M}$ και όγκου $V_2 = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L}$ περιέχει:

$$n_2 = c_2 \cdot V_2 = 0,2 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,04 \text{ mol HCOONa}$$

Το HCOONa και το HI αντιδρούν μεταξύ τους και έχουμε τον παρακάτω πίνακα μεταβολών των mol:

mol	HCOONa +	HI →	HCOOH +	NaI
αρχικά	0,04	0,02		
αντιδρούν	0,02	0,02		
παράγονται			0,02	0,02
ελικά	0,02	-	0,02	0,02

Οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών στο τελικό διάλυμα Δ3 (όγκου 0,4 L) είναι:

$$c_{\text{HCOONa}} = \frac{0,02 \text{ mol}}{0,4 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

$$c_{\text{HCOOH}} = \frac{0,02 \text{ mol}}{0,4 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

$$c_{\text{NaI}} = \frac{0,02 \text{ mol}}{0,4 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

Το HCOONa δίσταται $\text{HCOONa} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{HCOO}^-$. Το Na^+ δεν αντιδρά με το νερό και για το μεθανικό ιόν ισχύει: $c_{\text{HCOO}^-} = 0,05 \text{ M}$

Το NaI δίσταται $\text{NaI} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{I}^-$. Τα Na^+ και το I^- δεν αντιδρούν με το νερό.

Το διάλυμα Δ3 έχει ως μόνα συστατικά που επηρεάζουν το pH τα HCOOH 0,05 M και HCOO^- 0,05 M.

Το διάλυμα περιέχει το ασθενές οξύ και τη συζυγή του βάση σε ίσες συγκεντρώσεις, επομένως είναι ρυθμιστικό και αφού ισχύουν οι συνθήκες προσεγγίσεις έχουμε:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_{\text{HCOO}^-}}{c_{\text{HCOOH}}} = 4 + \log \frac{0,05}{0,05} = 4$$

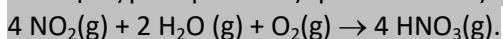
Άρα το pH του διαλύματος Δ3 είναι ίσο με 4.

Θέμα 4° 30672 (4° 5°)

Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) είναι ένα καστανόχρωμο τοξικό αέριο, που ερεθίζει τα μάτια, τους πνεύμονες και το δέρμα. Είναι σημαντικός περιβαλλοντικός ρύπος και αποτελεί συστατικό του φωτοχημικού νέφους.

α) Σε δοχείο όγκου 1 L εισάγουμε 3 mol $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ και θερμαίνουμε σε θερμοκρασία θ °C. Στη θερμοκρασία αυτή λαμβάνει χώρα η αμφίδρομη αντίδραση που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$. Όταν αποκατασταθεί η ισορροπία στο δοχείο υπάρχουν ίσα mol από τα δύο αέρια. Να προσδιορίσετε τη σταθερά χημικής ισορροπίας K_c στους θ °C. (μον.10).

β) Ποσότητα από το NO_2 , που παράχθηκε στην παραπάνω αντίδραση, αντιδρά σε κατάλληλες συνθήκες με νερό και οξυγόνο δίνοντας νιτρικό οξύ, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Το παραγόμενο HNO_3 διαλύεται σε νερό οπότε προκύπτει διάλυμα Δ1 όγκου 500 mL το οποίο εμφανίζει $\text{pH} = 1$. Να υπολογίσετε την ποσότητα του HNO_3 που διαλύθηκε στο νερό. (μον. 5)

γ) Στο διάλυμα Δ1 διαλύονται 0,1 mol αέριας NH_3 , οπότε προκύπτει διάλυμα Δ2 όγκου επίσης 500 mL. Να προσδιορίσετε το pH του διαλύματος Δ2. (μονάδες 10).

Οι διαδικασίες στο ερώτημα γ) 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 NH_3 έχει τιμή $K_b=10^{-5} \text{ M}$. Δίνεται ότι οι συνήθεις προσεγγίσεις γίνονται.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Αν x mol του N_2O_4 αντέδρασαν, οι μεταβολές που συμβαίνουν κατά την αντίδραση που καταλήγει σε κατάσταση χημικής ισορροπίας εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

mol	N_2O_4	\rightleftharpoons	2NO_2
αρχικά	3		
αντιδρούν	x		
παράγονται			$2x$
τελικά	$3-x$		$2x$

Τα mol των δύο αερίων στη χημική ισορροπία είναι ίσα άρα ισχύει:

$3-x = 2x \Rightarrow x = 1$. Άρα η ποσότητα κάθε αερίου στη χημική ισορροπία θα είναι ίση με 2 mol.

Από τη σχέση της σταθεράς χημικής ισορροπίας και αφού ο όγκος του δοχείου είναι $V = 1 \text{ L}$ έχουμε:

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{\left(\frac{2}{1}\right)^2}{\frac{2}{1}} \text{ M} = 2 \text{ M}$$

Άρα η σταθερά χημικής ισορροπίας είναι $K_c = 2 \text{ M}$

β) Το HNO_3 στο διάλυμα Δ1 ιοντίζεται πλήρως: $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$ οπότε παράγονται H_3O^+ για τη συγκέντρωση των οποίων ισχύει: $\text{pH} = 1 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \text{ M}$.

Επομένως η συγκέντρωση του HNO_3 στο διάλυμα είναι επίσης $c = 0,1 \text{ M}$. Δεδομένου ότι ο όγκος του διαλύματος που σχηματίστηκε είναι $V = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$, τα mol του διαλυμένου HNO_3 είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V \Rightarrow n = 0,1 \cdot 0,5 \text{ mol} \Rightarrow n = 0,05 \text{ mol}$$

Άρα στο νερό διαλύθηκαν 0,05 mol HNO_3 .

γ) Η NH_3 και το HNO_3 αντιδρούν μεταξύ τους όπως περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

mol	NH_3	+	HNO_3	\rightarrow	NH_4NO_3
αρχικά	0,1		0,05		
αντιδρούν	0,05		0,05		
παράγονται					0,05
τελικά	0,05		-		0,05

Οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών στο τελικό διάλυμα Δ2 (όγκου 0,5 L) είναι:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

$$c_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το NH_4NO_3 δίδεται πλήρως: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$. Το NO_3^- δεν αντιδρά με το νερό και

$c_{\text{NH}_4^+} = 0,1 \text{ M}$

Το διάλυμα ($\text{NH}_4^+ 0,1 \text{ M} / \text{NH}_3 0,1 \text{ M}$) είναι ρυθμιστικό, οπότε.

M	NH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	NH_4^+	+	OH^-
αρχικά	0,1				0,1		
αντιδρούν	y						
παράγονται					y		y
χημική ισορροπία	$0,1 - y \approx 0,1$				$0,1 + y \approx 0,1$		y

Από τη σχέση της σταθεράς ιοντικής ισορροπίας προσδιορίζεται το y .

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = \frac{y \cdot 0,1}{0,1} \text{ M} \Rightarrow y = 10^{-5}$$

Επομένως $[\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 5 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 5 \Rightarrow \text{pH} = 9$.

Το pH διαλύματος Δ2 είναι 9.

Εναλλακτικά:

$$pOH = pK_b + \log \frac{c_{NH_4^+}}{c_{NH}} = 5 + \log \frac{0,1 M}{0,1 M} = 5$$

Συνεπώς, $pOH = 5$ και το pH του διαλύματος Δ2 είναι $pH = 14 - 5 = 9$.

Θέμα 4° 30675 (3° 4° 5°)

Σε δοχείο όγκου 0,5 L και σε θερμοκρασία 440 °C εισάγονται 0,5 mol H_2 και 0,5 mol I_2 . Τα δύο αέρια αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$.

α) Η αρχική ταχύτητα της απλής αντίδρασης $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2 HI(g)$ ήταν $v_1 = 10 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$, ενώ η ταχύτητα της ίδιας αντίδρασης όταν αποκατασταθεί στο δοχείο η χημική ισορροπία είναι $v_2 = 0,4 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$. Να υπολογίσετε:

i) τη σταθερά ταχύτητας της απλής αντίδρασης $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2 HI(g)$ στη συγκεκριμένη θερμοκρασία του πειράματος. (μονάδες 5)

ii) τις ποσότητες των $H_2(g)$, $I_2(g)$ και $HI(g)$ που υπάρχουν στο δοχείο κατά τη χημική ισορροπία. (μονάδες 5)

iii) τη σταθερά χημικής ισορροπίας της αντίδρασης $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$ στους 440 °C. (μονάδες 5)

β) 0,1 mol από την ποσότητα του HI που παράχθηκε από την παραπάνω αντίδραση διαλύεται σε νερό και σχηματίζεται διάλυμα όγκου 1 L (διάλυμα Δ1). Να υπολογίσετε το pH που εμφανίζει το διάλυμα Δ1. (μονάδες 5)

γ) Στο διάλυμα Δ1 διαβιβάζονται και διαλύονται 2,24 L αέριου NH_3 (μετρημένα σε STP συνθήκες) και σχηματίζεται διάλυμα επίσης όγκου 1 L (διάλυμα Δ2). Να υπολογίσετε το pH που εμφανίζει το διάλυμα Δ2. (μονάδες 5)

Οι διαδικασίες στο ερώτημα α) γίνονται σε σταθερή θερμοκρασία 440 °C, ενώ στα ερωτήματα β) και γ) σε θερμοκρασία 25° C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w = 10^{-14} M^2$ και η σταθερά ιοντισμού της NH_3 έχει τιμή $K_b = 10^{-5} M$. Δίνεται ότι οι συνήθειες προσεγγίσεις γίνονται.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α)

i) Από το νόμο της ταχύτητας, για την αρχική ταχύτητα της αντίδρασης έχουμε:

$$v_1 = k \cdot [H_2][I_2] \Rightarrow k = \frac{v_1}{[H_2][I_2]} \Rightarrow k = \frac{10 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}}{0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \Rightarrow k = 10 \frac{\text{L}}{\text{mol} \cdot \text{min}}$$

ii) Από την στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε τον πίνακα

mol	$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 HI(g)$
αρχικά	0,5		0,5		
αντιδρούν	x		x		
παράγονται					2x
χημική ισορροπία	0,5 - x		0,5 - x		2x

Εφαρμόζοντας τον νόμο της ταχύτητας στη χημική ισορροπία προκύπτει:

$$v_2 = k \cdot [H_2]_1 [I_2]_1 \Rightarrow 0,4 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}} = 10 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}} \cdot \left(\frac{0,5 - x}{0,5} \right)^2 \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2} \Rightarrow x = 0,4$$

Άρα οι ποσότητες των ουσιών στην χημική ισορροπία είναι:

$H_2(g)$: 0,1 mol, $I_2(g)$: 0,1 mol και $HI(g)$: 0,8 mol

iii) Η σταθερά χημικής ισορροπίας της αντίδρασης θα είναι:

$$K_c = \frac{[HI]_1^2}{[H_2]_1 [I_2]_1} = \frac{\left(\frac{0,8 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} \right)^2}{\frac{0,1 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} \cdot \frac{0,1 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}}} = 64$$

β) Έστω c η συγκέντρωση του HI στο διάλυμα Δ1, V ο όγκος του διαλύματος (V=1 L) και n = 0,1 mol η ποσότητα HI που περιέχεται στο διάλυμα. Η συγκέντρωση είναι:

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

Το HI στο διάλυμα Δ1 ιοντίζεται πλήρως: $\text{HI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}^- + \text{H}_3\text{O}^+$, οπότε παράγονται H_3O^+ των οποίων η συγκέντρωση είναι 0,1 M επομένως το διάλυμα έχει $\text{pH} = -\log 0,1 = 1$.

γ) Τα mol της NH_3 που προστέθηκαν είναι:

$$n' = \frac{V'}{V_m} = \frac{2,24}{22,4} \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$$

Η NH_3 και το HI αντιδρούν μεταξύ τους και έχουμε:

mol	NH_3	+	HI	→	NH_4I
αρχικά	0,1		0,1		
αντιδρούν	0,1		0,1		
παράγονται					0,1
τελικά	-		-		0,1

Η συγκέντρωση του NH_4I στο τελικό διάλυμα Δ2 (όγκου 1 L) είναι:

$$c_{\text{NH}_4\text{I}} = \frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

Το NH_4I διάσπαται πλήρως: $\text{NH}_4\text{I} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+ + \text{I}^-$.

Το I^- δεν αντιδρά με το νερό και $c_{\text{NH}_4^+} = 0,1 \text{ M}$

Το NH_4^+ ιοντίζεται οπότε έχουμε τον παρακάτω πίνακα μεταβολών των συγκεντρώσεων:

M	NH_4^+	+	H_2O	⇌	NH_3	+	H_3O^+
αρχικά	0,1						
αντιδρούν	y						
παράγονται					y		y
χημική ισορροπία	$0,1 - y \approx 0,1$				y		y

Για τον υπολογισμό της K_a της παραπάνω χημικής ισορροπίας έχουμε:

$$K_w = K_{\text{NH}_4^+} \cdot K_{\text{NH}_3} \Rightarrow K_{\text{NH}_4^+} = \frac{K_w}{K_{\text{NH}_3}} \Rightarrow K_{\text{NH}_4^+} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-5} \text{ M}} \Rightarrow K_{\text{NH}_4^+} = 10^{-9} \text{ M}$$

Από τη σχέση της σταθεράς ιοντικής ισορροπίας προσδιορίζεται το x.

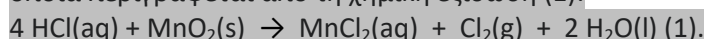
$$K_a = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = \frac{y \cdot y}{0,1} \text{ M} \Rightarrow y = 10^{-5}$$

Στο διάλυμα Δ2: $y = 10^{-5}$ οπότε $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5} \text{ M}$

Άρα το pH του διαλύματος είναι: $\text{pH} = -\log 10^{-5} = 5$.

Θέμα 4^ο 31531 (4^ο 5^ο 1β^ο)

Το χλώριο, Cl_2 , ανακαλύφθηκε το 1774 από τον Σουηδό χημικό Carl Scheele. Ο Scheele παράγαγε $\text{Cl}_2(\text{g})$ από τη χημική αντίδραση υδροχλωρικού οξέος, $\text{HCl}(\text{aq})$, με διοξείδιο του μαγγανίου, MnO_2 , η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση (1):



Διαθέτουμε υδατικό διάλυμα HCl συγκέντρωσης 0,1 M και θερμοκρασίας 25 °C (διάλυμα Δ1).

α) Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 3)

Σε ορισμένο όγκο διαλύματος Δ1 προστίθεται περίσσεια στερεού MnO_2 , οπότε παράγεται ποσότητα $\text{Cl}_2(\text{g})$ που έχει όγκο 2,24 L, μετρημένο σε STP συνθήκες.

