

24115

Θέμα 4ο

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: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ για την οποία ισχύει ότι $K_c = 4$. Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης. (μονάδες 6)

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

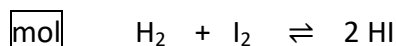
24115

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.



Αρχ. 4 4

Χ.Ι. 4-x 4-x 2x

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

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} \Rightarrow 4 = \frac{\frac{n_{\text{HI}}^2}{V^2}}{\frac{n_{\text{H}_2}}{V} \cdot \frac{n_{\text{I}_2}}{V}} \Rightarrow 2^2 = \frac{(2x)^2}{(4-x)^2} \Rightarrow \frac{4x}{4-x} = 4 \Rightarrow x = 2.$$

Δεδομένου ότι τα αντιδρώντα είναι σε στοιχειομετρική αναλογία έχουμε:

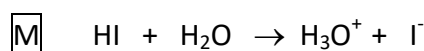
$$\alpha = \frac{\text{ποσότητα } \text{H}_2 \text{ που αντέδρασε}}{\text{ποσότητα } \text{H}_2 \text{ που μπορούσε να αντιδράσει}} = \frac{2 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} = 0,5 \text{ (50\%)}$$

γ)

ι. Υπολογίζουμε τη συγκέντρωση του HI:

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

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



Αρχ. 0,1

Τελ. - 0,1 0,1

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

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:

$$\text{pH}' = 2 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]' = 10^{-2} \Rightarrow [\text{HI}]' = 10^{-2} \text{ M (ή } 0,01 \text{ M)}.$$

Για την αραιώση ισχύει:

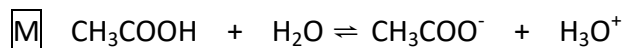
$$c_{\text{αρχ.}} \cdot V_{\text{αρχ.}} = c_{\text{τελ.}} \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow 0,1 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ M} \cdot V_{\text{τελ.}} \Rightarrow V_{\text{τελ.}} = 1 \text{ L.}$$

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 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4}$.

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. $c'_{\text{τελ}}$

l.l. $c_{\text{τελ}} \cdot z$ z z

Γνωρίζουμε ότι $z = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4}$, οπότε από τη σταθερά ιοντισμού της του οξικού οξέος έχουμε:

$$K_{a,\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow$$
$$10^{-5} = \frac{10^{-8}}{c'_{\text{τελ}} - 10^{-4}} \Rightarrow 10^{-5} \approx \frac{10^{-8}}{c'_{\text{τελ}}} \Rightarrow c'_{\text{τελ}} = 10^{-3}$$

Άρα, $c'_{\text{τελ}} = 0,001$ 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 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 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 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ και από την άλλη αυξάνει το βαθμό ιοντισμού του ασθενούς οξέος άρα αυξάνει τη $[\text{H}_3\text{O}^+]$. Τα δύο φαινόμενα λειτουργούν σε αντίθετη κατεύθυνση. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια αρκετά περιορισμένη μείωση της $[\text{H}_3\text{O}^+]$ σε σχέση με τα ισχυρά οξέα. Με άλλα λόγια, για την ίδια μεταβολή στη $[\text{H}_3\text{O}^+]$ τα ασθενή οξέα πρέπει να υποστούν αρκετά μεγαλύτερη αραιώση από ότι τα ισχυρά οξέα.

24208

Θέμα 2^ο

2.1 α) Να χαρακτηρίσετε ως σωστή (**Σ**) ή λανθασμένη (**Λ**) καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις: (μονάδες 4)

i. Ο πολυμερισμός που γίνεται με δύο ή περισσότερα είδη μονομερούς ονομάζεται συμπολυμερισμός.

ii. Δύο υδατικά διαλύματα γλυκόζης και NaCl ίδιας συγκέντρωσης και θερμοκρασίας είναι ισοτονικά.

iii. Το χημικό στοιχείο ${}_{15}\text{P}$ ανήκει στην IIIA ή 13^η ομάδα του Περιοδικού Πίνακα.

iv. Στο μόριο του 1,3 βουταδιενίου ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) όλα τα άτομα άνθρακα έχουν υβριδισμό sp^2 .

β) Να αιτιολογήσετε τις λανθασμένες προτάσεις. (μονάδες 8)

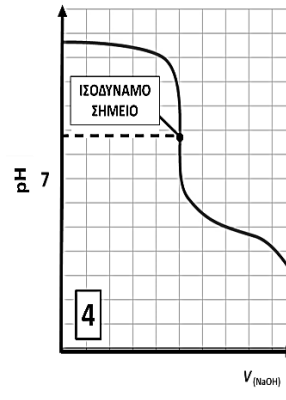
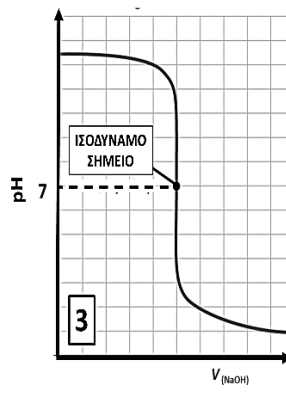
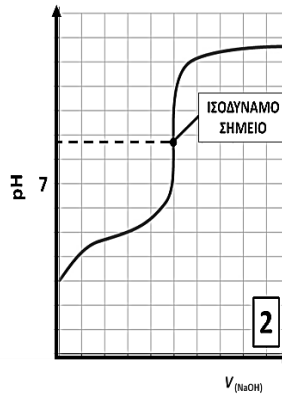
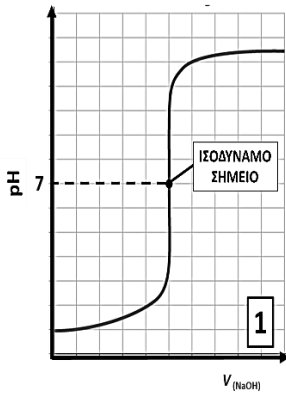
Μονάδες 12

