

ΧΗΜΕΙΑ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
7^ο ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

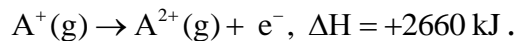
ΘΕΜΑ Α

A1. δ, A2. γ, A3. γ, A4. Β, A5. Λ,Σ,Λ,Λ,Λ

ΘΕΜΑ Β

B2.

α)



Το θετικό πρόσημο οφείλεται στο ότι όλοι οι ιοντισμοί είναι ενδόθερμα φαινόμενα, δηλαδή απαιτείται προσφορά ενέργειας για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ένα άτομο ή θετικό ιόν.

β) Παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στην 2^η και στην 3^η ενέργεια ιοντισμού, με την 3^η ενέργεια να είναι πολύ μεγαλύτερη. Αυτό σημαίνει ότι όταν το άτομο έχει χάσει 2 ηλεκτρόνια και έχει σχηματιστεί το ιόν με φορτίο +2, αυτό έχει δομή ευγενούς αερίου και είναι πολύ πιο δύσκολο να χάσει ένα ηλεκτρόνιο ακόμα.

Επομένως η ηλεκτρονιακή διαμόρφωση του ιόντος Γ^{2+} , εφόσον το Γ ανήκει στην 3^η περίοδο, θα είναι: $\Gamma^{2+} : 1s^2 2s^2 2p^6$ και αντίστοιχα του στοιχείου Γ θα είναι:

$\Gamma : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$. Οπότε το στοιχείο Γ ανήκει στη 2η ομάδα του Περιοδικού Πίνακα.

γ) $\Gamma > B > A$. Όσο μικρότερη ενέργεια ιοντισμού έχει ένα άτομο τόσο ευκολότερα αποβάλλει το ηλεκτρόνιό του, άρα τόσο μεγαλύτερη είναι η ηλεκτροθετικότητά του (η τάση μεταβολής της ηλεκτροθετικότητας σε μια περίοδο είναι αντίθετη από αυτή της ενέργειας ιοντισμού).

B2.

α) Οι ιοντικές ισορροπίες μετατοπίζονται προς το ασθενέστερο οξύ (ή την ασθενέστερη βάση)

Γνωρίζουμε ότι το HI είναι ισχυρό οξύ, ενώ το HF είναι ασθενές οξύ, επομένως η ισορροπία (1) είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά.

Επειδή το HI είναι ισχυρό οξύ, η ισορροπία (2) είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά.

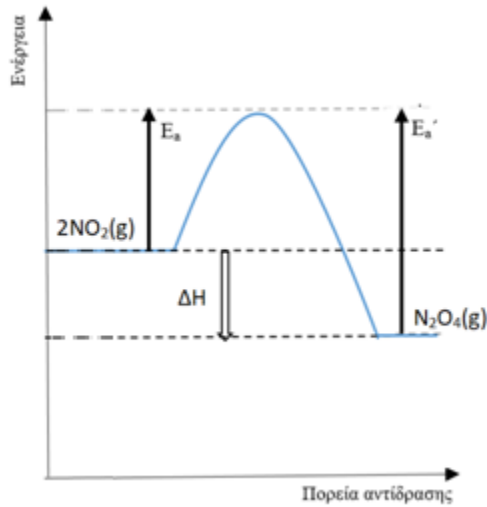
β) Επειδή η ισορροπία (3) είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά συμπεραίνουμε ότι το F^- είναι ισχυρότερη βάση από το H_2O .

Επειδή η ισορροπία (2) είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά συμπεραίνουμε ότι το H_2O είναι ισχυρότερη βάση από το I^- .

Με βάση τα παραπάνω, έχουμε την ακόλουθη διάταξη $K_{b,\text{I}^-} < K_{b,\text{H}_2\text{O}} < K_{b,\text{F}^-}$.

B3.