β) Να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος Δ1, που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του χλωρίου, $\text{Cl}_2(\text{g})$. (μονάδες 5)

γ) Η παραγόμενη ποσότητα του αερίου χλωρίου συλλέγεται και διοχετεύεται σε κλειστό δοχείο σταθερού όγκου 2 L, το οποίο περιέχει ορισμένη ποσότητα τριχλωριούχου φωσφόρου, $\text{PCl}_3(\text{g})$, οπότε σε θερμοκρασία θ °C αποκαθίσταται χημική ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση (2): $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$ (2)

Αν η σταθερά K_c της ισορροπίας (2) στους θ °C είναι ίση με 20 M^{-1} και οι συγκεντρώσεις $\text{Cl}_2(\text{g})$ και $\text{PCl}_5(\text{g})$ είναι ίσες στην κατάσταση χημικής ισορροπίας, να υπολογίσετε την ποσότητα, σε mol, του τριχλωριούχου φωσφόρου, $\text{PCl}_3(\text{g})$, η οποία εισήχθη αρχικά στο δοχείο. (μονάδες 9)

δ) Να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος Δ1, στον οποίον πρέπει να προστεθεί 0,1 mol στερεού CH_3COONa , χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος, ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα Δ2, με $\text{pH} = 5$ σε $\theta = 25$ °C. (μονάδες 8)

Δίνονται:

- $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 10^{-5} \text{ M}$, σε $\theta = 25$ °C.
- Τα δεδομένα του ερωτήματος **δ)** επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις. **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

α) Στο διάλυμα Δ1 συμβαίνει πλήρης ιοντισμός του HCl.

c(M)	HCl +	H ₂ O →	H ₃ O ⁺ +	Cl ⁻
αρχικά	0,1			
ιοντίζονται	0,1			
παράγονται			0,1	0,1
τελικά			0,1	0,1

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

Επομένως το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 1.

β) Υπολογίζεται η ποσότητα, σε mol, του Cl_2 που παράγεται.

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{2,24 \text{ L}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,1 \text{ mol}$$

Έστω V_1 ο όγκος του διαλύματος Δ1, με συγκέντρωση σε HCl $c_1 = 0,1 \text{ M}$, που αντέδρασε με περίσσεια MnO_2 .

Η ποσότητα του HCl, σε mol, που περιέχεται στον όγκο V_1 του διαλύματος Δ1 είναι:

$$n_1 = c_1 \cdot V_1 = 0,1 \text{ M} \cdot V_1 \text{ L} \quad (1)$$

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης: $\text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{MnCl}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

προκύπτει ότι: $\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{Cl}_2}} = \frac{4}{1} \Rightarrow \frac{n_1}{0,1 \text{ mol}} = \frac{4}{1} \Rightarrow n_1 = 0,4 \text{ mol}$.

$$\text{Από (1): } c_1 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow V_1 = \frac{0,4 \text{ mol}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 4 \text{ L}.$$

Επομένως ο όγκος του διαλύματος Δ1 που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή χλωρίου είναι 4 L.

γ) Έστω x mol $\text{PCl}_3(\text{g})$ περιέχονται στο δοχείο όγκου $V = 2 \text{ L}$, στο οποίο εισάγονται 0,1 mol $\text{Cl}_2(\text{g})$.

mol	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+ $\text{Cl}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons $\text{PCl}_5(\text{g})$
αρχικά	x	0,1	
αντιδρούν	ω	ω	
παράγονται			ω
χημική ισορροπία	$(x - \omega)$	$(0,1 - \omega)$	ω

Στην κατάσταση χημικής ισορροπίας: $[\text{Cl}_2(\text{g})] = [\text{PCl}_5(\text{g})] \Rightarrow$

$$\frac{(0,1 - \omega) \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{\omega \text{ mol}}{2 \text{ L}} \Rightarrow \omega = 0,05 \quad (2)$$

Από την σταθερά της χημικής ισορροπίας K_c και την σχέση (2) προκύπτει:

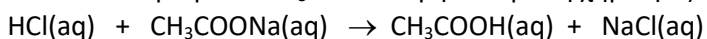
$$K_c = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]} = \frac{\left(\frac{\omega}{V}\right) \text{ M}}{\left(\frac{x - \omega}{V}\right) \text{ M} \cdot \left(\frac{0,1 - \omega}{V}\right) \text{ M}} \Rightarrow 20 \text{ M}^{-1} = \frac{\left(\frac{0,05}{2}\right) \text{ M}}{\left(\frac{x - 0,05}{2}\right) \text{ M} \cdot \left(\frac{0,05}{2}\right) \text{ M}} \Rightarrow$$

$$20 = \frac{2}{x - 0,05} \Rightarrow x = 0,15$$

Άρα η ποσότητα του $\text{PCl}_3(\text{g})$, η οποία εισήχθη αρχικά στο δοχείο είναι 0,15 mol.

δ) Έστω γ mol HCl περιέχονται σε όγκο V' L του διαλύματος Δ1.

Το HCl αντιδρά με το CH_3COOH σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα πρέπει στο τελικό διάλυμα να περιέχεται το ασθενές οξύ CH_3COOH και η συζυγής του βάση CH_3COO^- , που προέρχεται από τη διάσταση του άλατος CH_3COONa , το οποίο πρέπει να είναι σε περίσσεια. Επομένως θα αντιδράσει πλήρως η ποσότητα του HCl .

mol	$\text{HCl(aq)} + \text{CH}_3\text{COONa(aq)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH(aq)} + \text{NaCl(aq)}$		
αρχικά	y	0,1	
αντιδρούν	y	y	
παράγονται			y y
τελικά(διάλυμα Δ2)	---	0,1 - y	y y

Οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών που βρίσκονται στο τελικό διάλυμα Δ2 είναι:

$$c_{\text{CH}_3\text{COONa}} = \frac{(0,1-y) \text{ mol}}{V' \text{ L}}, \quad c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{y \text{ mol}}{V' \text{ L}}, \quad c_{\text{NaCl}} = \frac{y \text{ mol}}{V' \text{ L}}$$

Το NaCl δίσταται: $\text{NaCl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

Τα ιόντα Na^+ και Cl^- δεν αντιδρούν με το νερό, οπότε δεν επηρεάζουν το pH του διαλύματος.

Επειδή το pH του ρυθμιστικού διαλύματος είναι ίσο με 5, άρα η $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5} \text{ M}$.

Σύμφωνα με την εξίσωση των Henderson και Hasselbalch:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \frac{[\text{οξύς}]}{[\text{βάση}]} \Rightarrow 10^{-5} = K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \Rightarrow$$

$$10^{-5} = 10^{-5} \cdot \frac{\frac{y}{V'} \text{ M}}{\frac{0,1-y}{V'} \text{ M}} \Rightarrow y = 0,05.$$

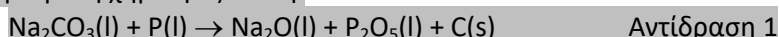
$$\text{Για το διάλυμα } \Delta 1 : c_1 = \frac{n_{\text{HCl}}}{V'} \Rightarrow c_1 = \frac{y}{V'} \Rightarrow V' = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,5 \text{ L}$$

Επομένως ο όγκος του διαλύματος Δ1, στον οποίο θα προστεθούν 0,1 mol CH_3COONa , για να παρασκευαστεί ρυθμιστικό διάλυμα με $\text{pH} = 5$, πρέπει να είναι 0,5 L = 500 mL.

Θέμα 4° 33693 (2° 1β°)

Το ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3), εκτός από τη χρήση του στην καθημερινή μας ζωή, συναντάται και σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές.

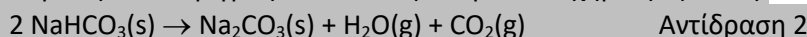
Για τον καθαρισμό ενός κράματος σιδήρου (Fe) που περιέχει φωσφόρο, (P) χρησιμοποιούνται 10,6 g Na_2CO_3 σε θερμοκρασία 1200 °C. Η ποσότητα αυτή αντιδρά πλήρως με 12,4 g λιωμένου κράματος σιδήρου – φωσφόρου (Fe – P), με σκοπό την απομάκρυνση του φωσφόρου, αφού μόνο αυτός αντιδρά με το Na_2CO_3 σε αυτή τη θερμοκρασία. Η αντίδραση που πραγματοποιείται περιγράφεται από τη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση:



α) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές της παραπάνω χημικής εξίσωσης. (μονάδες 3)

β) Να υπολογίσετε την % w/w περιεκτικότητα του κράματος σε φωσφόρο. Σε αυτές τις συνθήκες θερμοκρασίας, τυχόν επίδραση του Na_2CO_3 στον σίδηρο (Fe) θεωρείται αμελητέα. (μονάδες 10)

γ) Το Na_2CO_3 που χρησιμοποιήθηκε στην αντίδραση 1 μπορεί να παραχθεί με θέρμανση του NaHCO_3 , σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση:



Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία (ΔH°) της αντίδρασης 2, λαμβάνοντας υπόψη τις ενθαλπίες σχηματισμού: (μονάδες 6)

$$\Delta H_f^\circ (\text{NaHCO}_3) = -951 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_f^\circ (\text{Na}_2\text{CO}_3) = -1131 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -242 \text{ kJ/mol},$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ/mol}$$

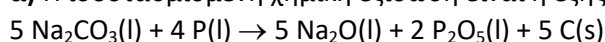
δ) Να υπολογίσετε τη θερμότητα που απορροφάται, σε πρότυπες συνθήκες, όταν παράγονται και τα 10,6 g Na_2CO_3 σύμφωνα με την αντίδραση 2. (μονάδες 6)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{Na})=23$, $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{O})=16$, $A_r(\text{P})=31$.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) Η ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση είναι η εξής:



β) Η σχετική μοριακή μάζα του Na_2CO_3 είναι ίση με:

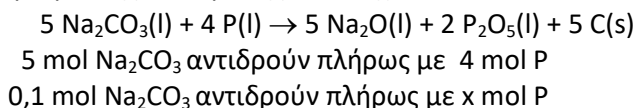
$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot A_r(\text{Na}) + 1 \cdot A_r(\text{C}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16 = 106.$$

Άρα η μάζα ανά mol του Na_2CO_3 είναι ίση με $106 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Τα mol Na_2CO_3 είναι ίσα με:

$$n = \frac{10,6}{106} \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$$

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης 1 θα ισχύει:



$$\frac{5 \text{ mol}}{0,1 \text{ mol}} = \frac{4 \text{ mol}}{x \text{ mol}} \Rightarrow x = 0,08$$

Άρα η ποσότητα του Na_2CO_3 αντιδρά πλήρως με 0,08 mol P.

Η σχετική ατομική μάζα του P είναι ίση με 31. Άρα η μάζα ανά mol του P είναι ίση με $31 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Επομένως, για τη μάζα του P, που περιέχεται στο κράμα, θα ισχύει:

$$m = 0,08 \cdot 31 \text{ g} = 2,48 \text{ g}$$

Υπολογίζουμε την % w/w περιεκτικότητα του κράματος σε P:

Στα 12,4 g κράματος περιέχονται 2,48 g P

Στα 100 g κράματος περιέχονται y g P

$$\frac{12,4 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{2,48 \text{ g}}{y \text{ g}} \Rightarrow y = 20$$

Επομένως στα 100 g κράματος περιέχονται 20 g P, άρα η περιεκτικότητα του κράματος σε P είναι 20 % w/w.

γ) Η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης 2 θα υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_f(\text{προϊόντων}) - \sum \Delta H^\circ_f(\text{αντιδρώντων})$$

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_f(\text{Na}_2\text{CO}_3) + \Delta H^\circ_f(\text{H}_2\text{O}) + \Delta H^\circ_f(\text{CO}_2) - 2 \cdot \Delta H^\circ_f(\text{NaHCO}_3) \Rightarrow$$

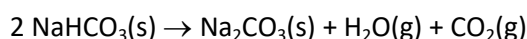
$$\Delta H^\circ = -1131 \text{ kJ/mol} + (-242) \text{ kJ/mol} + (-394) \text{ kJ/mol} - 2 \cdot (-951) \text{ kJ/mol} \Rightarrow$$

$$\Delta H^\circ = 135 \text{ kJ/mol}$$

Άρα η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης 2 είναι ίση με $\Delta H^\circ = 135 \text{ kJ/mol}$.

δ) Όπως υπολογίστηκε στο ερώτημα β η ποσότητα του Na_2CO_3 είναι ίση με 0,1 mol.

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης 2 σε πρότυπες συνθήκες θα ισχύει:



Για να παραχθεί 1 mol Na_2CO_3 , απορροφάται θερμότητα ίση με 135 kJ

Για να παραχθούν 0,1 mol Na_2CO_3 , απορροφάται θερμότητα ίση με x kJ

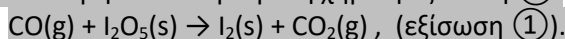
$$1 \text{ mol} \cdot x \text{ kJ} = 0,1 \text{ mol} \cdot 135 \text{ kJ} \Rightarrow$$

$$x = 13,5$$

Επομένως, απορροφάται θερμότητα ίση με 13,5 kJ, όταν παράγονται 10,6 g Na_2CO_3 .

Θέμα 4^ο 33713 (2^ο 4^ο 1β^ο)

Σε δοχείο σταθερού όγκου 10 L στο οποίο περιέχεται 0,1 mol στερεού I_2O_5 στους $\theta_1^\circ\text{C}$, εισάγεται 1 mol αερίου CO, οπότε πραγματοποιείται αντίδραση, η οποία ολοκληρώνεται μετά από 100 s και περιγράφεται από την παρακάτω μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση (1):



α) Να ισοσταθμίσετε τη χημική εξίσωση (1). (μονάδες 2)

β) Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης, από την αρχή μέχρι την ολοκλήρωσή της. (μονάδες 7)

Όλη η ποσότητα του αερίου μίγματος που περιέχεται στο δοχείο μετά την ολοκλήρωση της αντίδρασης, διοχετεύεται σε άλλο δοχείο σταθερού όγκου, στο οποίο περιέχεται ποσότητα $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$

οπότε αποκαθίσταται χημική ισορροπία στους $\theta_2^\circ\text{C}$, η οποία περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση (2): $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$, (εξίσωση (2)).