2.2. Στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών μια ομάδα μαθητών πρέπει να υλοποιήσει ένα πείραμα, ώστε να υπολογίσει την περιεκτικότητα σε οξικό οξύ (CH_3COOH), του ξυδιού εμπορίου, με πρότυπο διάλυμα NaOH με τη μέθοδο της ογκομέτρησης.

α) Να εξηγήσετε αν η ογκομέτρηση αυτή χαρακτηρίζεται ως οξυμετρία ή αλκαλιμετρία. (μονάδες 2)

β) Να περιγράψετε την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει η ομάδα των μαθητών, αν έχει στη διάθεσή της τα παρακάτω σκεύη και χημικές ουσίες από τον εξοπλισμό του εργαστηρίου: γυάλινο χωνί, κωνική φιάλη, πουάρ σιφώνιου 3 βαλβίδων, προχοΐδα των 50 mL προσαρμοσμένη σε βάση στήριξης με ορθοστάτη και λαβίδα, βαθμονομημένο σιφώνιο των 10 mL (για λήψη δείγματος ξυδιού), πρότυπο διάλυμα NaOH 1 M, δείγμα ξυδιού εμπορίου, κωνική φιάλη των 250 mL και δείκτη φαινολοφθαλεΐνη σε σταγονομετρικό φιαλίδιο. Δίνεται ότι η περιοχή pH αλλαγής χρώματος της φαινολοφθαλεΐνης στους 25 °C είναι: 8,3 – 10 (άχρωμο – κόκκινο). (μονάδες 7)

γ) Να δικαιολογήσετε ποιο από τα διαγράμματα ①, ②, ③ ή ④ περιγράφει καλύτερα την παραπάνω ογκομέτρηση, στους 25 °C. (μονάδες 4)



Μονάδες 13

Ενδεικτικές απαντήσεις

2.1

- α)** i. Σωστή.
ii. Λανθασμένη.
iii. Λανθασμένη.
iv. Σωστή.
- β)** ii. Για το μοριακό διάλυμα γλυκόζης, συγκέντρωσης c M και θερμοκρασίας T , ισχύει:

$$\Pi_1 = c \cdot R \cdot T \quad (1)$$

Στο διάλυμα NaCl, συγκέντρωσης c M και θερμοκρασίας T , πραγματοποιείται η διάσταση του άλατος σύμφωνα με την εξίσωση: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$.

Από τη στοιχειομετρία της διάστασης προκύπτει ότι στο διάλυμα NaCl τα διαλυμένα σωματίδια είναι τα ιόντα Na^+ και Cl^- , το καθένα με συγκέντρωση c M. Οπότε η συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων σωματιδίων είναι $2 \cdot c$ M και το διάλυμα έχει ωσμωτική πίεση: $\Pi_2 = 2 \cdot c \cdot R \cdot T \Rightarrow \Pi_2 = 2 \cdot \Pi_1$.

Συνεπώς, το διάλυμα γλυκόζης είναι υποτονικό σε σχέση με το διάλυμα NaCl.

iii. Η ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου ${}_{15}\text{P}$ σε υποστιβάδες, στη θεμελιώδη κατάσταση, είναι: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$. Οπότε ανήκει στην VA ή $15^{\text{η}}$ ομάδα του Περιοδικού Πίνακα.

2.2.

α) Η συγκεκριμένη ογκομέτρηση χαρακτηρίζεται ως αλκαλιμετρία καθώς το πρότυπο διάλυμα που χρησιμοποιείται είναι διάλυμα βάσης (NaOH).

β) Γεμίζουμε την προχοΐδα, με τη βοήθεια γυάλινου χωνιού, με το πρότυπο διάλυμα NaOH 1 M. Σημειώνουμε με ακρίβεια την ένδειξη αρχικού όγκου του διαλύματος NaOH στην προχοΐδα, μια και θα μετράμε τη διαφορά της τελικής ένδειξης από την αρχική ένδειξη. Με το βαθμονομημένο σιφώνιο πλήρωσης και τη βοήθεια του πουάρ σιφωνίου τριών βαλβίδων, μεταφέρουμε ορισμένο όγκο ξυδιού στην κωνική φιάλη των 250 mL. Προσθέτουμε στην κωνική φιάλη 3 – 4 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης. Αρχίζουμε να ρίχνουμε στάγδην, και υπό συνεχή ανάδευση, το διάλυμα του NaOH από την προχοΐδα στην κωνική φιάλη μέχρι που να εμφανιστεί το ρόδινο χρώμα της φαινολοφθαλεΐνης (τελικό σημείο ογκομέτρησης). Σημειώνουμε με ακρίβεια την τελική ένδειξη όγκου του διαλύματος

NaOH στην προχοΐδα. Ο όγκος του διαλύματος NaOH που καταναλώθηκε για το τελικό σημείο της ογκομέτρησης είναι η διαφορά τελικής μείον αρχικής ένδειξης της προχοΐδας. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία άλλες δύο φορές, ώστε να πάρουμε συνολικά τρεις μετρήσεις. Υπολογίζουμε τον μέσο όρο των μετρήσεων όγκου του διαλύματος NaOH.