α) Η αντίδραση (2) είναι η αντίθετη της (1). Επίσης, από την τιμή της ενθαλπίας της (2) προκύπτει ότι η (1) είναι εξώθερμη. Το ενεργειακό διάγραμμα της αντίδρασης (1) είναι το ακόλουθο:



i) Γνωρίζουμε ότι $|\Delta H| = 57 \text{ kJ}$ και $E_a = 23 \text{ kJ}$, άρα $E'_a = |\Delta H| + E_a = 80 \text{ kJ}$.

ii) Η πρόταση είναι λανθασμένη. Οι αντιδράσεις (1) και (2) είναι αντίθετες και ένας καταλύτης επιταχύνει εξίσου τις ταχύτητες των δύο αντίθετων αντιδράσεων.

β) Καταλύτης είναι το NO και ενδιάμεσο προϊόν το NO₂.

Το NO καταναλώνεται στο πρώτο στάδιο και αναγεννιέται στο δεύτερο. Το NO₂ δημιουργείται στο πρώτο στάδιο και καταναλώνεται στο δεύτερο.

B4.

α) Ισχύει $[H_2] = [I_2]$, οπότε η σταθερά ισορροπίας μπορεί να γραφεί:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \Rightarrow 4 = \frac{[HI]^2}{[H_2]^2} \Rightarrow 2 = \frac{[HI]}{[H_2]} \Rightarrow [HI] = 2[H_2].$$

Επομένως η συγκέντρωση του HI πρέπει να είναι διπλάσια από αυτήν των H₂ και I₂, κάτι που δεν ισχύει στη γραφική παράσταση (ii).

β) Η παραπάνω χημική ισορροπία δεν θα αποκατασταθεί στα δοχεία (i) και (iii).

Στο δοχείο (i) γιατί είναι ανοιχτό και προϋπόθεση για την αποκατάστασή ισορροπίας είναι το σύστημα να είναι κλειστό.

Στο δοχείο (iii) γιατί δεν υπάρχουν τα απαραίτητα αντιδρώντα, αφού περιέχει μόνο H₂.

Θέμα Γ

Γ1.

α) Έστω $n \text{ mol } H_2$ και $n \text{ mol } Cl_2$ στο μείγμα.

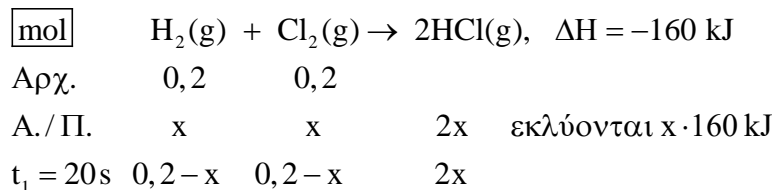
$$\text{Ισχύει } m_{H_2} + m_{Cl_2} = m_{\text{μείγματος}} \Rightarrow n \cdot 2 + n \cdot 71 = 14,6 \Rightarrow n = 0,2.$$

$$[H_2] = [Cl_2] = \frac{0,2}{2} \text{ M} = 0,1 \text{ M}$$

Εφόσον η αντίδραση είναι απλή ισχύει:

$$v = k \cdot [H_2] \cdot [Cl_2] \Rightarrow 0,05 \frac{M}{s} = k \cdot 0,1M \cdot 0,1M \Rightarrow k = 5 M^{-1} \cdot s^{-1}.$$

β) Με βάση τη θερμοχημική εξίσωση ισχύει ότι:



Από τον νόμο ταχύτητας έχουμε:

$$v = k \cdot [H_2] \cdot [Cl_2] \Rightarrow 0,002 \frac{M}{s} = 5 \cdot \left(\frac{0,2-x}{2} \right) \left(\frac{0,2-x}{2} \right) \Rightarrow (0,2-x)^2 = 16 \cdot 10^{-4}$$

$$\Rightarrow (0,2-x)^2 = 4 \cdot 10^{-2} \Rightarrow x = 0,16.$$

Επομένως, εκλύονται $0,16 \cdot 160 \text{ kJ} = \boxed{25,6 \text{ kJ}}$.

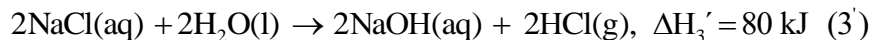
γ) Το μείγμα των αντιδρώντων θερμάνθηκε για να επιταχύνουμε την αντίδραση. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της κινητικής ενέργειας των αντιδρώντων μορίων, με συνέπεια να αυξάνεται ο αριθμός των αποτελεσματικών συγκρούσεων.