γ) Η σταθερά της χημικής ισορροπίας στους $\theta_2^\circ\text{C}$, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση (2) είναι ίση με 4^3 . Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) κάθε αερίου που περιέχεται στο δοχείο, μετά από την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας. (μονάδες 9)

δ) Να εξηγήσετε αν μέχρι την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας, ελευθερώνεται θερμότητα προς το περιβάλλον ή αν απορροφάται θερμότητα από το περιβάλλον. (μονάδες 7)

Δίνεται ότι στις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που πραγματοποιείται η αντίδραση, οι τιμές των ΔH_f είναι: $\Delta H_{f,\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})} = -825 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{f,\text{CO}(\text{g})} = -110 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{f,\text{CO}_2(\text{g})} = -394 \text{ kJ/mol}$.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

α) $5 \text{ CO}(\text{g}) + \text{I}_2\text{O}_5(\text{s}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 5 \text{ CO}_2(\text{g})$

β)

mol	$5 \text{ CO}(\text{g}) + \text{I}_2\text{O}_5(\text{s}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 5 \text{ CO}_2(\text{g})$			
Αρχικά	1	0,1		
Αντιδρούν	0,5	0,1		
Παράγονται	-	-	0,1	0,5
Τελικά	0,5	-	0,1	0,5

Η μέση ταχύτητα της αντίδρασης μέχρι την ολοκλήρωσή της, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$v = \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{5 \cdot \Delta t} = \frac{\frac{0,5 \text{ mol}}{10 \text{ L}}}{5 \cdot 100 \text{ s}} = 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$$

γ) Θεωρούμε ότι αρχικά περιέχονται στο δοχείο $x \text{ mol Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$.

mol	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{ CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ Fe}(\text{s}) + 3 \text{ CO}_2(\text{g})$			
Αρχικά	x	0,5		0,5
Αντιδρούν	y	$3y$		
Παράγονται			$2y$	$3y$
Ισορροπία	$(x-y)$	$(0,5-3y)$	$2y$	$(0,5+3y)$

Στη χημική ισορροπία ισχύει ότι:

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2]^3}{[\text{CO}]^3} = \frac{\left(\frac{0,5+3y}{V}\right)^3 M^3}{\left(\frac{0,5-3y}{V}\right)^3 M^3} \Rightarrow 4^3 = \frac{(0,5+3y)^3}{(0,5-3y)^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4^3 = \left(\frac{0,5+3y}{0,5-3y}\right)^3 \Rightarrow 4 = \frac{0,5+3y}{0,5-3y} \Rightarrow 0,5+3y = 2-12y \Rightarrow 15y = 1,5 \Rightarrow y = 0,1$$

Επομένως η σύσταση του μίγματος των αερίων (σε mol) μετά από την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση (2) είναι:

$$n_{\text{CO}} = (0,5 - 3y) \text{ mol} = (0,5 - 3 \cdot 0,1) \text{ mol} = (0,5 - 0,3) \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2} = (0,5 + 3y) \text{ mol} = (0,5 + 3 \cdot 0,1) \text{ mol} = (0,5 + 0,3) \text{ mol} = 0,8 \text{ mol}$$

δ) Υπολογίζουμε το ΔH της αντίδρασης που περιγράφεται από την εξίσωση

$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{ CO}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ Fe}(\text{s}) + 3 \text{ CO}_2(\text{g})$ από τη σχέση:

$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum \Delta H_{f,\text{προϊόντων}} - \sum \Delta H_{f,\text{αντιδρώντων}} = \\ &= 2 \cdot \Delta H_f(\text{Fe}) + 3 \cdot \Delta H_f(\text{CO}_2) - [1 \cdot \Delta H_f(\text{Fe}_2\text{O}_3) + 3 \cdot \Delta H_f(\text{CO})] = \\ &= 2 \cdot (0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 3 \cdot (-394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - [1 \cdot (-825 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 3 \cdot (-110 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] = \\ &= 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 1182 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 825 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 330 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -27 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

Επομένως η ενθαλπία της αντίδρασης είναι ίση με $\Delta H = -27 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Η αντίδραση με κατεύθυνση προς τα δεξιά είναι εξώθερμη επειδή $\Delta H < 0$. Επομένως για την μετάβαση από την αρχική κατάσταση μέχρι την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας, θα πρέπει να αντιδράσει Fe_2O_3 με CO , που σημαίνει ότι θα ελευθερωθεί θερμότητα προς το περιβάλλον.

Θέμα 4° 34586 (2° 5°)

Το SiCl_4 όταν αντιδρά με το νερό παράγεται αέριο HCl σύμφωνα με την αντίδραση που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



Η αντίδραση αυτή χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν σε πολεμικές επιχειρήσεις καθώς το νέφος του αερίου HCl εμπόδιζε την πραγματοποίηση μιας επίθεσης.

α) Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία (ΔH°) της αντίδρασης 1, λαμβάνοντας υπόψη τις πρότυπες ενθαλπίες σχηματισμού: (μονάδες 6).

$$\Delta H^\circ_f \text{SiCl}_4(\text{l}) = -687 \text{ kJ/mol}, \Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286 \text{ kJ/mol}, \Delta H^\circ_f \text{SiO}_2(\text{s}) = -911 \text{ kJ/mol},$$

$$\Delta H^\circ_f \text{HCl}(\text{g}) = -92 \text{ kJ/mol}.$$

β) Ποσότητα SiCl_4 αντιδρά πλήρως με την απαιτούμενη ποσότητα νερού και παράγονται 4,48 L αερίου HCl σε συνθήκες STP. Να υπολογίσετε:

i) Τη μάζα του SiCl_4 (σε g) που αντέδρασε. (μονάδες 4)

ii) Τη θερμότητα που εκλύεται από την αντίδραση σε πρότυπες συνθήκες. (μονάδες 3)

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{Si})=28$, $A_r(\text{Cl})=35,5$

γ) Όλη η ποσότητα του αερίου HCl που παράγεται διοχετεύεται σε δοχείο που περιέχει 200 mL υδατικού διαλύματος NH_3 2 M, χωρίς μεταβολή του όγκου. Να υπολογίσετε το pH του υδατικού διαλύματος που προκύπτει (διάλυμα Δ1). (μον. 6)

δ) Στο υδατικό διάλυμα Δ1 προστίθενται 0,1 mol στερεού NaOH, χωρίς μεταβολή του όγκου και προκύπτει υδατικό διάλυμα Δ2. Να υπολογίσετε πόσες φορές θα αυξηθεί η συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου $[\text{OH}^-]$. (μονάδες 6)

Για τα ερωτήματα **γ)** και **δ)** δίνονται: $K_{b,\text{NH}_3} = 10^{-5} \text{ M}$, $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. Η θερμοκρασία όλων των διαλυμάτων είναι 25°C και τα δεδομένα επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α) Η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης 1 θα υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_f (\text{προϊόντων}) - \sum \Delta H^\circ_f (\text{αντιδρώντων})$$

$$\Delta H^\circ = 4 \cdot \Delta H^\circ_f \text{HCl} + \Delta H^\circ_f \text{SiO}_2 - 2 \cdot \Delta H^\circ_f (\text{H}_2\text{O}) - \Delta H^\circ_f \text{SiCl}_4 \Rightarrow$$

$$\Delta H^\circ = 4 \cdot (-92) \text{ kJ/mol} + (-911) \text{ kJ/mol} - 2 \cdot (-286) \text{ kJ/mol} - (-687) \text{ kJ/mol} \Rightarrow$$

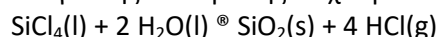
$$\Delta H^\circ = -20 \text{ kJ/mol}.$$

Άρα η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης 1 είναι ίση με $\Delta H^\circ = -20 \text{ kJ/mol}$.

β)i) Τα mol του αερίου HCl σε συνθήκες STP είναι:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{4,48 \text{ L}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,2 \text{ mol}.$$

Από τη στοιχειομετρική αναλογία της αντίδρασης 1 έχουμε:



$$1 \text{ mol SiCl}_4 \quad \text{παράγει} \quad 4 \text{ mol HCl}$$

$$x \text{ mol SiCl}_4 \quad \text{παράγουν} \quad 0,2 \text{ mol HCl}$$

$$1 \text{ mol} \cdot 0,2 \text{ mol} = x \text{ mol} \cdot 4 \text{ mol} \Rightarrow x = 0,05.$$

Επομένως αντιδρούν 0,05 mol SiCl_4 .

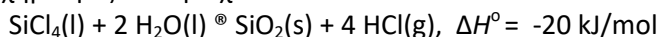
Η σχετική μοριακή μάζα του SiCl_4 είναι ίση με:

$$M_r = A_r(\text{Si}) + 4 \cdot A_r(\text{Cl}) = 28 + 4 \cdot 35,5 = 170.$$

Αυτό σημαίνει ότι η μάζα του ενός mol SiCl_4 είναι ίση με 170 g.

Επομένως, η μάζα των 0,05 mol SiCl_4 είναι $m = 0,05 \cdot 170 \text{ g} = 8,5 \text{ g}$.

ii) Επίσης από τη θερμοχημική εξίσωση ισχύει:



$$\text{Από } 1 \text{ mol SiCl}_4 \quad \text{ελευθερώνονται} \quad 20 \text{ kJ}$$

$$\text{Από } 0,05 \text{ mol SiCl}_4 \quad \text{ελευθερώνονται} \quad \gamma \text{ kJ}$$

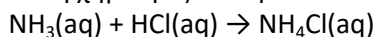
$$1 \text{ mol} \cdot \gamma \text{ kJ} = 0,05 \text{ mol} \cdot 20 \text{ kJ} \Rightarrow \gamma = 1.$$

Άρα, όταν αντιδρούν 0,05 mol SiCl_4 ελευθερώνεται θερμότητα 1 kJ.

γ) Τα mol του αερίου HCl, όπως υπολογίστηκαν παραπάνω είναι ίσα με 0,2.

Τα mol της NH_3 είναι ίσα με $n = c \cdot V \Rightarrow n = (2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L}) \Rightarrow n = 0,4 \text{ mol}$.

Το αέριο HCl διοχετεύεται στο υδατικό διάλυμα NH₃ χωρίς μεταβολή όγκου και πραγματοποιείται η αντίδραση, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



mol	NH ₃ (aq)	HCl(aq)	NH ₄ Cl(aq)
Αρχικά	0,4	0,2	
Αντιδρούν	0,2	0,2	
Παράγονται			0,2
Τελικά	0,2	-	0,2

Το υδατικό διάλυμα που προκύπτει (διάλυμα Δ1) είναι ρυθμιστικό, αφού περιέχει ένα ζεύγος ασθενούς βάσης (NH₃) με το συζυγές της οξύ (NH₄⁺), σε παραπλήσιες συγκεντρώσεις, που προκύπτει από τη διάσπαση του άλατος NH₄Cl. (NH₄Cl(aq) → NH₄⁺(aq) + Cl⁻(aq)).

Επομένως η συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση Henderson:

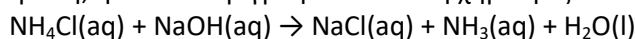
$$[\text{OH}^-] = K_{\text{b},\text{NH}_3} \cdot \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M} \cdot \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} \cdot \frac{0,2 \text{ L}}{0,2 \text{ mol}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M}.$$

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

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 5 = 9.$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ θα είναι ίσο με 9.

δ) Στο υδατικό διάλυμα Δ1 προστίθενται 0,1 mol στερεού NaOH, χωρίς μεταβολή του όγκου και πραγματοποιείται η αντίδραση, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



mol	NH ₄ Cl(aq)	NaOH(aq)	NaCl(aq)	NH ₃ (aq)	H ₂ O(l)
Αρχικά	0,2	0,1		0,2	
Αντιδρούν	0,1	0,1			
Παράγονται			0,1	0,1	
Τελικά	0,1	-	0,1	0,3	

Το NaCl δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος και κατ' επέκταση τη συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου [OH⁻], αφού τα ιόντα Na⁺ και Cl⁻ που προκύπτουν από τη διάσπασή του προέρχονται από ισχυρή βάση και ισχυρό οξύ αντίστοιχα και δεν αντιδρούν με το νερό.

Επομένως η νέα συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου [OH⁻] προκύπτει από το ρυθμιστικό διάλυμα Δ2 που περιέχει το ζεύγος NH₃ - NH₄⁺ και μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση Henderson:

$$[\text{OH}^-] = K_{\text{b},\text{NH}_3} \cdot \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M} \cdot \frac{0,3 \text{ mol}}{0,1 \text{ mol}} \cdot \frac{0,2 \text{ L}}{0,2 \text{ L}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 3 \cdot 10^{-5} \text{ M}.$$

Η αρχική συγκέντρωση ανιόντων υδροξειδίου στο διάλυμα Δ1 ήταν ίση με 10⁻⁵ M.

Η τελική συγκέντρωση ανιόντων υδροξειδίου στο διάλυμα Δ2 ήταν ίση με 3 · 10⁻⁵ M.

Ο λόγος των δύο συγκεντρώσεων είναι:

$$\frac{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 2}{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 1} = \frac{3 \cdot 10^{-5} \text{ M}}{10^{-5} \text{ M}} \Rightarrow \frac{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 2}{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 1} = 3 \Rightarrow$$

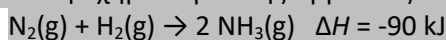
$$[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 2 = 3 \cdot [\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 1.$$

Επομένως η συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου [OH⁻] θα αυξηθεί 3 φορές.

Θέμα 4ο 34943 (2° 5°)

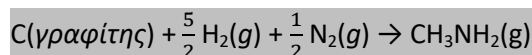
Ασθενείς μονοπρωτικές βάσεις (π.χ. NH₃ και CH₃NH₂), ονομάζονται οι βάσεις που ιοντίζονται σε ένα βήμα. Στη γενική τους μορφή, συνήθως συμβολίζονται με B ο ιοντισμός τους περιγράφεται με την εξίσωση: B + H₂O ⇌ HB⁺ + OH⁻.

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

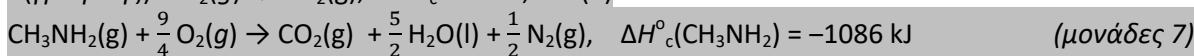
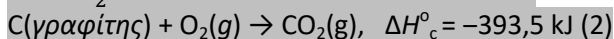
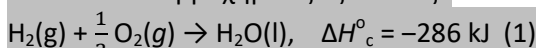


Στις ίδιες συνθήκες, σε δοχείο αναμιγνύονται 5 mol N₂ και 5 mol H₂, προς σχηματισμό αμμωνίας. Να υπολογίσετε την ποσότητα θερμότητας που θα εκλυθεί όταν ολοκληρωθεί η αντίδραση, την οποία να θεωρήσετε μονόδρομη. (μονάδες 5)

β. Να υπολογίσετε την πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού της μεθυλαμίνης



Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:



4.2. α. Σε υδατικό διάλυμα μονοπρωτικής βάσης Β συγκέντρωσης 0,1 Μ (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)

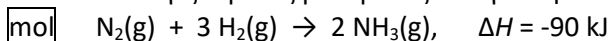
ii. Να εξηγήσετε αν η βάση Β είναι ισχυρή ή ασθενής. (μονάδες 3)

β. Έστω ότι η βάση Β 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 N_2 είναι σε περίσσεια:



Αρχ. 5 5

Αντ. $\frac{1}{3} \cdot 5$ 5

Παρ. $\frac{2}{3} \cdot 5$

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

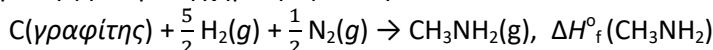
όταν παράγονται 2 mol NH_3 εκλύονται 90 kJ

όταν παράγονται $\frac{2}{3} \cdot 5$ mol NH_3 εκλύονται x;

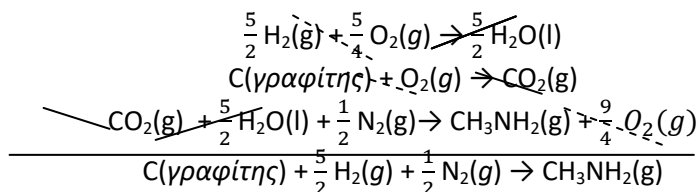
$$x = \frac{90 \text{ kJ} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow x = 150 \text{ kJ}$$

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:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_f(\text{CH}_3\text{NH}_2) &= \frac{5}{2} \cdot \Delta H^\circ_c(\text{H}_2) + \Delta H^\circ_c(\text{γραφίτη}) - \Delta H^\circ_c(\text{CH}_3\text{NH}_2) = \\ &= \frac{5}{2} \cdot \left(-286 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) + \left(-393,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) - \left(-1086 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) \Rightarrow \\ \Delta H^\circ_f(\text{CH}_3\text{NH}_2) &= -22,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

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

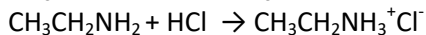
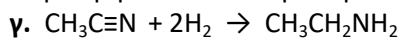
$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] &= 10^{-10} \cdot [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow \\ K_w &= 10^{-14} \cdot [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow \\ 10^{-14} \text{ M}^2 &= 10^{-10} \cdot [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow \end{aligned}$$

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

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

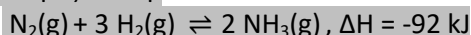
Άρα, $\text{pOH} = 2$ και $\text{pH} = 12$.