γ) Το διάγραμμα ② περιγράφει καλύτερα την συγκεκριμένη ογκομέτρηση.

Επειδή είναι αλκαλιμετρία, θα πρέπει το pH του ογκομετρούμενου διαλύματος να αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ογκομέτρησης. Η αντίδραση που πραγματοποιείται περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$. Στο ισοδύναμο σημείο τα αντιδρώντα CH_3COOH και NaOH έχουν αντιδράσει στοιχειομετρικά, οπότε στο ογκομετρούμενο διάλυμα υπάρχει μόνο CH_3COONa , το οποίο διίσταται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$.

Το ιόν CH_3COO^- αντιδρά με το νερό καθώς προέρχεται από ασθενές οξύ σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$. Οπότε το διάλυμα στο ισοδύναμο σημείο είναι βασικό, $\text{pH} > 7$ στους 25 °C. Το μόνο διάγραμμα το οποίο είναι σύμφωνο με όλα τα παραπάνω είναι το ②.

Θέμα 4^ο

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: $\text{Cu(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O(l)}$ ①

- α)** i. Να ισοσταθμίσετε την παραπάνω χημική εξίσωση. (μονάδες 2)
 ii. Να υπολογίσετε την ποσότητα (σε mol) του αερίου που παράγεται.
 Δίνεται: $A_r(\text{Cu}) = 63,5$. (μονάδες 4)

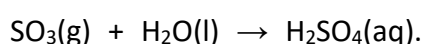
β) Όλη η ποσότητα του αερίου που παράγεται από την παραπάνω αντίδραση μεταφέρεται σε κενό δοχείο, σταθερού όγκου 15 L στους θ °C, στο οποίο υπάρχει ισομοριακή ποσότητα αερίου O_2 . Μετά από χρόνο 10 s αποκαθίσταται η ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη θερμοχημική εξίσωση: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ ②.

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

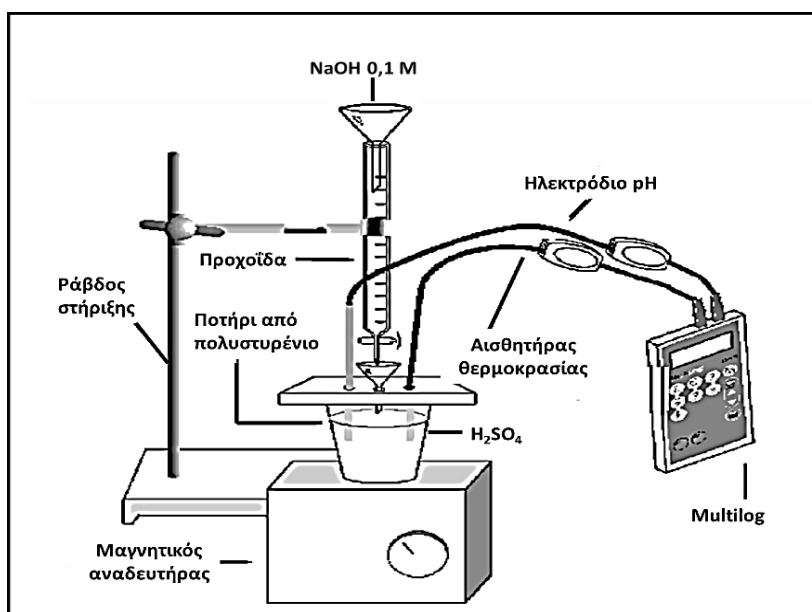
- i. τη σταθερά της χημικής ισορροπίας ②, στους θ °C. (μονάδες 6)
 ii. τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης (σε μορφή κλάσματος), από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας. (μονάδες 4)