δ) Αρχικά υπολογίζουμε την ενθαλπία της αντίδρασης (2)

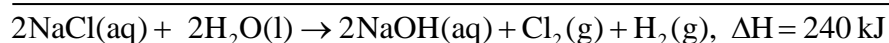
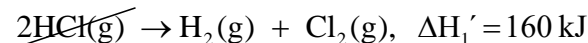
Αντιστρέφουμε την (1) και προκύπτει η (1') :



Αντιστρέφουμε και πολλαπλασιάζουμε την (3) επί 2 οπότε προκύπτει η (3')



Προσθέτουμε κατά μέλη τις (1') και (3') για να προκύψει η ζητούμενη και εφαρμόζουμε τον νόμο του Hess:



Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα mol NaCl που συμμετείχαν στην αντίδραση ηλεκτρόλυσης:

$$M_r(\text{NaCl}) = 58,5$$

Για το διάλυμα NaCl ισχύει:

$$\text{Στα } 100 \text{ ml περιέχονται } 23,4 \text{ g NaCl, άρα } \frac{23,4}{58,5} = 0,4 \text{ mol NaCl}$$

$$\text{Στα } 2000 \text{ ml περιέχονται } y \text{ mol NaCl}$$

$$y = 0,4 \frac{2.000}{100} = 8. \text{ Άρα στα } 2.000 \text{ mL διαλύματος περιέχονται } 8 \text{ mol NaCl.}$$

Τέλος υπολογίζουμε το ποσό θερμότητας που απορροφάται:

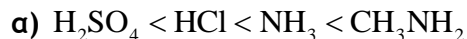
Όταν αντιδρούν 2 mol NaCl απορροφώνται 240 kJ

Όταν αντιδρούν 8 mol NaCl απορροφώνται z kJ

$$z = 240 \frac{8}{2} \Rightarrow z = 960 .$$

Άρα, αν ηλεκτρολύσουμε 2 λίτρα διαλύματος NaCl 23,4 % w/v θα απορροφηθούν 960 kJ.

Γ2.



Το υδροχλώριο και το θειικό οξύ είναι και τα δύο ισχυρά οξέα. Επειδή το θειικό οξύ έχει και δεύτερο βαθμό ιοντισμού, το διάλυμά του θα είναι λίγο πιο όξινο, δηλαδή θα έχει λίγο μεγαλύτερη συγκέντρωση H_3O^+ σε σχέση με το αντίστοιχο διάλυμα του υδροχλωρίου, δεδομένου ότι τα αρχικά διαλύματα έχουν ακριβώς ίσες συγκεντρώσεις.

Η μεθυλαμίνη και η αμμωνία είναι ασθενείς βάσεις με την ίδια συγκέντρωση. Λόγω του ισχυρότερου +I επαγωγικού φαινομένου του μεθυλίου σε σχέση με αυτού του υδρογόνου, η μεθυλαμίνη είναι πιο ισχυρή βάση. Άρα η συγκέντρωση H_3O^+ στο διάλυμα θα είναι λίγο μικρότερη από την αντίστοιχη της αμμωνίας.

β)

Στο διάλυμα έχουμε δύο βάσεις, που δεν αντιδρούν μεταξύ τους.

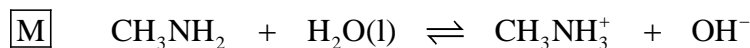
Γράφουμε τις αντιδράσεις ιοντισμού των δύο ασθενών βάσεων.