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 4ο 34945 (4° 5°)

4.1 Η βιομηχανική παρασκευή της αμμωνίας γίνεται με τη μέθοδο Haber-Bosch. Άζωτο (N_2) και υδρογόνο (H_2) αντιδρούν σε υψηλή πίεση (150 atm) και υψηλή θερμοκρασία (400-500 °C) παρουσία καταλύτη, με βάση τη θερμοχημική εξίσωση:



Δεδομένου ότι η αγορά ζητά άμεσα τεράστιες ποσότητες αμμωνίας, κυρίως για λιπάσματα, να εξηγήσετε γιατί έχουν επιλεγεί οι παρακάτω συνθήκες για την πραγματοποίηση της αντίδρασης:

α. Υψηλή πίεση. (μονάδες 4)

β. Παρουσία καταλύτη. (μονάδες 3)

γ. Υψηλή θερμοκρασία. (μονάδες 3)

4.2 Υδατικό διάλυμα Δ1 περιέχει NH_3 με συγκέντρωση $c = 1 \text{ M}$. Σε 200 mL από το διάλυμα αυτό προστίθενται 400 mL υδατικού διαλύματος HCl 0,5 M. Το διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται με νερό, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ2 όγκου 2 L με $\text{pH} = 5$.

α. Να υπολογίσετε τη σταθερά K_b της NH_3 . (μονάδες 9)

β. Στο διάλυμα Δ2 προστίθενται 0,16 mol στερεού KOH . Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ3 που προκύπτει. (μονάδες 6)

Δίνεται ότι όλα τα διαλύματα βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 °C, $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$, $\log 4 \approx 0,6$, η προσθήκη στερεού KOH δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος και ότι τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α. Η αύξηση της πίεσης μετατοπίζει τη θέση μιας χημικής ισορροπίας προς την πλευρά που σχηματίζονται λιγότερα mol αερίων. Στη συγκεκριμένη αντίδραση λιγότερα mol αερίων σχηματίζονται στα προϊόντα. Επομένως, η αύξηση της πίεσης μετατοπίζει τη θέση της συγκεκριμένης χημικής ισορροπίας προς τα προϊόντα, άρα λαμβάνουμε περισσότερο προϊόν (αυξάνεται η απόδοση της αντίδρασης).

β. Ο καταλύτης επιταχύνει την αντίδραση, άρα λαμβάνουμε ταχύτερα το επιθυμητό προϊόν.

γ. Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει διττή επίδραση στις χημικές αντιδράσεις αφενός αυξάνει την ταχύτητά τους και αφετέρου μετατοπίζει τη θέση της χημικής ισορροπίας προς την ενδόθερμη πλευρά. Για τη συγκεκριμένη ισορροπία αυτό σημαίνει ότι γίνεται πιο γρήγορα, αλλά η θέση της χημικής ισορροπίας μετατοπίζεται προς τα αντιδρώντα, οπότε μειώνεται η απόδοσή της. Από βιομηχανική άποψη φαίνεται ότι η υψηλή ταχύτητα παραγωγής είναι πιο ωφέλιμη συγκριτικά με τη μείωση της απόδοσης της συγκεκριμένης αντίδρασης.

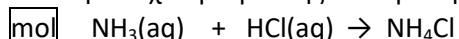
4.2

α. Υπολογίζουμε τα mol των αντιδρώντων:

$$n_{\text{NH}_3} = c \cdot V = 1 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = c \cdot V = 0,5 \text{ M} \cdot 0,4 \text{ L} = 0,2 \text{ mol}$$

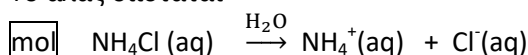
Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε:



Αρχ.	0,2		0,2		
------	-----	--	-----	--	--

Τελ.	-		-		0,2
------	---	--	---	--	-----

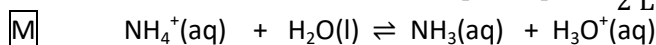
Το άλας δίσταται



Αρχ.	0,2	-	-
Τελ.	-	0,2	0,2

Το Cl⁻ δεν αντιδρά με το νερό, δεδομένου ότι προέρχεται από ισχυρό οξύ, ενώ το NH₄⁺ αντιδρά.

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{0,2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$



Αρχ. 0,1

Αντ. x

Παρ. x x

Ισορ. 0,1-x x x

Αφού pH = 5 έχουμε $[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 10^{-5} \text{ M}$

Για τη σταθερά ιοντισμού ισχύει:

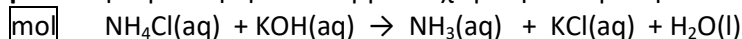
$$K_{\alpha, \text{NH}_4^+} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{(0,1 - x) \text{ M}} \approx \frac{10^{-10} \text{ M}^2}{0,1 \text{ M}} \Rightarrow K_{\alpha, \text{NH}_4^+} = 10^{-9} \text{ M}$$

Ακόμη.

$$K_{\alpha, \text{NH}_4^+} \cdot K_{\text{b}, \text{NH}_3} = K_{\text{w}} \Rightarrow K_{\text{b}, \text{NH}_3} = \frac{K_{\text{w}}}{K_{\alpha, \text{NH}_4^+}} = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} \text{ M} \Rightarrow K_{\text{b}, \text{NH}_3} = 10^{-5} \text{ M}$$

Συνεπώς, η σταθερά ιοντισμού της αμμωνίας είναι ίση με 10^{-5} M .

β. Με την προσθήκη KOH λαμβάνει χώρα η αντίδραση:



Αρχ. 0,20 0,16 - -

Τελ. 0,04 - 0,16 0,16

Τα ιόντα K⁺ και Cl⁻ δεν αντιδρούν με το νερό.

Το διάλυμα Δ3 είναι ρυθμιστικό αφού περιέχει σε συγκρίσιμες ποσότητες ασθενούς βάσης (NH₃) και του συζυγούς της οξέος (NH₄⁺).

Για το ρυθμιστικό διάλυμα ισχύει:

$$\text{pOH} = \text{p}K_{\text{b}, \text{NH}_3} + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = -\log 10^{-5} + \log \frac{\frac{0,04 \text{ mol}}{2 \text{ L}}}{\frac{0,16 \text{ mol}}{2 \text{ L}}} = 5 + \log \frac{1}{4} = 5 - 0,6 \Rightarrow \text{pOH} = 4,4$$

Συνεπώς, το pH του διαλύματος Δ3 θα είναι ίσο με $14 - 4,4 = 9,6$.

Θέμα 4° 34946 (1° 4° 1β°)

Το άζωτο (N₂) σχηματίζει χιλιάδες ανόργανες και οργανικές ενώσεις, όπως την αμμωνία NH₃, το υδροκυάνιο HCN, το νιτρικό HNO₃, το νιτρώδες οξύ HNO₂, την ουρία CO(NH₂)₂ και τα παράγωγά τους.

4.1 Υδατικό διάλυμα Δ1 βρίσκεται σε θερμοκρασία 27 °C και έχει συγκέντρωση 0,1 M σε ουρία (CO(NH₂)₂).

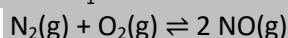
α. Να προσδιορίσετε την ωσμωτική πίεση του διαλύματος Δ1. (μονάδες 3)

β. Ένα υδατικό διάλυμα Δ2 έχει περιεκτικότητα 0,92% w/v σε μια άγνωστη μοριακή ουσία Α και είναι ισοτονικό με το διάλυμα Δ1 σε θερμοκρασία 27 °C. Να προσδιορίσετε τη σχετική μοριακή μάζα της ουσίας Α. (μονάδες 4)

Δίνεται, $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{mol} \cdot \text{k}^{-1}$.

4.2 Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) είναι ένα άχρωμο αέριο. Επίσης, παράγεται σε διάφορα οργανικά συστήματα και λειτουργεί ως αγγειοδιασταλτικός παράγοντας, ως νευροδιαβιβαστής, ως αντιμικροβιακός παράγοντας κ.ά.

Σε κλειστό δοχείο, του οποίου ο όγκος μπορεί να μεταβληθεί, εισάγουμε 6 mol αερίου N₂ και 3 mol αερίου O₂ και θερμαίνουμε σε θερμοκρασία θ₁ °C. Όταν το σύστημα καταλήξει σε ισορροπία:



η ποσότητα του O₂ στο δοχείο βρέθηκε ίση με 1 mol.

α. Να υπολογιστεί η απόδοση α₁ της αμφίδρομης αντίδρασης. (μονάδες 4)

β. Να βρεθεί η τιμή της σταθεράς χημικής ισορροπίας της αντίδρασης στους θ₁ °C. (μονάδες 3)

γ. Σε άλλο όμοιο δοχείο, στην ίδια θερμοκρασία, εισάγουμε 6 mol αερίου N_2 και 6 mol αερίου O_2 . Να υπολογιστεί η απόδοση α_2 της αντίδρασης στη χημική ισορροπία. (μονάδες 4)

δ. Να συγκρίνετε τις αποδόσεις α_1 και α_2 και να δώσετε μια ερμηνεία για την παρατηρούμενη διαφορά. (μονάδες 3)

4.3 Το NO μπορεί να οξειδωθεί σε νιτρικό οξύ (HNO_3). Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στις παρακάτω οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις:

- $Fe + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO_2 + H_2O$
- $Zn + HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + NO + H_2O$ (μονάδες 4) **Μονάδες 25**

Ενδεικτική επίλυση

4.1 α. Για το διάλυμα $\Delta 1$ έχουμε:

$$P_{\Delta 1} = c_{\Delta 1} \cdot R \cdot T = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 27) \text{ K} = 2,46 \text{ atm}$$

β. Έστω x η σχετική μοριακή μάζα της Α. Η συγκέντρωση του διαλύματος $\Delta 2$ είναι:

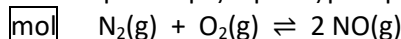
$$c_{\Delta 2} = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M_r}}{V} = \frac{\frac{0,92}{x} \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = \frac{9,2 \text{ mol}}{x \text{ L}}$$

Αφού τα $\Delta 1$ και $\Delta 2$ είναι ισοτονικά ισχύει:

$$P_{\Delta 2} = c_{\Delta 2} \cdot R \cdot T \Rightarrow 2,46 \text{ atm} = \frac{9,2 \text{ mol}}{x \text{ L}} \cdot 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 27) \text{ K} \Rightarrow x = 92$$

Άρα, η σχετική μοριακή μάζα της ουσίας Α είναι 92.

4.2 α. Προσδιορίζουμε τις μεταβολές mol κατά την πρώτη αντίδραση:



Αρχ. 6 3

Αντ. 2 2

Παρ. 4

Τελ. 4 1 4

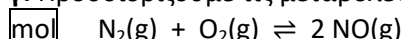
Το N_2 είναι σε περίσσεια, άρα

$$\alpha_1 = \frac{\text{mol } O_2 \text{ που αντέδρασαν}}{\text{mol } O_2 \text{ που μπορούσαν να αντιδράσουν}} = \frac{2}{3} \text{ (ή 66,7\%)}$$

β. Η σταθερά χημικής ισορροπίας της αντίδρασης είναι:

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2] \cdot [H_2]} = \frac{\left(\frac{4 \text{ mol}}{V_{\text{δοχείου}}}\right)^2}{\left(\frac{4 \text{ mol}}{V_{\text{δοχείου}}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ mol}}{V_{\text{δοχείου}}}\right)} \Rightarrow K = 4$$

γ. Προσδιορίζουμε τις μεταβολές mol κατά τη δεύτερη αντίδραση:



Αρχ. 6 6

Αντ. y y

Παρ. $2y$

Τελ. $6-y$ $6-y$ $2y$

Με $0 < y < 6$.

Η σταθερά ισορροπίας δεν αλλάζει αφού η θερμοκρασία παραμένει στους θ_1 °C.

$$K = \frac{([NO]')^2}{([N_2]') \cdot ([H_2]')} \Rightarrow 4 = \frac{\left(\frac{2y \text{ mol}}{V_{\text{δοχείου}}}\right)^2}{\left(\frac{6-y \text{ mol}}{V_{\text{δοχείου}}}\right) \cdot \left(\frac{6-y \text{ mol}}{V_{\text{δοχείου}}}\right)} \Rightarrow 4 = \left(\frac{2y}{6-y}\right)^2 \Rightarrow y = 3$$

Τα αντιδρώντα είναι σε στοιχειομετρική αναλογία και η απόδοση είναι:

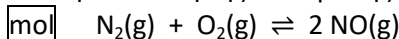
$$\alpha_2 = \frac{\text{mol } O_2 \text{ που αντέδρασαν}}{\text{mol } O_2 \text{ που μπορούσαν να αντιδράσουν}} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \text{ (ή 50\%)}$$

δ. Παρατηρούμε ότι $\alpha_1 > \alpha_2$. Στην 1^η αντίδραση υπάρχει περίσσεια αντιδρώντος (N_2), ενώ στη 2^η αντίδραση τα αντιδρώντα είναι σε στοιχειομετρική αναλογία. Η περίσσεια αντιδρώντος, σύμφωνα με

την Αρχή Le Chatelier, μετατοπίζει την ισορροπία προς τα προϊόντα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση.

Εναλλακτικά:

Αν η απόδοση της αντίδρασης και $n_2 \leq n_1$ έχουμε:



Αρχ. n_1 n_2

Αντ. αn_2 αn_2

Παρ. $2\alpha n_2$

Τελ. $n_1 - \alpha n_2$ $n_2(1-\alpha)$ $2\alpha n_2$

Από την σταθερά ισορροπίας έχουμε:

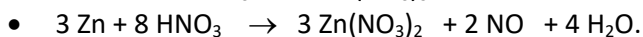
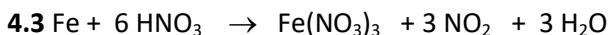
$$4 = \frac{4\alpha^2 n_2^2}{(n_1 - \alpha n_2)n_2(1 - \alpha)} \Rightarrow (n_1 - \alpha n_2)(1 - \alpha) = \alpha^2 n_2 \Rightarrow$$

$$n_1 - \alpha n_1 - \alpha n_2 + \alpha^2 n_2 = \alpha^2 n_2 \Rightarrow$$

$$\alpha = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (1)$$

Από τη σχέση (1) φαίνεται ότι καθώς το n_2 αυξάνεται (μέχρι την τιμή n_1), μεγαλώνει ο παρονομαστής, οπότε η τιμή του κλάσματος μικραίνει και η απόδοση μειώνεται.

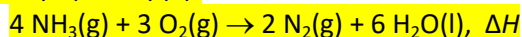
Αντίθετα, με αύξηση του n_1 (αύξηση της περίσσειας) αυξάνεται ισόποσα αριθμητής και παρονομαστής με αποτέλεσμα η τιμή του κλάσματος να αυξάνεται, οπότε αυξάνεται και η απόδοση.



Θέμα 4^ο 34047 (2^ο 5^ο)

Η αμμωνία (NH_3) είναι μια ένωση με τεράστια σημασία για την παγκόσμια οικονομία. Η παγκόσμια παραγωγή αμμωνίας ανέρχεται σε περίπου 150 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Η αμμωνία αποτελεί πρώτη ύλη για την παρασκευή γεωργικών λιπασμάτων και εκρηκτικών υλών.