Μονάδες 16

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

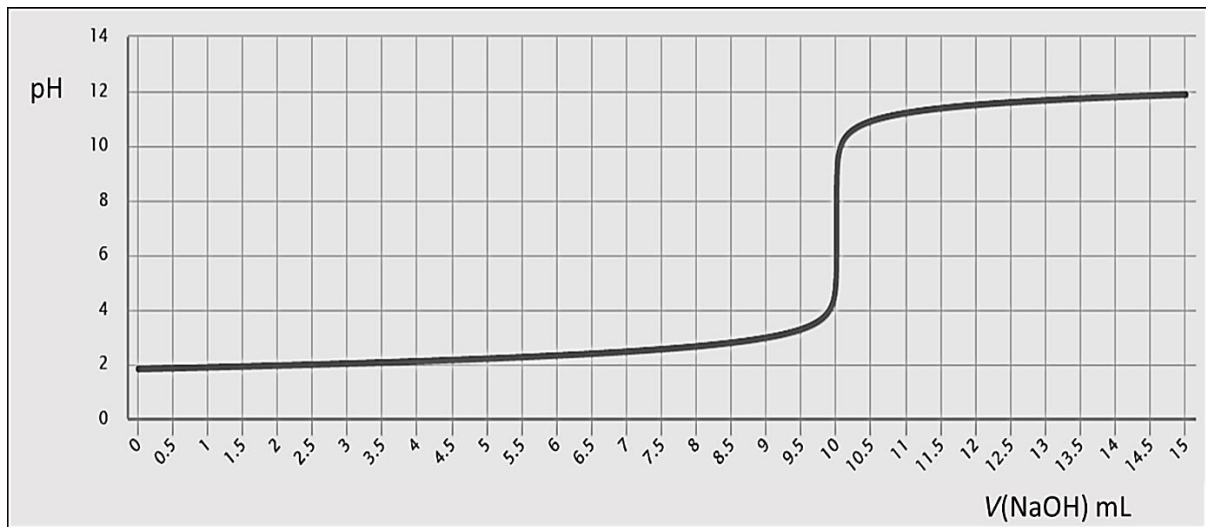


Στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών μια ομάδα μαθητών πραγματοποίησε ένα πείραμα, με σκοπό τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ενός υδατικού διαλύματος H_2SO_4 , χρησιμοποιώντας ως πρότυπο υδατικό διάλυμα NaOH 0,1 M.



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

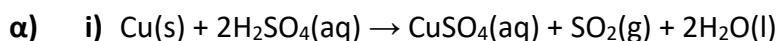
MultiLog και των αισθητήρων pH και θερμοκρασίας που διαθέτουν στο σχολικό τους εργαστήριο, σχεδίασαν την παρακάτω καμπύλη ογκομέτρησης.



Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του άγνωστου υδατικού διαλύματος H_2SO_4 .

Μονάδες 9

24216

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	$\text{Cu(s)} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O(l)}$		
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 SO_2 που παράγεται είναι ίση με 0,2 mol.

β)

i)

mol	$2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$	
Αρχικά	0,2	0,2
Αντιδρούν	2x	x
Παράγονται		2x
Ισορροπία	(0,2-2x)	(0,2-x) 2x

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

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

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

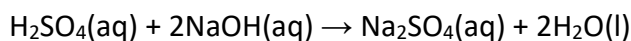
Οπότε η σταθερά της χημικής ισορροπίας ② στους $\theta \text{ }^\circ\text{C}$ είναι ίση με 100 M^{-1} .

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

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 H_2SO_4 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 H_2SO_4 είναι ίση με 0,01 M.

Θέμα 2ο

2.1. Στο εργαστήριο Χημείας διαθέτουμε τέσσερις (4) φιάλες που η καθεμιά περιέχει υδατικό διάλυμα 0,1 M μιας εκ των χημικών ενώσεων CH_3CHO , CH_3COOH , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ και HCl .

α) Χρησιμοποιώντας πεχαμετρικό χαρτί και διάλυμα αντιδραστηρίου Fehling να εξηγήσετε με ποιόν τρόπο θα διακρίνετε ποια χημική ένωση περιέχεται σε κάθε διάλυμα. Να θεωρήσετε ότι $\theta = 25\text{ }^\circ\text{C}$. (μονάδες 6)

Η ακεταλδεΐδη (CH_3CHO) είναι το προϊόν της ήπιας οξειδωσης της αιθανόλης και αποτελεί το κύριο προϊόν μεταβολισμού της στο ήπαρ.

β) Να γράψετε την αντίδραση της οξειδωσης της αιθανόλης ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) προς ακεταλδεΐδη, από διάλυμα $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ οξιμισμένου με H_2SO_4 . (μονάδες 2)

γ) Να εξηγήσετε πως διατάσσονται οι παρακάτω βάσεις κατά σειρά ελαττούμενης ισχύος, σε ορισμένη θερμοκρασία $\theta\text{ }^\circ\text{C}$.

CH_3COO^- , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-$, Cl^- . (μονάδες 4)

Μονάδες 12

2.2.

α) Να γράψετε την ηλεκτρονιακή κατανομή σε υποστιβάδες (στη θεμελιώδη κατάσταση) των στοιχείων ασβέστιο ($_{20}\text{Ca}$) και νικέλιο ($_{28}\text{Ni}$). (μονάδες 6)

β) Ποιο από τα παραπάνω στοιχεία έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα και γιατί; (μονάδες 4)

γ) Ποιο από τα παραπάνω στοιχεία χαρακτηρίζεται ως στοιχείο μετάπτωσης και γιατί. (μονάδες 3)

Μονάδες 13

Ενδεικτικές απαντήσεις

2.1

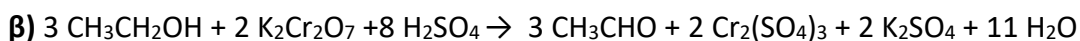
α) Αρχικά θα μετρήσουμε το pH των 4 διαλυμάτων με το πεχαμετρικό χαρτί.

Το διάλυμα που θα περιέχει το ισχυρό οξύ (HCl) θα έχει $\text{pH} = 1$.