Ιοντιζ. x

Παράγ. $x \quad x$

και



Ιοντιζ. y

Παράγ. $y \quad y$

Στην ισορροπία έχουμε:

$$[\text{NH}_3] = (0,5 - x) \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{NH}_2] = (0,05 - y) \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = (x + y) \text{ M}$$

Για τη συγκέντρωση των ιόντων υδροξειδίου ισχύει:

$$\text{pH} = 11,5 \Rightarrow \text{pOH} = 2,5 \Rightarrow x + y = 10^{-2,5} .$$

Γράφουμε τις σχέσεις που προκύπτουν από τους πίνακες μεταβολών για τις δύο σταθερές ιοντισμού:

$$K_{b(\text{NH}_3)} = 10^{-5} = \frac{(x+y) \cdot x}{0,5-x} \approx \frac{(x+y) \cdot x}{0,5} \Rightarrow 0,5 \cdot 10^{-5} = (x+y) \cdot x$$

$$K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} = \frac{(x+y) \cdot y}{0,05-y} \approx \frac{(x+y) \cdot y}{0,05} \Rightarrow 0,05 \cdot K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} = (x+y) \cdot y$$

Προσθέτουμε τις δύο σχέσεις κατά μέλη:

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot 10^{-5} + 0,05 \cdot K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} &= (x + y) \cdot x + (x + y) \cdot y \Rightarrow 0,5 \cdot 10^{-5} + 0,05 \cdot K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} = (x + y)(x + y) \Rightarrow \\
 0,5 \cdot 10^{-5} + 0,05 \cdot K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} &= (x + y)^2 \Rightarrow 0,5 \cdot 10^{-5} + 0,05 \cdot K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} = (10^{-2,5})^2 \\
 0,5 \cdot 10^{-5} + 0,05 \cdot K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} &= 10^{-5} \Rightarrow K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)} = \frac{10^{-5} - 0,5 \cdot 10^{-5}}{0,05} = 10^{-4}.
 \end{aligned}$$

Υ)

Έστω ότι αναμιγνύουμε V_1 L HCl με V_2 L CH_3NH_2 .

Υπολογίζουμε τα αρχικά mol των ουσιών που αντιδρούν.

$$n(\text{HCl}) = 1 \cdot V_1 = V_1$$

$$n(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 1 \cdot V_2 = V_2$$

Για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα πρέπει να αντιδράσει όλη η ποσότητα του υδροχλωρίου.

Υπολογίζουμε τις ποσότητες στο τελικό διάλυμα:

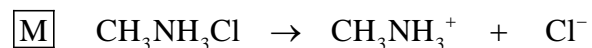


Αρχ.	V_1	V_2	
A./Π.	V_1	V_1	V_1
Τελ.	–	$V_2 - V_1$	V_1

Έστω $V_{\text{τελ.}}$ ο τελικός όγκος του διαλύματος. Υπολογίζουμε τις συγκεντρώσεις των ουσιών στο τελικό διάλυμα:

$$[\text{CH}_3\text{NH}_2] = \frac{V_2 - V_1}{V_{\text{τελ.}}} \quad \text{και} \quad [\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}] = \frac{V_1}{V_{\text{τελ.}}}$$

Το υδροχλωρικό άλας της μεθυλαμίνης δίσταται πλήρως:



Αρχ.	$\frac{V_1}{V_{\text{τελ.}}}$	$\frac{V_1}{V_{\text{τελ.}}}$	$\frac{V_1}{V_{\text{τελ.}}}$
------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Δίνεται ότι έχουμε ρυθμιστικό διάλυμα με $\text{pH} = 9$ και ισχύουν οι προσεγγίσεις, οπότε χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_{a(\text{CH}_3\text{NH}_3^+)} \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2]} \Rightarrow 10^{-9} = \frac{K_w}{K_{b(\text{CH}_3\text{NH}_2)}} \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2]} \Rightarrow$$

$$10^{-9} = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} \cdot \frac{\frac{V_1}{V_{\text{τελ.}}}}{\frac{V_2 - V_1}{V_{\text{τελ.}}}} \Rightarrow 10 = \frac{V_1}{V_2 - V_1} \Rightarrow 10V_2 = 11V_1 \Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{10}{11}}.$$

Άρα, πρέπει να αναμιγνύουμε 10 όγκους από το διάλυμα Δ1 με 11 όγκους από το διάλυμα Δ4, για να πάρουμε ρυθμιστικό διάλυμα με $\text{pH} = 9$.

Θέμα Δ

Δ1.

α) Παρατηρούμε ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας η απόδοση της αντίδρασης μειώνεται. Αυτό σημαίνει ότι μετατοπίζεται προς τα αριστερά. Οι αντιδράσεις που μετατοπίζονται αριστερά με την αύξηση της θερμοκρασίας είναι εξώθερμες. Επομένως, η σύνθεση της αμμωνίας είναι εξώθερμη.