α) Να υπολογίσετε την ενθαλπία καύσης της αμμωνίας $\Delta H_c(\text{NH}_3)$ που πραγματοποιείται σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση (1):



Οι ενθαλπίες σχηματισμού της αμμωνίας και του νερού μετρημένες στις ίδιες συνθήκες με τη ζητούμενη ενθαλπία καύσης είναι αντίστοιχα:

$$\Delta H_f(\text{NH}_3) = -45 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ και } \Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) = -285 \text{ kJ mol}^{-1}. \text{ (μονάδες 7)}$$

β) Σε υδατικό διάλυμα υδροχλωρίου (HCl) συγκέντρωσης 0,01 M και όγκου 2 L (διάλυμα Δ1) διαλύεται περίσσεια αέριας αμμωνίας και παρασκευάζεται διάλυμα Δ2 με $\text{pH} = 10$ του οποίου ο όγκος παραμένει ίσος με 2 L.

iii. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ1. (μονάδες 7)

iv. Να υπολογίσετε την ποσότητα σε mol της αέριας αμμωνίας που διαλύθηκε στο διάλυμα Δ1 ώστε να προκύψει το διάλυμα Δ2. (μονάδες 7)

γ) Αν γνωρίζετε ότι η σταθερά ιοντισμού της αιθυλαμίνης ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$) στους 25 °C είναι $K_{b_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, να διατάξετε τους υποκαταστάτες H^- και CH_3CH_2^- ως προς την ένταση του +I επαγωγικού φαινομένου που ασκούν. (μονάδες 4) **Μονάδες 25**

Οι διαδικασίες του υποερωτήματος β) έγιναν σε θερμοκρασία 25 °C, όπου η σταθερά ιοντισμού της αμμωνίας είναι $K_{b_{\text{NH}_3}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ και η σταθερά ιοντισμού του νερού είναι $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις.

Ενδεικτική επίλυση

α) Για την ενθαλπία της αντίδρασης (1) ισχύει:

$$\Delta H = \Sigma \Delta H_f(\text{προϊόντων}) - \Sigma \Delta H_f(\text{αντιδρώντων}) \Rightarrow$$

$$\Delta H = 6 \cdot \Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) + 2 \cdot \Delta H_f(\text{N}_2) - 4 \cdot \Delta H_f(\text{NH}_3) - 3 \cdot \Delta H_f(\text{O}_2) \Rightarrow$$

$$\Delta H = 6 \cdot (-285 \text{ kJ mol}^{-1}) + 0 - 4 \cdot (-45 \text{ kJ mol}^{-1}) - 0 \Rightarrow$$

$$\Delta H = -1710 \text{ kJ mol}^{-1} + 180 \text{ kJ mol}^{-1} \Rightarrow$$

$$\Delta H = -1530 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Επομένως η ενθαλπία της χημικής αντίδρασης (1) είναι ίση με $-1530 \text{ kJ mol}^{-1}$.
Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της (1):

$$\begin{aligned} 4 \text{ mol NH}_3 &\text{ αποδίδουν με την καύση τους } 1530 \text{ KJ} \\ 1 \text{ mol NH}_3 &\text{ αποδίδει με την καύση του } \quad \quad \quad x \text{ KJ} \\ \frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} &= \frac{1530}{x} \Rightarrow x = 382,5 \end{aligned}$$

Άρα, η ενθαλπία καύσης της αμμωνίας είναι $\Delta H_c(\text{NH}_3) = -382,5 \text{ KJ/mol}$

β)

i. Στο διάλυμα Δ1 πραγματοποιείται ιοντισμός του HCl που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση: $\text{HCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$. Από τον πλήρη ιοντισμό του HCl προκύπτουν οξόνια, η συγκέντρωση των οποίων στο διάλυμα Δ1 είναι $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ M}$ και το pH του Δ1 θα είναι $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow \text{pH} = -\log(10^{-2}) \Rightarrow \text{pH} = 2$.

Άρα το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 2.

ii. Έστω ω τα mol NH_3 που προστέθηκαν στο διάλυμα Δ1.

Τα mol HCl στο διάλυμα Δ1 είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V \Rightarrow n = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 2 \text{ L} \Rightarrow n = 0,02 \text{ mol HCl}$$

Αφού στο διάλυμα Δ2 η NH_3 εισάγεται σε περίσσεια, ισχύει ότι $\omega > 0,02 \text{ mol}$.

Με την προσθήκη της NH_3 θα πραγματοποιηθεί χημική αντίδραση και οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

mol	$\text{NH}_3(\text{aq})$	$+$	$\text{HCl}(\text{aq})$	\rightarrow	$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$	-
αρχικά	ω		0,02			
αντιδρούν	0,02		0,02			
παράγονται					0,02	
τελικά	$\omega - 0,02$		0		0,02	

Το NH_4Cl διίσταται: $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$. Το ανιόν Cl^- δεν αντιδρά με το νερό.

Το διάλυμα Δ2 θα είναι ρυθμιστικό αφού περιέχει το συζυγές ζεύγος $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$.

Για τη σταθερά ιοντισμού του NH_4^+ ισχύει:

$$K_{a_{\text{NH}_4^+}} \cdot K_{b_{\text{NH}_3}} = K_w \Rightarrow K_{a_{\text{NH}_4^+}} = \frac{K_w}{K_{b_{\text{NH}_3}}} \Rightarrow K_{a_{\text{NH}_4^+}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ M}} \Rightarrow K_{a_{\text{NH}_4^+}} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

Για το ρυθμιστικό διάλυμα θα ισχύει η εξίσωση Henderson- Hasselbalch.

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pKa} + \log \frac{c_{\text{NH}_3}}{c_{\text{NH}_4\text{Cl}}} = -\log(5 \cdot 10^{-10}) + \log \frac{(\omega - 0,02) \text{ mol}}{0,02 \text{ mol}} \Rightarrow \\ 10 &= -\log 5 + 10 + \log \frac{\omega - 0,02}{0,02} \Rightarrow \log 5 = \log \frac{\omega - 0,02}{0,02} \Rightarrow \\ \omega - 0,02 &= 0,02 \cdot 5 \Rightarrow \omega = 0,12 \end{aligned}$$

Άρα θα πρέπει να προστεθούν 0,12 mol NH_3 .

γ) Αφού $K_{b(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2)} > K_{b(\text{NH}_3)}$, η αιθυλαμίνη είναι ισχυρότερη βάση από την αμμωνία. Υποκαταστάτες με εντονότερο + I επαγωγικό φαινόμενο αυξάνουν την ισχύ των βάσεων. Επομένως ο υποκαταστάτης CH_3CH_2^- θα ασκεί εντονότερο επαγωγικό φαινόμενο από το H-.

Θέμα 4° 34048 (5ο)

Η τρομεθαμίνη (τρις-υδροξυμεθυλ-αμινομεθάνιο) έχει Μ.Τ.: $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_3$ και σχετική μοριακή μάζα $M_r = 121$. Χρησιμοποιείται προκειμένου να επαναφέρει το pH του αίματος σε φυσιολογικές τιμές όταν είναι πιο όξινο απ' ό,τι πρέπει καθώς και για την παρασκευή ρυθμιστικών διαλυμάτων για εργαστηριακές αναλύσεις. Για λόγους ευκολίας μπορούμε να την θεωρήσουμε ως μια ασθενή μονόξινη βάση της μορφής RNH_2 .

α) Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος που παρασκευάζεται με διάλυση 2,42 g της βάσης RNH₂ σε νερό μέχρι τελικού όγκου V = 2 L (διάλυμα Δ1). (μονάδες 8)

β) Προκειμένου να παρασκευαστεί ρυθμιστικό διάλυμα με pH = 8 για μια εργαστηριακή ανάλυση, σε 400 mL του διαλύματος Δ1 προστίθεται διάλυμα HCl συγκέντρωσης 0,005 M (διάλυμα Δ2). Να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος Δ2 που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του παραπάνω ρυθμιστικού διαλύματος. (μονάδες 10)

γ) Αν η ενθαλπία της εξουδετέρωσης της βάσης RNH₂ από HCl είναι ΔH_n = - 20 kJ·mol⁻¹, να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που εκλύθηκε κατά την αντίδραση αυτή (μονάδες 7)

Μον. 25

Όλες οι διαδικασίες έγιναν σε θερμοκρασία 25 °C, όπου είναι $K_{b_{RNH_2}} = 10^{-6}$ M και $K_w = 10^{-14}$ M². Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις

Ενδεικτική επίλυση

α) Αφού η σχετική μοριακή μάζα (Mr) της βάσης RNH₂ είναι ίση με 121, η μοριακή μάζα της RNH₂ είναι:

$$M = 121 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Τα mol της βάσης RNH₂ (C₄H₁₁NO₃) στο διάλυμα Δ1 είναι:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{2,42 \text{ g}}{121 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \Rightarrow n = 0,02 \text{ mol}$$

Η συγκέντρωση της RNH₂ στο διάλυμα Δ1 θα είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{0,02 \text{ mol}}{2 \text{ L}} \Rightarrow c = 0,01 \text{ M}$$

Στο διάλυμα Δ1 πραγματοποιείται ιοντισμός της βάσης RNH₂ και οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

c (M)	RNH ₂ (aq) + H ₂ O(l) ⇌ RNH ₃ ⁺ (aq) + OH ⁻ (aq) -			
αρχικά	0,01			
αντιδρούν	x			
παράγονται			x	x
τελικά	0,01 - x		x	x

Για τη σταθερά ιοντικής ισορροπίας του παραπάνω ιοντισμού ισχύει:

$$K_{b_{RNH_2}} = \frac{[\text{RNH}_3^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{RNH}_2]} \Rightarrow 10^{-6} \text{ M} = \frac{x \cdot x}{10^{-2}} \text{ M} \Rightarrow x = 10^{-4} \text{ M}$$

Επομένως η συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 σε OH⁻ είναι [OH⁻] = 10⁻⁴ M.

Το pOH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 4 και το pH ίσο με 10.

β) Έστω ότι στο διάλυμα προστέθηκαν ψ mol HCl που περιέχονται σε V_{HCl} L του διαλύματος Δ2. Προκειμένου το pH του διαλύματος Δ3 που θα προκύψει να είναι ίσο με 8 χρειάζεται να περισσέψει ποσότητα βάσης RNH₂.

Στο διάλυμα Δ1 περιέχονται:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V \Rightarrow n = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,4 \text{ L} \Rightarrow n = 0,004 \text{ mol (της βάσης RNH}_2)$$

Με την προσθήκη HCl στο διάλυμα Δ1 θα πραγματοποιηθεί χημική αντίδραση και οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών μεταβάλλονται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

mol	RNH ₂ (aq) + HCl(aq) → RNH ₃ Cl(aq) -			
αρχικά	0,004	ψ		
αντιδρούν	ψ	ψ		
παράγονται				ψ
τελικά	0,004 - ψ	0		ψ

Το διάλυμα Δ3 έχει pH = 8, επομένως για τη [OH⁻] θα ισχύει [OH⁻] = 10⁻⁶ M.

Στο διάλυμα Δ3 περιέχεται η βάση RNH_2 με $c_{\text{RNH}_2} = \frac{0,004-\psi}{V_3}$ M και το άλας RNH_3Cl το οποίο δίσταται δίνοντας το ιόν RNH_3^+ με $c_{\text{RNH}_3^+} = \frac{\psi}{V_3}$ M (όπου V_3 ο όγκος του διαλύματος Δ3 με $V_3 = 0,4 + V_{\text{HCl}}$ L) και το ιόν Cl^- που πρακτικά δεν αντιδρά με το νερό.

Οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

c (M)	$\text{RNH}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{RNH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-$
αρχικά	c_{RNH_2} $c_{\text{RNH}_3^+}$
αντιδρούν	ω
παράγονται	ω ω
τελικά	$c_{\text{RNH}_2} - \omega \approx c_B$ $c_{\text{RNH}_3^+} + \omega \approx c_{\text{RNH}_3^+}$ $\omega = 10^{-6}$

Για τη σταθερά ιοντισμού του RNH_3^+ ισχύει:

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} \cdot K_{b_{\text{RNH}_2}} = K_w \Rightarrow$$

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} = \frac{K_w}{K_{b_{\text{RNH}_2}}} \Rightarrow$$

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-6} \text{ M}} \Rightarrow$$

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} = 10^{-8} \text{ M}$$

Για το ρυθμιστικό διάλυμα ισχύει η εξίσωση Henderson- Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{c_{\text{RNH}_2}}{c_{\text{RNH}_3^+}} \Rightarrow$$

$$8 = -\log 10^{-8} + \log \frac{c_{\text{RNH}_2}}{c_{\text{RNH}_3^+}} \Rightarrow$$

$$\frac{c_{\text{RNH}_2}}{c_{\text{RNH}_3^+}} = 1 \Rightarrow$$

$$\frac{(0,004 - \psi) \text{ mol}}{\psi \text{ mol}} = 1 \Rightarrow$$

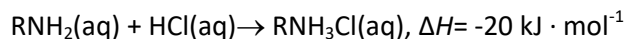
$$\psi = 0,002 \text{ mol}$$

Άρα θα πρέπει να προστεθούν 0,002 mol HCl, τα οποία περιέχονται σε όγκο του διαλύματος Δ2 που υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$c = \frac{n}{V_{\text{HCl}}} \Rightarrow V_{\text{HCl}} = \frac{n}{c} \Rightarrow V_{\text{HCl}} = \frac{0,002 \text{ mol}}{0,005 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \Rightarrow V_{\text{HCl}} = 0,4 \text{ L}$$

Συνεπώς για να παρασκευαστεί το ζητούμενο ρυθμιστικό διάλυμα θα πρέπει στα 400 mL διαλύματος Δ1 να προστεθούν 400 mL διαλύματος Δ2.

γ) Σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση της εξουδετέρωσης της βάσης RNH_2 από HCl θα ισχύει:



Όταν αντιδρά 1 mol $\text{RNH}_2(\text{aq})$ με 1 mol $\text{HCl}(\text{aq})$ εκλύονται 20 kJ θερμότητας.

Όταν αντιδρούν 0,002 mol $\text{RNH}_2(\text{aq})$ με 0,002 mol $\text{HCl}(\text{aq})$ εκλύονται q kJ θερμότητας.

Οπότε:

$$\frac{1 \text{ mol}}{0,002 \text{ mol}} = \frac{20 \text{ kJ}}{q \text{ kJ}} \Rightarrow q = 20 \cdot \frac{0,002}{1} \Rightarrow q = 0,04$$

Επομένως κατά την αντίδραση 0,002 mol της βάσης RNH_2 με 0,002 mol HCl εκλύονται 0,04 kJ ή 40 J θερμότητας

Θέμα 4^ο 34051 (2ο 5ο)

Σε ένα σχολικό πείραμα επίδειξης προστίθενται σταδιακά πολύ μικρά κομμάτια στερεού Na συνολικής μάζας ίσης με 0,92 g σε μία ποσότητα νερού. Το Na(s) αντιδρά με το νερό και παράγει NaOH. Έτσι παρασκευάζεται διάλυμα Δ1 που έχει pH=13.

α) Να βρεθεί ο όγκος του διαλύματος Δ1. (μονάδες 6)

β) Λαμβάνονται 200 mL από το διάλυμα Δ1 στα οποία προστίθενται 200 mL διαλύματος Ba(OH)₂ συγκέντρωσης c₂ = 0,1 M (διάλυμα Δ2) και παρασκευάζεται διάλυμα Δ3.