Το διάλυμα που περιέχει ασθενές οξύ (CH_3COOH) θα είναι μεν όξινο, αλλά θα έχει pH σαφώς μεγαλύτερο του 1.

Τα διαλύματα που θα έχουν $\text{pH} = 7$ θα περιέχουν τις ενώσεις HCH=O και $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, τα διαλύματα των οποίων είναι πρακτικά ουδέτερα.

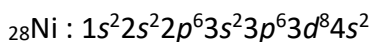
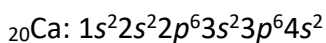
Σε δείγμα από τα διαλύματα των ενώσεων HCH=O και $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ θα προσθέσουμε μικρή ποσότητα αντιδραστηρίου Fehling. Το διάλυμα που θα δώσει καστανέρυθρο ίζημα Cu_2O θα περιέχει την αλδεΐδη (HCH=O), ενώ το άλλο διάλυμα που δεν αντιδρά θα περιέχει την αλκοόλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).



γ) Προκειμένου να συγκρίνω τις βάσεις θα συγκρίνω τα αντίστοιχα συζυγή οξέα τους: HCl, CH_3COOH , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Όσο πιο ισχυρό το συζυγές οξύ, τόσο πιο ασθενής η συζυγής βάση του. Το HCl είναι ισχυρό οξύ, ιοντιζόμενο πλήρως στο νερό, το CH_3COOH είναι ασθενές οξύ, υφιστάμενο μερικό ιοντισμό κατά τη διάλυσή του στο νερό, ενώ η $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ως αλκοόλη δεν ιοντίζεται. Συνεπώς εφόσον η σειρά ισχύος των συζυγών οξέων είναι: $\text{HCl} > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, η σειρά ισχύος των συζυγών βάσεων θα είναι: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{Cl}^-$.

2.2

α)



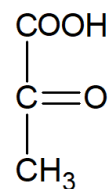
β) Όπως φαίνεται στην ηλεκτρονιακή κατανομή και τα δύο (2) στοιχεία ανήκουν στην 4^η περίοδο του Περιοδικού Πίνακα. Η ατομική ακτίνα (A.A) μειώνεται από αριστερά προς τα δεξιά κατά μήκος μιας περιόδου. Αυτό συμβαίνει διότι όσο αυξάνεται ο ατομικός αριθμός (Z), (από αριστερά προς τα δεξιά), μειώνεται το δραστικό πυρηνικό φορτίο (κατά προσέγγιση το φορτίο του πυρήνα μειωμένο κατά το φορτίο των ηλεκτρονίων εσωτερικών στιβάδων), επομένως η έλξη που ασκεί ο πυρήνας στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας είναι μεγαλύτερη και συνεπώς μειώνεται η ατομική ακτίνα.

Άρα, $A.A.\text{Ni} < A.A.\text{Ca}$.

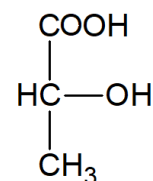
γ) Το ${}_{28}\text{Ni}$ είναι στοιχείο του τομέα d εφόσον κατά την ηλεκτρονιακή δόμηση του ατόμου του, το τελευταίο ηλεκτρόνιο τοποθετείται σε υποστιβάδα d. Επομένως αυτό είναι το ζητούμενο στοιχείο μετάπτωσης. Επίσης, όλα τα στοιχεία μετάπτωσης είναι μέταλλα.

Θέμα 4°

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



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



- i. Να γράψετε και να ισοσταθμίσετε τη χημική εξίσωση της οξείδωσης του γαλακτικού οξέος προς πυροσταφυλικό οξύ με υπερμαγγανικό κάλιο παρουσία θειικού οξέος. (μονάδες 4)
 - ii. Να αιτιολογήσετε αν θα αποχρωματιστεί διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου όγκου $V_1 = 400 \text{ mL}$ και συγκέντρωσης $c_1 = 0,01 \text{ M}$ σε υπερμαγγανικό κάλιο παρουσία θειικού οξέος (διάλυμα Δ1), όταν αντιδράσει με όγκο $V_2 = 300 \text{ mL}$ διαλύματος γαλακτικού οξέος συγκέντρωσης $c_2 = 0,05 \text{ M}$ σε γαλακτικό οξύ (διάλυμα Δ2). (μονάδες 9)
- β)** Σε άλλο πείραμα, σε υδατικό διάλυμα Δ3 όγκου $V = 500 \text{ mL}$ και συγκέντρωσης $c_3 = 0,1 \text{ M}$ σε γαλακτικό οξύ προστίθενται $5,6 \text{ g}$ γαλακτικού νατρίου ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$) και παρασκευάζεται ρυθμιστικό διάλυμα Δ4. Η προσθήκη του στερεού δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.
- i. Να υπολογίσετε το pH του ρυθμιστικού διαλύματος Δ4 που παρασκευάστηκε. (μονάδες 7)
 - ii. Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του γαλακτικού οξέος στο διάλυμα Δ4. (μονάδες 5)

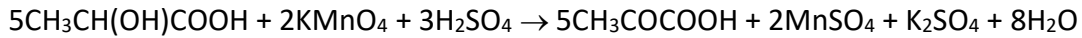
Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{H})=1$, $A_r(\text{C})=12$, $A_r(\text{O})=16$, $A_r(\text{Na})=23$. Όλες οι διαδικασίες στο ερώτημα β έγιναν σε θερμοκρασία $25\text{ }^\circ\text{C}$, όπου η σταθερά ιοντισμού του γαλακτικού οξέος είναι $K_{\text{aCH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}}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

Μονάδες 25

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 θεικού οξέος (H_2SO_4) προς CH_3COCOOH είναι:



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

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

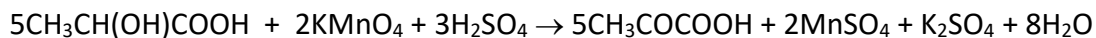
Επομένως σε 400 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται 0,004 mol υπερμαγγανικού καλίου.