Για το pH του διαλύματος Δ3 θα ισχύει:

i. Θα είναι μεγαλύτερο από το pH του διαλύματος Δ1. (pH_{Δ3} > pH_{Δ1})

ii. Θα είναι μικρότερο από το pH του διαλύματος Δ1. (pH_{Δ3} < pH_{Δ1})

iii. Θα είναι ίσο με το pH του διαλύματος Δ1. (pH_{Δ3} = pH_{Δ1})

Να επιλέξετε μεταξύ των τριών παραπάνω επιλογών, την απάντηση που θεωρείτε σωστή. (μονάδες 2)

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας. (μονάδες 6)

γ) Στο διάλυμα Δ3 διαβιβάζεται αέριο υδροχλώριο μέχρις ότου επιτευχθεί πλήρης εξουδετέρωση.

i. Να υπολογίσετε τον όγκο του αέριου υδροχλώριου, μετρημένου σε STP συνθήκες, που θα καταναλωθεί μέχρι να επιτευχθεί πλήρης εξουδετέρωση. (μονάδες 5)

ii. Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που θα εκλυθεί κατά την εξουδετέρωση σε πρότυπες συνθήκες, του διαλύματος Δ3 με το υδροχλώριο. (μονάδες 6) **Μονάδες 25**

Δίνεται ότι A_r(Na) = 23. Οι διαδικασίες των ερωτημάτων α και β έγιναν σε θερμοκρασία 25 °C, όπου η σταθερά ιοντισμού του νερού είναι K_w = 10⁻¹⁴ M². Για την αντίδραση εξουδετέρωσης ισχύει: H⁺ + OH⁻ → H₂O, ΔH° = -57,1 kJ·mol⁻¹.

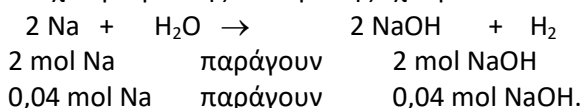
Ενδεικτική επίλυση

α) Με την προσθήκη 0,92 g Na σε νερό πραγματοποιείται η αντίδραση που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση: 2 Na + H₂O → 2 NaOH + H₂. Για το Na που έχει σχετική ατομική μάζα ίση με 23 θα ισχύει ότι 1 mol ατόμων νατρίου ζυγίζει 23 g.

Η ποσότητα σε mol του Na που προστίθεται στο νερό είναι:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{0,92 \text{ g}}{23 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \Rightarrow n = 0,04 \text{ mol}$$

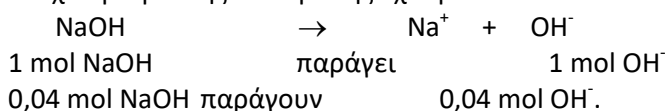
Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε:



Το παραγόμενο NaOH διίσταται σύμφωνα με την εξίσωση NaOH → Na⁺ + OH⁻.

Καθώς το διάλυμα Δ1 έχει pH = 13, θα ισχύει pOH = pK_w - pH ⇒ pOH = 14 - 13 ⇒ pOH = 1. Άρα η συγκέντρωση [OH⁻] θα είναι [OH⁻] = 10⁻¹ M.

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε:



Καθώς είναι [OH⁻] = 10⁻¹ M προκύπτει

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow V_1 = \frac{n_1}{c_1} \Rightarrow V_1 = \frac{0,04 \text{ mol}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \Rightarrow V_1 = 0,4 \text{ L.}$$

Επομένως ο όγκος του διαλύματος Δ1 θα είναι ίσος με 0,4 L.

β) Σωστή απάντηση είναι η i.

Το διάλυμα Δ2 έχει [OH⁻] = 0,2 M όπως προκύπτει από τη στοιχειομετρία της ηλεκτρολυτικής διάστασης του Ba(OH)₂. Άρα το pH του Δ2 θα είναι υψηλότερο από το pH του Δ1. Με την ανάμιξη των δύο διαλυμάτων προκύπτει το Δ3 που θα έχει ενδιάμεση τιμή pH. Επομένως για τα pH των τριών διαλυμάτων θα ισχύει η σχέση pH_{Δ1} < pH_{Δ3} < pH_{Δ2}.

β' τρόπος: Σε 200 mL του διαλύματος Δ1 που έχει $[\text{OH}^-] = 10^{-1} \text{ M}$ περιέχονται $n = c \cdot V \Rightarrow n = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02 \text{ mol OH}^-$.

Τα $n_2 \text{ mol Ba(OH)}_2$ που περιέχονται σε 0,2 L του διαλύματος Δ2 υπολογίζονται από τη σχέση

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n_2 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow n_2 = 0,1 \cdot 0,2 \Rightarrow n_2 = 0,02 \text{ mol Ba(OH)}_2$$

Στο διάλυμα Δ2 πραγματοποιείται η ηλεκτρολυτική διάσπαση του Ba(OH)_2 όπως περιγράφεται από τη χημική εξίσωση $\text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$. Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης διάσπασης:



Επομένως στο διάλυμα Δ3 θα περιέχονται συνολικά $0,02 + 0,04 = 0,06 \text{ mol OH}^-$ ενώ ο όγκος του διαλύματος Δ3 είναι ίσος με 0,4 L. Επομένως η $[\text{OH}^-]$ θα υπολογιστεί από τη σχέση:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow c_3 = \frac{0,06 \text{ mol}}{0,4 \text{ L}} \Rightarrow c_3 = 0,15 \text{ M}$$

Η $[\text{OH}^-]$ στο διάλυμα Δ3 είναι μεγαλύτερη από τη $[\text{OH}^-]$ στο διάλυμα Δ1 και κατά συνέπεια θα ισχύει $\text{pOH}_{\Delta 3} < \text{pOH}_{\Delta 1} \Rightarrow \text{pH}_{\Delta 3} > \text{pH}_{\Delta 1}$.

γ) Με τη διαβίβαση $x \text{ mol}$ αέριου HCl στο Δ3 θα πραγματοποιηθεί εξουδετέρωση των δύο βάσεων σύμφωνα με τις χημικές εξισώσεις η στοιχειομετρία των οποίων και οι μεταβολές των ποσοτήτων των διάφορων συστατικών παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

mol	$\text{Ba(OH)}_2(\text{aq}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{BaCl}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$		
αρχικά	0,02	x	
αντιδρούν	0,02	0,04	
παράγονται			0,02
τελικά	0	x - 0,04	0,02

mol	$\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$		
αρχικά	0,02	x - 0,04	
αντιδρούν	0,02	0,02	
παράγονται			0,02
τελικά	0	0	0,02

Άρα για τα mol HCl που απαιτούνται για την αντίδραση με τις δύο βάσεις προκύπτει:

$x - 0,04 - 0,02 = 0 \Rightarrow x = 0,06 \text{ mol HCl}$ τα οποία καταλαμβάνουν όγκο που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$n = \frac{V}{V_m} \Rightarrow V = n \cdot V_m \Rightarrow V = 0,06 \text{ mol} \cdot 22,4 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow V = 1,344 \text{ L}$$

Άρα ο όγκος του αέριου υδροχλωρίου που θα καταναλωθεί, μετρημένος σε συνθήκες STP θα είναι ίσος με 1,344 L.

ι. Τόσο το NaOH αλλά και το Ba(OH)_2 είναι ισχυρές βάσεις που στο νερό διίστανται πλήρως. Επομένως αντίδραση εξουδετέρωσης που πραγματοποιείται κατά τη διαβίβαση του αέριου υδροχλωρίου περιγράφεται από τη θερμοχημική εξίσωση:



Καθώς εξουδετερώνονται πλήρως οι βάσεις με το οξύ, αντιδρούν 0,06 mol OH^- . Όταν εξουδετερώνεται πλήρως 1 mol OH^- σε πρότυπες συνθήκες απελευθερώνονται 57,1 kJ.

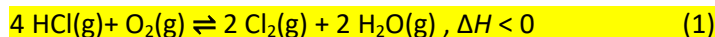
Όταν εξουδετερώνονται 0,06 mol OH^- » » » q kJ;

$\Rightarrow q = 0,06 \cdot 57,1 = 3,426$.

Επομένως απελευθερώνονται 3,426 kJ θερμότητας κατά την πλήρη εξουδετέρωση του διαλύματος Δ3 με αέριο υδροχλώριο

Θέμα 4^ο 34053 (2ο 4ο)

Σε κλειστό δοχείο όγκου $V = 1 \text{ L}$ εισάγεται μείγμα 10 mol HCl και 6 mol O_2 τα οποία αντιδρούν σε θερμοκρασία $\theta^\circ\text{C}$ και τελικά αποκαθίσταται χημική ισορροπία, που περιγράφεται από την εξίσωση (1).



α) Να υπολογίσετε την τιμή της ενθαλπίας (ΔH) της αντίδρασης (1). (μονάδες 4)

β) Να γράψετε τη σχέση της K_c για την παραπάνω ισορροπία. (μονάδες 3)

i. Στην κατάσταση χημικής ισορροπίας στο δοχείο περιέχονται 4 mol Cl_2 . Να υπολογιστεί η τιμή της K_c της αντίδρασης. (μονάδες 3)

ii. Να υπολογιστεί η απόδοση της αντίδρασης. (μονάδες 3)

iii. Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που εκλύθηκε ή απορροφήθηκε από την έναρξη της αντίδρασης ως την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας. (μονάδες 3)

γ) Μεταβάλλουμε τον όγκο του δοχείου και η ποσότητα του Cl_2 μειώνεται κατά $2/3 \text{ mol}$.

i. Να αιτιολογήσετε αν αυξήθηκε ή μειώθηκε ο όγκος του δοχείου. (μονάδες 3)

ii. Να υπολογίσετε τον νέο όγκο του δοχείου. (μονάδες 6) **Μονάδες 25**

Δίνεται ότι σε θερμοκρασία $\theta^\circ\text{C}$ η ενθαλπία σχηματισμού του υδροχλωρίου είναι $\Delta H_f(\text{HCl(g)}) = -92,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ και η ενθαλπία σχηματισμού του νερού είναι $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O(g)}) = -242 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Ενδεικτική επίλυση

α) Για την ενθαλπία της αντίδρασης (1) ισχύει:

$$\Delta H_1 = \Sigma \Delta H_f(\text{προϊόντων}) - \Sigma \Delta H_f(\text{αντιδρώντων}) \Rightarrow$$

$$\Delta H_1 = 2 \cdot \Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) + 2 \cdot \Delta H_f(\text{Cl}_2) - 4 \cdot \Delta H_f(\text{HCl}) - \Delta H_f(\text{O}_2) \Rightarrow$$

$$\Delta H_1 = 2 \cdot (-242 \text{ kJ mol}^{-1}) + 0 - 4 \cdot (-92,5 \text{ kJ mol}^{-1}) - 0 \Rightarrow$$

$$\Delta H_1 = -484 \text{ kJ mol}^{-1} + 370 \text{ kJ mol}^{-1} \Rightarrow$$

$$\Delta H_1 = -114 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Επομένως η ενθαλπία της χημικής αντίδρασης στους $\theta^\circ\text{C}$ είναι ίση με -114 kJ mol^{-1} .

β) Για την έκφραση της K_c θα ισχύει:

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4 \cdot [\text{O}_2]}$$

i. Οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών στην ισορροπία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

$n \text{ (mol)}$	$4 \text{ HCl(g)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{ H}_2\text{O(g)}, \Delta H < 0$			
αρχικά	10	6		
αντιδρούν	4x	x		
παράγονται			2x	2x
τελικά	$10 - 4x$	$6 - x$	2x	2x

Στην κατάσταση χημικής ισορροπίας, στο δοχείο περιέχονται $4 \text{ mol Cl}_2 \text{ (g)}$.

Επομένως: $2x = 4 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$.

Άρα στην κατάσταση χημικής ισορροπίας στο δοχείο περιέχονται 2 mol HCl , 4 mol O_2 , 4 mol Cl_2 και $4 \text{ mol H}_2\text{O}$. Επομένως για την τιμή της σταθεράς χημικής ισορροπίας K_c ισχύει ότι:

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{4}{1}\right)^2 \text{M}^2 \cdot \left(\frac{4}{1}\right)^2 \text{M}^2}{\left(\frac{2}{1}\right)^4 \text{M}^4 \cdot \left(\frac{4}{1}\right) \text{M}} \Rightarrow K_c = 4 \text{ M}^{-1}$$

Η K_c της αντίδρασης είναι ίση με 4 M^{-1} .

ii. Η απόδοση της αντίδρασης υπολογίζεται σύμφωνα με το περιοριστικό αντιδρών που είναι το HCl(g) . Επομένως θα ισχύει:

$$\alpha = \frac{n_{\text{HCl}} \text{ πρακτικά}}{n_{\text{HCl}} \text{ θεωρητικά}} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ ή } \alpha = 80 \%$$

Η απόδοση της αντίδρασης είναι ίση με $0,8$ ή 80% .

iii. Σύμφωνα με την θερμοχημική εξίσωση (1):

Όταν αντιδρούν 4 mol HCl απελευθερώνονται 114 kJ θερμότητας.

Όταν αντιδρούν 8 mol HCl » $q \text{ kJ}$;

$$\frac{4 \text{ mol HCl}}{8 \text{ mol HCl}} = \frac{114 \text{ kJ}}{q \text{ kJ}} \Rightarrow q = 228$$

Επομένως απελευθερώνονται 228 kJ θερμότητας κατά την αντίδραση αέριου υδροχλωρίου με οξυγόνο μέχρι η αντίδραση να φθάσει σε κατάσταση χημικής ισορροπίας.

γ)

i. Με τη μεταβολή του όγκου η ποσότητα του $\text{Cl}_2(\text{g})$ ελαττώθηκε, άρα η θέση χημικής ισορροπίας μετατοπίστηκε αριστερά. Στην αριστερή πλευρά της αντίδρασης (αντιδρώντα) είναι μεγαλύτερο το άθροισμα των στοιχειομετρικών συντελεστών των αέριων σωμάτων. Σύμφωνα με την αρχή Le Chatelier η θέση χημικής ισορροπίας μετατοπίζεται προς την πλευρά που παράγονται περισσότερα mol αερίων όταν ελαττώνεται η πίεση με αύξηση του όγκου του δοχείου. Επομένως ο όγκος του δοχείου **αυξήθηκε**.

ii. Οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών μέχρι την αποκατάσταση της νέας χημικής ισορροπίας μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

n (mol)	$4 \text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g}), \Delta H < 0$			
χημική ισορροπία 1	2	4	4	4
αντιδρούν			2/3	2/3
παράγονται	4/3	1/3		
χημική ισορροπία 2	10/3	13/3	10/3	10/3

Η θερμοκρασία παραμένει σταθερή επομένως η K_c δεν μεταβάλλεται. Στη νέα θέση της χημικής ισορροπίας και για τον νέο όγκο V' θα ισχύει:

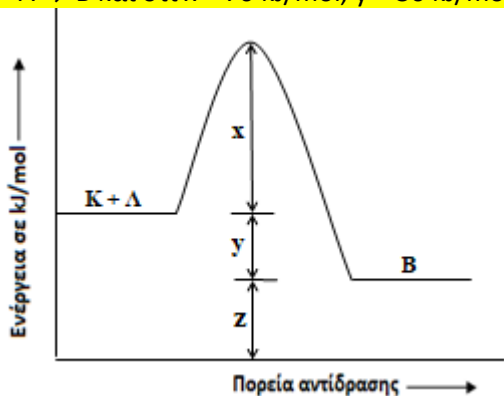
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{10}{3V'}\right)^2 \cdot \left(\frac{10}{3V'}\right)^2}{\left(\frac{10}{3V'}\right)^4 \cdot \left(\frac{13}{3V'}\right)} \Rightarrow$$

$$4 \text{ M}^{-1} = \frac{3V'}{13 \text{ mol}} \Rightarrow V' = \frac{52}{3} \text{ L} \text{ ή } V' = 17,33 \text{ L}$$

Επομένως ο νέος όγκος του δοχείου είναι ίσος με 17,33 L.

Θέμα 4ο 34944 (3ο 5ο)

4.1 Δίνεται το παρακάτω διάγραμμα που περιγράφει τα ενεργειακά χαρακτηριστικά της αντίδρασης $\text{K} + \text{Λ} \rightarrow \text{B}$ και ότι $x = 70 \text{ kJ/mol}$, $y = 30 \text{ kJ/mol}$ και $z = 40 \text{ kJ/mol}$.



α) Να προσδιορίσετε την ενθαλπία της αντίδρασης και να χαρακτηρίσετε την αντίδραση ως ενδόθερμη ή εξώθερμη. (μονάδες 4)

β) Να προσδιορίσετε την ενέργεια του ενδιάμεσου της αντίδρασης (ενεργοποιημένο σύμπλοκο) καθώς και την ενέργεια ενεργοποίησης (E_a') της αντίστροφης αντίδρασης. (μονάδες 4)

γ) Η αρχική ταχύτητα της παραπάνω αντίδρασης διπλασιάζεται αν διπλασιάσουμε την αρχική συγκέντρωση του K και τετραπλασιάζεται αν διπλασιάσουμε την αρχική συγκέντρωση του Λ.

i. Ποια είναι η τάξη της αντίδρασης ως προς κάθε αντιδρών;

ii. Ένας μαθητής ισχυρίζεται ότι η αντίδραση αυτή είναι απλή. Συμφωνείτε ή διαφωνείτε με την άποψή του; Να εξηγήσετε γιατί. (μονάδες 4)

4.2 Σε υδατικό διάλυμα μονοπρωτικής βάσης B 0,1 M (διάλυμα Δ1) ισχύει ότι $[\text{OH}^-] = 10^8 [\text{H}_3\text{O}^+]$

α. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος. (μονάδες 6)

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

γ. Να υπολογίσετε τη σταθερά ιοντισμού της βάσης B. (μονάδες 4)

Δίνεται ότι το διάλυμα έχει θερμοκρασία 25 °C, όπου ισχύει $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$ καθώς και ότι ισχύουν οι συνήθεις προσεγγίσεις. **Μονάδες 2,**

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α) $\Delta H_{\text{αντίδρασης}} = \Delta H_{\text{προϊόντων}} - \Delta H_{\text{αντιδρώντων}} = -\gamma = -30 \text{ kJ/mol}$. Η ενέργεια των αντιδρώντων είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια των προϊόντων, άρα η αντίδραση είναι εξώθερμη.

β) Η ενέργεια του ενδιάμεσου (ενεργοποιημένου σύμπλοκου) είναι ίση με $x+y+z$, άρα ίση με $(70+30+40) \text{ kJ/mol} = 140 \text{ kJ/mol}$.

Η ενέργεια ενεργοποίησης (E_a') της αντίδρασης $B \rightarrow K + \Lambda$ είναι ίση με $x+y$, άρα ίση με $(70+30) \text{ kJ/mol} = 100 \text{ kJ/mol}$.

γ)

i. Η αρχική ταχύτητα της αντίδρασης είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του K, άρα η αντίδραση είναι 1^{ης} τάξεως ως προς K. Επίσης, η αρχική ταχύτητα της αντίδρασης είναι ανάλογη με το τετράγωνο της συγκέντρωσης του Λ, άρα είναι 2^{ας} τάξεως ως προς Λ.

ii. Αν η συγκεκριμένη αντίδραση ήταν απλή θα είχε νόμο ταχύτητας:

$$v = k \cdot [K][\Lambda]$$

Από τα πειραματικά δεδομένα βρήκαμε ότι:

$$v = k \cdot [K][\Lambda]^2$$

Επομένως, η συγκεκριμένη αντίδραση δεν είναι απλή.

4.2

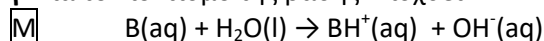
α. Πολλαπλασιάζουμε και τα δύο μέλη της εξίσωσης με $[\text{H}_3\text{O}^+]$, οπότε:

$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] &= 10^8 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2 \Rightarrow \\ K_w &= 10^8 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2 \Rightarrow \\ 10^{-14} \text{ M}^2 &= 10^8 \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2 \Rightarrow \\ [\text{H}_3\text{O}^+]^2 &= 10^{-22} \text{ M}^2 \Rightarrow \\ [\text{H}_3\text{O}^+] &= 10^{-11} \text{ M} \end{aligned}$$

Άρα, $\text{pH} = 11$.

β. Αφού $\text{pH} = 11$ έχουμε $\text{pOH} = 3$, δηλαδή $[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$. Παρατηρούμε ότι η βάση B έχει συγκέντρωση 0,1 M και δίνει $[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$, άρα ιοντίζεται μερικώς και είναι ασθενής βάση.

γ. Για τον ιοντισμό της βάσης B ισχύει:



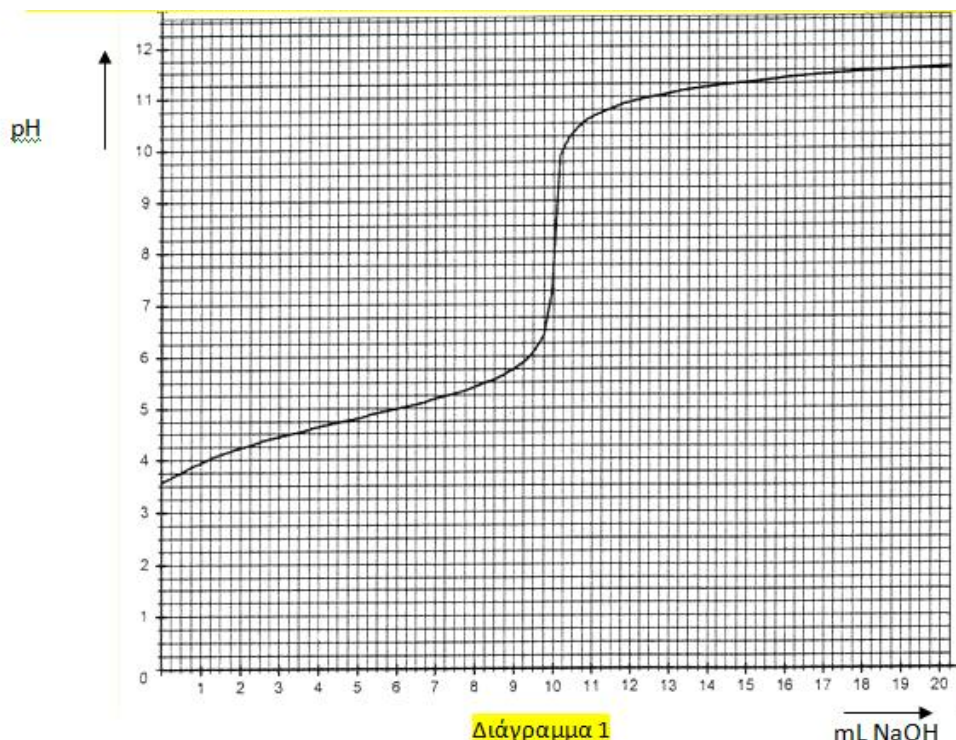
Αρχ. 0,1

Τελ. $0,1 - 10^{-3} \approx 0,1$

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{10^{-3} \text{ M} \cdot 10^{-3} \text{ M}}{0,1 \text{ M}} \Rightarrow K_b = 10^{-5} \text{ M}$$

Θέμα 4° 36138

4.1 Διαθέτουμε στο εργαστήριο μία φιάλη που περιέχει υδατικό διάλυμα καρβοξυλικού οξέος (RCOOH) άγνωστης συγκέντρωσης (διάλυμα Δ1). 50 mL από το διάλυμα Δ1 ογκομετρούνται με υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) συγκέντρωσης 0,025 M. Το διάγραμμα της μεταβολής του pH του διαλύματος Δ1 κατά την ογκομέτρηση δίνεται από το διάγραμμα 1.



α) Με τη βοήθεια του διαγράμματος να προσδιορίσετε τη συγκέντρωση του RCOOH στο διάλυμα Δ1 σε $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. (μονάδες 5)

β) i) Να προσδιορίσετε από το διάγραμμα το pH του διαλύματος όταν έχει προστεθεί όγκος διαλύματος NaOH $V = \frac{V_{1/2}}{2}$, όπου $V_{1/2}$ ο όγκος του διαλύματος NaOH που προστέθηκε στο ισοδύναμο σημείο. (μονάδες 2)

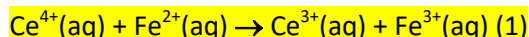
ii) Με τη βοήθειά του διαγράμματος και σε συνδυασμό με τα δεδομένα του Πίνακα 1 να προσδιορίσετε το οξύ (RCOOH). (μονάδες 2) Να αιτιολογήσετε την άποψή σας. (μονάδες 8)

Πίνακας 1

Οξύ	pKa
CHCl_2COOH	1,3
CH_2ClCOOH	2,9
HCOOH	3,8
CH_3COOH	4,8

Μονάδες 17

4.2 Ο αιθανικός σίδηρος (II) $[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Fe}]$ χρησιμοποιείται στη βαφή υφασμάτων. Η συγκέντρωση του στο διάλυμα μπορεί να προσδιοριστεί με την αντίδρασή του με $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$. Με την προσθήκη κατάλληλου δείκτη, το διάλυμα στο τέλος της αντίδρασης γίνεται ιώδες. Η αντίδραση περιγράφεται με τη χημική εξίσωση 1.

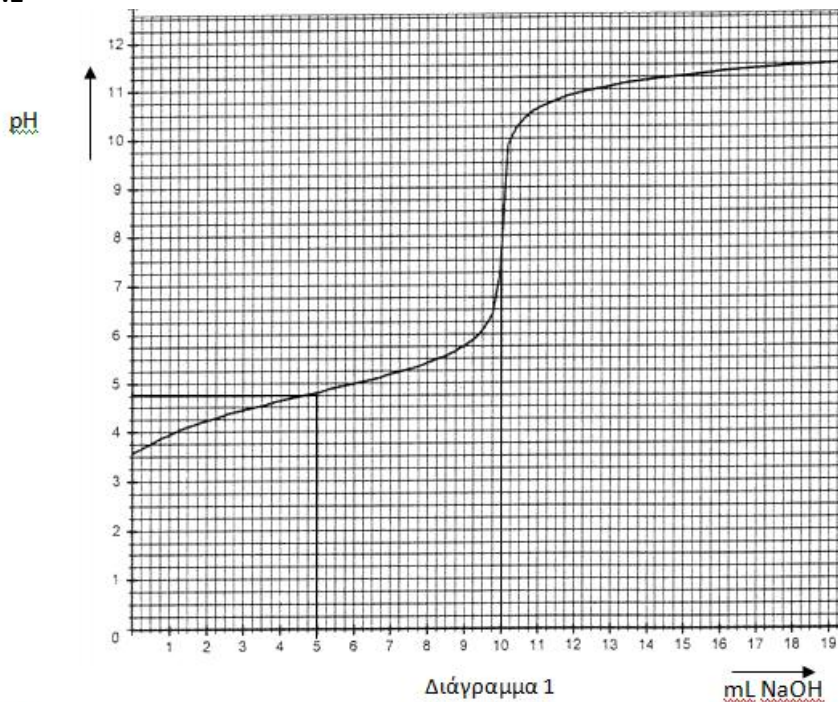


α) Να προσδιοριστούν το οξειδωτικό και το αναγωγικό στην αντίδραση 1. (μονάδα 1)

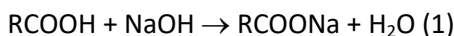
β) Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 3)

γ) Ορισμένος όγκος διαλύματος $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Fe}$ (διάλυμα Δ2) αντιδρά πλήρως με 15 mL διαλύματος $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ συγκέντρωσης 0,1 M. Να υπολογίσετε τη μάζα (g) του Fe^{2+} στο διάλυμα Δ2. (μονάδες 4)

Δίνεται: $A_r(\text{Fe}) = 56$ Μονάδες 8

Ενδεικτική επίλυση**4.1****α)**

Από το διάγραμμα 1 συνάγεται ότι στο ισοδύναμο σημείο έχει προστεθεί όγκος διαλύματος NaOH ίσος με 10 mL.



Επομένως στο ισοδύναμο σημείο: $\text{mol NaOH} = \text{mol RCOOH} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 0,025 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
 $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol RCOOH}$ περιέχονται σε 50 mL διαλύματος Δ1

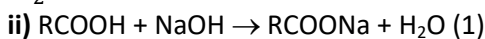
$x \text{ mol RCOOH}$ περιέχονται σε 1000 mL διαλύματος Δ1

$$50 \cdot x = 1000 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} \Rightarrow x = 0,005$$

Επομένως στο διάλυμα Δ1 η συγκέντρωση του RCOOH είναι $0,005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

β)

i) Από το διάγραμμα 1 συνάγεται ότι το pH του διαλύματος όταν έχει προστεθεί όγκος διαλύματος NaOH $V = \frac{V_{\text{IΣ}}}{2} = 5 \text{ mL}$ είναι ίσο με 4,8.



Στο σημείο που έχει προστεθεί στο ογκομετρούμενο διάλυμα όγκος διαλύματος NaOH

$$V = \frac{V_{\text{IΣ}}}{2}:$$

mol προστιθέμενου NaOH: $n_b = c_b \cdot V_b = 0,025 \cdot 0,005 \text{ mol} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

mol RCOOH που αντέδρασαν, με δεδομένο ότι το οξύ είναι μονοπρωτικό: $n_a = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

Επομένως στο ογκομετρούμενο διάλυμα παρέμειναν $(2,5 \cdot 10^{-4} - 1,25 \cdot 10^{-4}) \text{ mol} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol RCOOH}$.

Συγχρόνως έχουν παραχθεί, με βάση τη στοιχειομετρία της αντίδρασης (1), mol RCOONa: $n_{\text{RCOONa}} = n_{\text{NaOH}} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

Άρα τελικά στο διάλυμα υπάρχουν: $1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol RCOOH}$ και $1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol RCOONa}$, επομένως το διάλυμα είναι ρυθμιστικό και ισχύει η εξίσωση Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 4,8 = \text{pKa} + \log \frac{\left[\frac{1,25 \cdot 10^{-4}}{V} \right]}{\left[\frac{1,25 \cdot 10^{-4}}{V} \right]} \Rightarrow 4,8 = \text{pKa}$$

Επομένως, από τα δεδομένα του Πίνακα 1 προκύπτει ότι το ζητούμενο οξύ είναι το CH_3COOH .

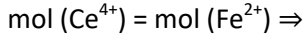
4.2α) οξειδωτικό: Ce

αναγωγικό: Fe

β) Ο Α.Ο. του Ce μεταβάλλεται από +4 σε +3, επομένως το Ce^{4+} ανάγεται και κατά συνέπεια προκαλεί οξείδωση, είναι δηλαδή οξειδωτικό.

Ο Α.Ο. του Fe μεταβάλλεται από +2 σε +3, επομένως ο Fe^{2+} οξειδώνεται και κατά συνέπεια προκαλεί αναγωγή, είναι δηλαδή αναγωγικό.

γ) Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης 1:



Σε 1 mol $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Fe}$ περιέχεται ένα mol Fe^{2+}

Άρα $\text{mol}(\text{Fe}^{2+}) = c \cdot V = 0,1 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

1 mol Fe^{2+} ζυγίζει 56 g επομένως τα $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \text{Fe}^{2+}$ ζυγίζουν $56 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 0,084 \text{ g}$.

Επομένως στο διάλυμα Δ2 περιέχονται 0,084 g Fe^{2+} .