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 $c_{\alpha\xi}$ και η συζυγής του βάση ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$) συγκέντρωσης c_{β} .

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

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

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

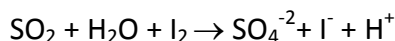
Το pH του διαλύματος Δ4 είναι ίσο με 4, επομένως $x = 10^{-4}$ ενώ για τον βαθμό ιοντισμού (α) του $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}(\text{aq})$ ισχύει:

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

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

Θέμα 4^ο

α) Για την προστασία των κρασιών από την οξείδωση προστίθεται, κατά τη διαδικασία παραγωγής τους, διοξείδιο του θείου (SO₂). Η κυκλοφορία του κρασιού στο εμπόριο επιτρέπεται εάν η συνολική ποσότητα SO₂ δεν είναι μεγαλύτερη από 200 mg/L, για τα λευκά ξηρά κρασιά. Ο προσδιορισμός του SO₂ στηρίζεται στην αντίδρασή του με διάλυμα ιωδίου. Η μη ισοσταθμισμένη εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση είναι:



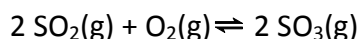
i) Να συμπληρώσετε τους συντελεστές στην παραπάνω εξίσωση ώστε να είναι ισοσταθμισμένη. (μονάδες 3)

ii) Να προσδιορίσετε εάν το I₂ 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 SO₂, 20 mL λευκού ξηρού κρασιού απαιτούν για την πλήρη αντίδραση 6 mL διαλύματος I₂ συγκέντρωσης c = 0,01 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 αερίου SO₂ προς SO₃, παρουσία καταλύτη και σε υψηλή θερμοκρασία, και περιγράφεται με τη χημική εξίσωση:



Σε θερμοκρασία θ, στη θέση ισορροπίας και σε δοχείο όγκου V = 1 L, υπήρχαν 0,8 mol SO₃, 1,6 mol SO₂ και 0,4 mol O₂. Να υπολογίσετε την ποσότητα του O₂ σε mol που πρέπει να προστεθεί στο δοχείο της αντίδρασης, στην ίδια θερμοκρασία, ώστε η ποσότητα του SO₃ στη νέα θέση ισορροπίας να είναι 1,2 mol. (μονάδες 10)

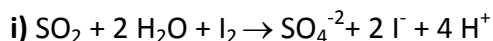
Δίνονται: A_r(S) = 32, A_r(O) = 16

Μονάδες 25

25197

Ενδεικτική επίλυση

α)



ii) Το I_2 έχει Α.Ο. 0 και μετατρέπεται σε I^- με 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 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 γ 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 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 mol O_2 .

Θέμα 4°

Ένα βιομηχανικό κράμα περιέχει Cu και αδρανείς χημικά προσμίξεις. Σε ένα αναλυτικό εργαστήριο Χημείας διαλύονται 31,75 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 συμπληρώστε 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 βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 °C, όπου $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$.

Μονάδες 25

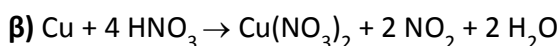
Ενδεικτική επίλυση

α) Έστω x ο αριθμός οξειδωσης του N στο HNO_3 . Θα ισχύει ότι $1 + x + 3 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow x = +5$.

Έστω y ο αριθμός οξειδωσης του N στο NO_2 . Θα ισχύει ότι $y + 2 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow y = +4$.

Ο Cu αρχικά έχει αριθμό οξειδωσης 0. Ο Cu τελικά έχει αριθμό οξειδωσης +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 HNO_3 ενώ αναγωγικό σώμα είναι ο Cu.



$$\gamma) n(\text{NO}_2) = \frac{8,96}{22,4} \text{ mol} = 0,4 \text{ mol.}$$

Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης 1 έχουμε ότι:

Από 1 mol Cu παράγονται 2 mol NO_2

Από x mol Cu παράγονται 0,4 mol NO_2

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{0,4} \Rightarrow x = 0,2$$

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 y 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 c_1 η αρχική συγκέντρωση του HNO_3 στο διάλυμα Δ1 και c_2 η τελική συγκέντρωση του HNO_3 στο διάλυμα Δ2. Αφού το pH = 0 και το HNO_3 είναι ισχυρό μονοπρωτικό οξύ θα ισχύει ότι $c_2 = 1 \text{ M}$ αφού στο διάλυμα Δ2 συμβαίνει ιοντισμός του HNO_3 όπως περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση και τον ακόλουθο πίνακα:

$c(\text{M})$	HNO_3	+	H_2O	\rightarrow	NO_3^-	+	H_3O^+
αρχικά	1						
ιοντίζονται	1						
τελικά					1		1

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \text{ M}$ επομένως $\text{pH} = -\log(1) = 0$.

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 αραίωση διαλυμάτων, για τα διαλύματα Δ_1, Δ_2 , όπου n_1, n_2 είναι τα αρχικά και τα τελικά mol αντίστοιχα, του HNO_3

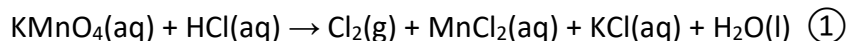
$$V_2 = V_1 + V(\text{H}_2\text{O}) = (V_1 + 9 \cdot V_1).$$

$$n_1 = n_2 \Rightarrow c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow c_1 \cdot V_1 = 1 \cdot (V_1 + 9 \cdot V_1) \Rightarrow c_1 = 10 \text{ M}.$$

Επομένως το διάλυμα Δ_1 έχει συγκέντρωση $c = 10 \text{ M}$ σε HNO_3 .

Θέμα 4^ο

Σε 200 mL υδατικού διαλύματος HCl συγκέντρωσης 1 M, εισάγονται 3,16 g στερεού KMnO₄, 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 H₂, μεταφέρονται σε κενό δοχείο, σταθερού όγκου V L στους θ °C, οπότε αποκαθίσταται χημική ισορροπία, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ $\textcircled{2}$. Η σταθερά της χημικής ισορροπίας $\textcircled{2}$ είναι ίση με 64 στους θ °C. Να διερευνήσετε αν το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία και να προσδιοριστούν οι ποσότητες των αερίων (σε mol) μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας $\textcircled{2}$. (μονάδες 9)

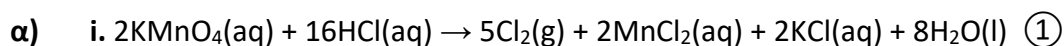
γ) Μια ποσότητα του αερίου HCl του μίγματος της παραπάνω ισορροπίας $\textcircled{2}$ ίση με 0,02 mol απομονώνεται με κατάλληλο τρόπο και διοχετεύεται σε 100 mL υδατικού διαλύματος (Δ1) το οποίο περιέχει CH₃COOH 0,1 M και CH₃COONa 0,2 M. Στη συνέχεια προστίθεται νερό οπότε προκύπτουν 600 mL υδατικού διαλύματος (Δ2).

Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος (Δ2). (μονάδες 10)

Δίνονται:

- Οι σχετικές ατομικές μάζες: $A_r(\text{K}) = 39$, $A_r(\text{Mn}) = 55$, $A_r(\text{O}) = 16$.
- Η σταθερά ιοντισμού του CH₃COOH στους 25 °C είναι ίση με $2 \cdot 10^{-5}$ M.
- Τα διαλύματα (Δ1) και (Δ2) βρίσκονται στους 25 °C και τα δεδομένα του ερωτήματος **γ)** επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

Μονάδες 25

Ενδεικτική επίλυση

ii. Για το KMnO_4 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	0,02
Τελικά	---	0,04	0,05	0,02	0,02

Επομένως η ποσότητα του αερίου Cl_2 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 .

$$Q_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2][\text{Cl}_2]} = \frac{\left(\frac{n_{\text{HCl}}}{V}\right)^2}{\left(\frac{n_{\text{H}_2}}{V}\right) \cdot \left(\frac{n_{\text{Cl}_2}}{V}\right)} = \frac{\left(\frac{1 \text{ mol}}{V L}\right)^2}{\left(\frac{0,05 \text{ mol}}{V L}\right) \cdot \left(\frac{0,05 \text{ mol}}{V L}\right)} M = 400$$

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:

$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{I}_2} = (0,05 + x) \text{ mol} = (0,05 + 0,06) \text{ mol} = 0,11 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = (1 - 2x) \text{ mol} = (1 - 2 \cdot 0,06) \text{ mol} = (1 - 0,12) \text{ mol} = 0,88 \text{ mol}$$

γ. Για το CH_3COOH 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 ($\Delta 1$) 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 ($\Delta 2$) 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	γ		
Παράγονται		γ	γ
Ισορροπία	$0,05 - \gamma$	γ	γ

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{\gamma^2 \text{ M}^2}{(0,05 - \gamma) \text{ M}}$$

Επειδή ισχύουν οι γνωστές

προσεγγίσεις έχουμε ότι: $(0,05 - \gamma) \text{ M} \approx 0,05 \text{ M}$.

$$\text{Οπότε: } 2 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{\gamma^2 \text{ M}^2}{0,05 \text{ M}} \Rightarrow \gamma^2 = 10^{-6} \Rightarrow \gamma = 10^{-3}$$

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

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:

$$\Delta H_f \text{NH}_3(\text{aq}) = -80 \text{ kJ/mol} \quad \text{και} \quad \Delta H_f \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) = -310 \text{ kJ/mol.} \quad (\text{μονάδες } 7)$$

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:

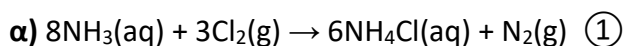
i. το ποσό θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται μέχρι την ολοκλήρωση της αντίδρασης. (μονάδες 7)

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

β) $\Delta H = \sum \Delta H_f \text{ προϊόντων} - \sum \Delta H_f \text{ αντιδρώντων} = 6 \cdot \Delta H_f(\text{NH}_4\text{Cl}) + \Delta H_f(\text{N}_2) - 8 \cdot \Delta H_f(\text{NH}_3) - 3 \cdot \Delta H_f(\text{Cl}_2) =$
 $= 6 \cdot (-310 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 8 \cdot (-80 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 3 \cdot 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} =$
 $= -1860 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 640 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -1220 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$

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 διάσπαση του άλατος NH_4Cl .