Θέμα 4° 36347

4.1 Αναμειγνύονται 500 mL από υδατικό διάλυμα Υ1 ΚΟΗ συγκέντρωσης 0,1 Μ με 500 mL από ρυθμιστικό διάλυμα Υ2 συγκέντρωσης NH_3 0,1 Μ και NH_4Cl 0,1 Μ, οπότε προκύπτει διάλυμα Υ3 όγκου 1 L.

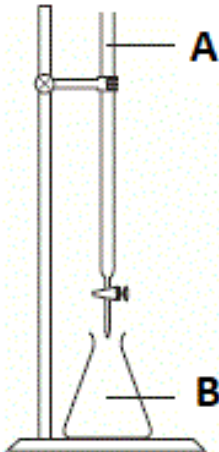
α) Υπολογίστε το pH του διαλύματος Υ1. (μονάδες 4)

β) Υπολογίστε το pH του διαλύματος Υ2. (μονάδες 4)

γ) Υπολογίστε το pOH του διαλύματος Υ3. (μονάδες 6)

Η θερμοκρασία είναι 25°C όπου η σταθερά αυτοϊοντισμού του νερού έχει τιμή $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$ και η σταθερά ιοντισμού της NH_3 έχει τιμή $K_b = 10^{-5} \text{ M}$. Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις συνήθεις προσεγγίσεις.

4.2 Ονομάστε τα ακόλουθα γυάλινα σκεύη Α και Β που χρησιμοποιούνται σε μια ογκομέτρηση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. (μονάδες 4)



4.3 Το HCl περιέχεται σε διάφορα οικιακά καθαριστικά. 2,5 mL από το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Χ που είναι υδατικό διάλυμα HCl , μεταφέρθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL και προστέθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή (διάλυμα Υ4). Το διάλυμα Υ4 κατά την ογκομέτρησή του με τη βοήθεια των γυάλινων σκευών του προηγούμενου ερωτήματος, απαιτεί για την πλήρη εξουδετέρωσή του 20 mL διαλύματος ΚΟΗ συγκέντρωσης 0,5 Μ.

α) Υπολογίστε το συνολικό ποσό θερμότητας που εκλύεται κατά την ογκομέτρηση αυτή. (μονάδες 3)

β) Υπολογίστε την % w/v περιεκτικότητα σε HCl στο ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Χ. (μονάδες 4)

Στις συνθήκες του πειράματος ισχύει ότι $\Delta H_r = -57 \text{ kJ/mol}$. Δίνονται $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{Cl}) = 35,5$.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

4.1 α) Η συγκέντρωση των ιόντων OH^- βρίσκεται από τη διάσταση του ΚΟΗ:

c(M)	$\text{ΚΟΗ} \rightarrow \text{Κ}^+ + \text{ΟΗ}^-$		
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.

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

β) Το διάλυμα Y2 είναι ρυθμιστικό αφού περιέχει συγκρίσιμες ποσότητες ασθενούς βάσης (NH_3) και του συζυγούς της οξέος (NH_4^+). Για το ρυθμιστικό διάλυμα ισχύει:

$$\text{pOH} = \text{pK}_{b,\text{NH}_3} + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = -\log 10^{-5} + \log \frac{\frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ L}}}{\frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ L}}} = 5 + \log \frac{1}{1} = 5$$

Συνεπώς, το pH του διαλύματος Y2 θα είναι ίσο με $14 - 5 = 9$.

γ) Υπολογίζουμε τα mol των αντιδρώντων:

$$n_{\text{KOH}} = n_1 = c_1 \cdot V_1 = 0,1 \text{ M} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,05 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = n_2 = c_2 \cdot V_2 = 0,1 \text{ M} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,05 \text{ mol}$$

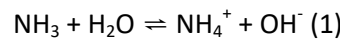
$$n_{\text{NH}_3} = n_3 = c_3 \cdot V_3 = 0,1 \text{ M} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,05 \text{ mol}$$

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε:

$n(\text{mol})$	KOH	+	NH_4Cl	→	NH_3	+	KCl	+	H_2O
αρχικά	0,05		0,05		0,05				
αντιδρούν	0,05		0,05						
παράγονται					0,05				
Τελικά					0,1				

Το KCl είναι ουδέτερο αλάτι και δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος γιατί τα ιόντα από τα οποία αποτελείται K^+ και Cl^- είναι συζυγείς ηλεκτρολύτες ισχυρών ηλεκτρολυτών, άρα δεν αντιδρούν με το νερό.

Τελικά έχουμε για την NH_3 : $c = \frac{0,1}{0,5+0,5} \text{ M} = 0,1 \text{ M}$, η οποία ιοντίζεται σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση



M	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	⇌	NH_4^+	+	OH^-
αρχικά	0,1				
αντιδρούν	x				
παράγονται			x		x
ιοντική ισορροπία	0,1 - x		x		x

$$K_{b,\text{NH}_3} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow K_{b,\text{NH}_3} = \frac{x^2}{0,1 - x} \text{ M} \Rightarrow K_{b,\text{NH}_3} \approx \frac{x^2}{0,1} \text{ M}$$

Επομένως $x^2 = 10^{-6} \Rightarrow x = 10^{-3} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$

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

Συνεπώς το pOH είναι ίσο με 3.

4.2 A → προχοΐδα και **B** → κωνική φιάλη

4.3 α) $\text{KOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (1)

$$n(\text{KOH}) = c \cdot V = 0,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,01 \text{ mol}$$

Με βάση την εξίσωση (1) 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

$$-Q = 0,01 \cdot 57 \text{ kJ} \Rightarrow Q = -0,57 \text{ kJ}, \text{ επομένως εκλύονται } 0,57 \text{ kJ} \text{ ή } Q = -0,57 \text{ kJ}.$$

β) $\text{KOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ (1)

$$n(\text{KOH}) = c \cdot V = 0,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,01 \text{ mol}$$

$$M_r(\text{HCl}) = 1 + 35,5 = 36,5$$

Με βάση την εξίσωση (1) απαιτούνται αντίστοιχα 0,01 mol HCl ή ισοδύναμα $0,01 \cdot 36,5 \text{ g} = 0,365 \text{ g HCl}$.

Στα 100 mL διαλύματος Y4 περιέχονται 2,5 mL από το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ X που αντιστοιχούν σε 0,365 g HCl.

Επομένως:

Στα 2,5 mL από το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Χ αντιστοιχούν 0,365 g HCl

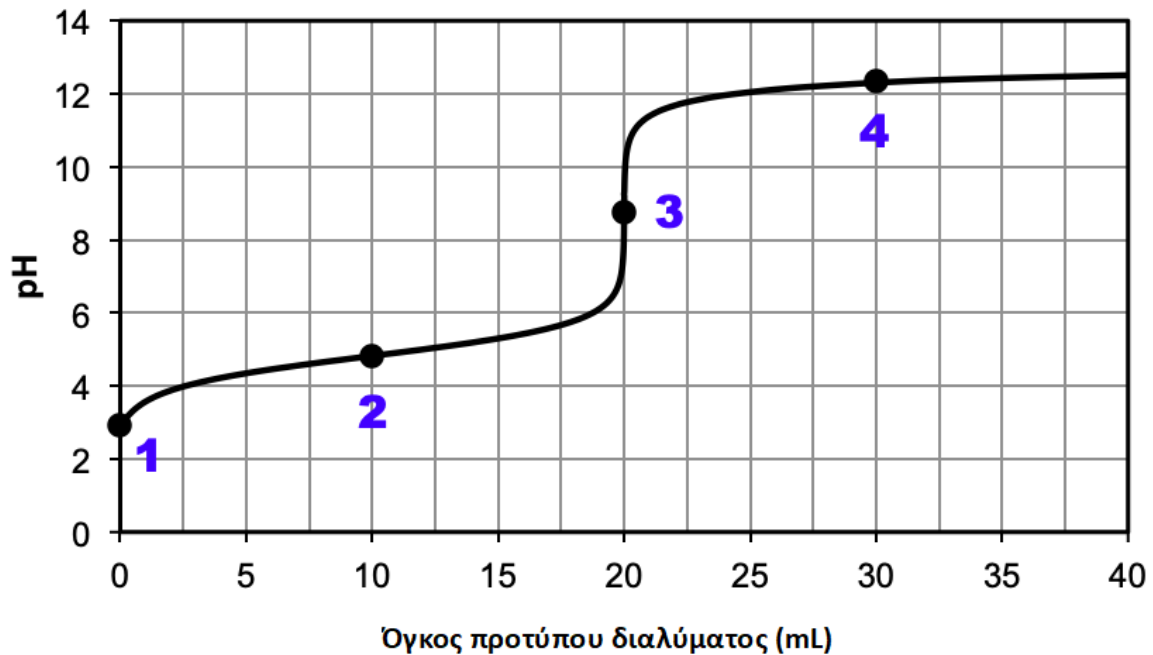
Στα 100 mL από το ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Χ αντιστοιχούν x g HCl.

$$2,5 \cdot x = 36,5 \Rightarrow x = 14,6.$$

Επομένως η % w/v περιεκτικότητα σε HCl στο ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟ Χ είναι ίση με **14,6 % w/v**.

Θέμα 4° 36352

4.1 Δίνεται η ακόλουθη καμπύλη ογκομέτρησης 20 mL διαλύματος Y1 CH₃COOH με pH=3 σημείο (1), από πρότυπο διάλυμα Y2 NaOH με pH=13.



α) Υπολογίστε τον αριθμό οξείδωσης (Α.Ο.) του κάθε ατόμου C στο CH₃COOH. (μονάδες 4)

β) Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του NaOH στο διάλυμα Y2. (μονάδες 3)

γ) Να εξηγήσετε ποιο από τα σημεία 2,3,4 είναι το ισοδύναμο σημείο; (μονάδες 2)

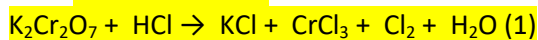
δ) Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του CH₃COOH στο διάλυμα Y1. (μονάδες 3)

ε) Να υπολογίσετε την τιμή της σταθεράς ιοντισμού K_a του CH₃COOH. (μονάδες 4)

στ) Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού (α) του CH₃COOH στο διάλυμα Y1. (μονάδες 2)

Όλα τα παραπάνω υδατικά διαλύματα βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 °C, όπου K_w = 10⁻¹⁴ M². Τα δεδομένα των ερωτημάτων επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις. **Μονάδες 18**

4.2 Το K₂Cr₂O₇ μπορεί να αντιδράσει με HCl. Η αντίδραση περιγράφεται με τη μη ισοσταθμισμένη εξίσωση (1) που ακολουθεί.



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

β) Πόσα mL από διάλυμα K₂Cr₂O₇ συγκέντρωσης 0,2 M απαιτούνται για να αντιδράσουν πλήρως με 50 mL διαλύματος HCl 0,56 M; (μονάδες 4) **Μονάδες 7**

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α) C¹H₃-C²OOH

Έστω x ο Α.Ο. του ατόμου άνθρακα C¹:

$$x + 3 \cdot (+1) = 0 \Rightarrow x = -3$$

Έστω γ ο Α.Ο. του ατόμου άνθρακα C²:

$$\gamma + 2 \cdot (-2) + 1 \cdot (+1) = 0 \Rightarrow \gamma = +3$$

β) $pH=13 \Rightarrow pK_w - pOH = 13 \Rightarrow 14 - pOH = 13 \Rightarrow pOH = 1$, άρα $[OH^-]=10^{-1}$ M ή ισοδύναμα η συγκέντρωση του NaOH στο διάλυμα Y2 είναι ίση με 0,1 M αφού στο διάλυμα Y2 υπάρχουν τα παρακάτω ιόντα που προκύπτουν από τη διάσπαση του $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$.

c(M)	NaOH	\rightarrow	Na ⁺	+	OH ⁻
αρχικά	0,1				
διίστανται	0,1				
παράγονται			0,1		0,1
Τελικά			0,1		0,1

γ) Το σημείο 3 είναι το ισοδύναμο σημείο διότι εκεί παρατηρείται απότομη αύξηση στο pH του ογκομετρούμενου διαλύματος αφού πλέον το οξύ έχει αντιδράσει όλο και αρχίζει να περισσεύει η βάση.

δ) Έστω c(M) η συγκέντρωση του CH₃COOH στο διάλυμα Y1.

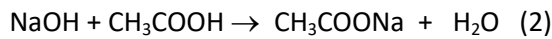
Ισχύουν τα ακόλουθα:

Έστω n τα mol CH₃COOH στο διάλυμα Y1: $n = c \cdot V = 0,02 \text{ L} \cdot c$

Ο απαιτούμενος όγκος του NaOH στο ισοδύναμο σημείο είναι ίσος με 20 mL.

mol NaOH στο ισοδύναμο σημείο = $c \cdot V = 0,1 \cdot 0,02 \text{ mol} = 0,002 \text{ mol}$

Το NaOH αντιδρά με το CH₃COOH με βάση την εξίσωση (2).



Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης (2) στο ισοδύναμο σημείο θα πρέπει να ισχύει:

mol CH₃COOH = mol NaOH $\Rightarrow 0,02 \text{ L} \cdot c = 0,002 \text{ mol} \Rightarrow c = 0,1 \text{ M}$

Άρα η συγκέντρωση του CH₃COOH στο διάλυμα Y1 είναι ίση με 0,1 M.

ε) Αφού το pH του διαλύματος είναι 3 θα ισχύει ότι $[H_3O^+]=10^{-3}$ M.

Στο διάλυμα Y1 συμβαίνει μερικός ιοντισμός του CH₃COOH όπως περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση και τα δεδομένα του ακόλουθου πίνακα:

c(M)	CH ₃ COOH + H ₃ O ⁺	H ₂ O	\rightleftharpoons	CH ₃ COO ⁻	+	
αρχικά	0,1					
ιοντίζονται	x					
παράγονται				x		x
ιοντική ισορροπία	0,1 - x			x		x

$x=[H_3O^+]=10^{-3}$ M.

Αφού τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις, θα ισχύει:

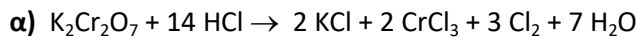
$$0,1 - x \approx 0,1. \text{ Άρα, } K_{a,CH_3COOH} = \frac{x^2 M^2}{(0,1-x)M} = \frac{x^2 M^2}{0,1 M} = 10^{-5} \text{ M.}$$

Επομένως, η σταθερά ιοντισμού K_a του οξέος CH₃COOH είναι ίση με 10^{-5} M.

στ) Για τον βαθμό ιοντισμού α του CH₃COOH ισχύει:

$$\alpha = \frac{x}{0,1} \Rightarrow \alpha = \frac{0,001}{0,1} \Rightarrow \alpha = 0,01 = 1 \%$$

4.2



β) Έστω V ο ζητούμενος όγκος σε mL από το διάλυμα K₂Cr₂O₇. Ισχύουν τα ακόλουθα:

mol K₂Cr₂O₇ = $c \cdot V = 0,2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot V \cdot 0,001 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot mL^{-1} \cdot V$.

mol HCl = $c \cdot V = 0,56 \cdot 0,05 \text{ mol} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης (1) θα πρέπει να ισχύει:

Για κάθε 1 mol K₂Cr₂O₇ απαιτούνται 14 mol HCl

Για κάθε $2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot mL^{-1} \cdot V$ mol K₂Cr₂O₇ απαιτούνται $2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol HCl}$

$2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} = 14 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot mL^{-1} \cdot V \Rightarrow 28 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 28 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot mL^{-1} \cdot V \Rightarrow V = 10 \text{ mL.}$