Σύμφωνα με την εξίσωση των Henderson και Hasselbalch ισχύει ότι:

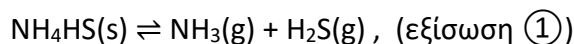
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a(\text{NH}_4^+) \cdot \frac{[\text{οξέος}]}{[\text{βάσης}]} = \frac{K_w}{K_b(\text{NH}_3)} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ M}} \cdot \frac{\frac{1,2}{V} \text{ M}}{\frac{0,6}{V} \text{ M}} = 10^{-9} \text{ M}.$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 9$$

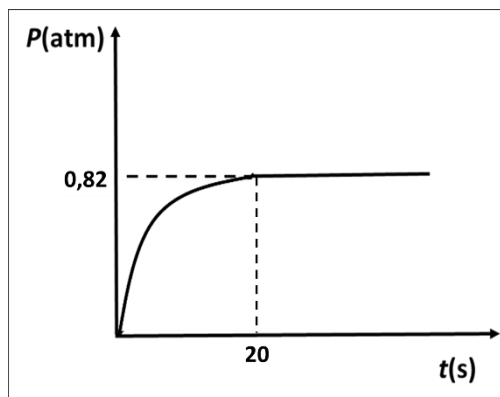
Επομένως το pH του διαλύματος Δ1 στους 25 °C είναι ίσο με 9.

Θέμα 4^ο

Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 10 L στους 227 °C, εισάγεται μια ποσότητα $\text{NH}_4\text{HS}(s)$ 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 $\text{pH} = 9$. Να υπολογίσετε πόσα mol αέριας NH_3 απομονώθηκαν από το αέριο μίγμα της χημικής ισορροπίας ①. (μονάδες 10)

Δίνονται:

- Η παγκόσμια σταθερά αερίων $R = 0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
- Η σταθερά ιοντισμού του νερού στους 25 °C, $K_w = 10^{-14} \text{ M}^2$.
- Η σταθερά ιοντισμού της NH_3 στους 25 °C, $K_{b\text{NH}_3} = 2\cdot 10^{-5} \text{ M}$.
- 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 $\text{NH}_4\text{HS}(s)$.

mol	$\text{NH}_4\text{HS}(s) \rightleftharpoons \text{NH}_3(g) + \text{H}_2\text{S}(g)$
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 $\text{NH}_3(g)$ και 0,1 mol $\text{H}_2\text{S}(g)$.

β) Η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης ① υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_c = [\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{S}] = \left(\frac{n_{\text{NH}_3}}{V} \right) \cdot \left(\frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{V} \right) = \left(\frac{0,1}{10} \text{ M} \right) \cdot \left(\frac{0,1}{10} \text{ M} \right) = 10^{-4} \text{ M}^2.$$

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:

$$v_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{\Delta[\text{H}_2\text{S}]}{\Delta t} = \frac{\frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{V}}{\Delta t} = \frac{\frac{0,1}{10} \text{ M}}{20 \text{ s}} = \frac{0,01 \text{ M}}{20 \text{ s}} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}.$$

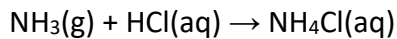
Επομένως η μέση ταχύτητα σχηματισμού του H_2S από την αρχή της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας ①, είναι ίση με $5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{M}}{\text{s}}$.

ε) Έστω ότι από την ισορροπία ① απομονώνονται γ mol αέριας NH_3 , τα οποία και διοχετεύονται στο υδατικό διάλυμα Δ1 όπου περιέχονται:

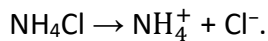
$$n_{\text{HCl}} = c \cdot V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol}.$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = c \cdot V = 0,7 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,07 \text{ mol}.$$

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: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$.

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	γ	0,01	0,07
Αντιδρούν	0,01	0,01	
Παράγονται			0,01
Τελικά	$(\gamma - 0,01)$	---	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:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_{a(\text{NH}_4^+)} \cdot \frac{[\text{οξύ}]}{[\text{βάση}]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{K_{b(\text{NH}_3)}} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ M}} \cdot \frac{\frac{0,08}{V} \text{ M}}{\frac{\gamma - 0,01}{V} \text{ M}} \Rightarrow 10^{-9} \text{ M} = \frac{10^{-9} \text{ M}}{2} \cdot \frac{0,08 \text{ M}}{(\gamma - 0,01) \text{ M}} \Rightarrow 2 = \frac{0,08}{\gamma - 0,01} \Rightarrow 2 \cdot \gamma - 0,02 =$$

$$0,08 \Rightarrow 2 \cdot \gamma = 0,1 \Rightarrow \gamma = 0,05.$$

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 $\text{pH} = 9$.