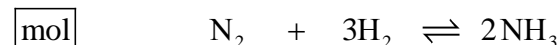
β) Από τη χημική εξίσωση διαπιστώνουμε ότι η σύνθεση της αμμωνίας ευνοείται από την αύξηση της πίεσης, αφού με αύξηση της πίεσης μετατοπίζεται προς τα δεξιά, όπου σχηματίζονται λιγότερα mol αερίων.

Από το διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι για την ίδια θερμοκρασία μεγαλύτερη απόδοση έχουμε σε πίεση P_2 . Επομένως ισχύει $P_2 > P_1$.

γ) Οι αρχικές συγκεντρώσεις όλων των σωμάτων είναι 4 M, επομένως :

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{(4)^2}{4 \cdot 4^3} = \frac{1}{16}.$$

Έστω ότι απαιτείται η προσθήκη k mol H_2 για να επιτευχθεί ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης της αμμωνίας. Για το χημικό σύστημα ισχύει:



Αρχ. Χ.Ι.	4		4		4
-----------	---	--	---	--	---

Μεταβολή			k		
----------	--	--	---	--	--

Αντ.	x		3x		
------	---	--	----	--	--

Παρ.					2x
------	--	--	--	--	----

Νέα Χ.Ι.	$(4-x)$		$(4+k-3x)$		$(4+2x)$
----------	---------	--	------------	--	----------

$$[\text{NH}_3]' = 2[\text{NH}_3] \Rightarrow \frac{4+2x}{1} = 2 \cdot \frac{4}{1} \Rightarrow x = 2.$$

Επειδή ο όγκος είναι 1 L στη νέα θέση ισορροπίας έχουμε:

$$[\text{N}_2]' = 2 \text{ M}, \quad [\text{NH}_3]' = 8 \text{ M}, \quad [\text{H}_2]' = (k-2) \text{ M}$$

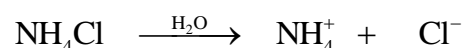
Η τιμή της K_c παραμένει ίδια, αφού δεν αλλάζει η θερμοκρασία, επομένως ισχύει:

$$\frac{1}{16} = \frac{([\text{NH}_3]')^2}{[\text{N}_2]' \cdot ([\text{H}_2]')^3} \Rightarrow \frac{1}{16} = \frac{(8)^2}{2 \cdot (k-2)^3} \Rightarrow (k-2)^3 = 8^3 \Rightarrow k-2 = 8 \Rightarrow k = 10.$$

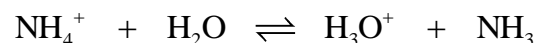
Πρέπει να προστεθούν 10 ml H_2 στο δοχείο.

Δ2.

α) Το διάλυμα στο βήμα 3 περιέχει μόνο NH_4Cl , το οποίο δίσταται:



Το Cl^- δεν αντιδρά με το νερό, αλλά το ιόν NH_4^+ είναι οξύ κατά Brønsted-Lowry και αντιδρά με το νερό σύμφωνα με την χημική εξίσωση:



Επομένως, το διάλυμα είναι όξινο, με pH μικρότερο του 7 και η φαινολοφθαλεΐνη θα έχει το χρώμα της όξινης μορφής (περιοχή pH αλλαγής χρώματος 8-10), άρα το διάλυμα θα είναι άχρωμο.

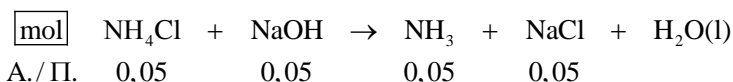
Β) Υπολογίζουμε την συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 σε χλωριούχο αμμώνιο:

$$M_r(\text{NH}_4\text{Cl}) = 14 + 4 + 35,5 = 53,5, \quad [\text{NH}_4\text{Cl}] = \frac{n}{V} = \frac{m}{V \cdot M_r} = \frac{10,7}{0,1 \cdot 53,5} = 2\text{M}.$$

Στα 25 ml που πήραν οι μαθητές περιέχονται:

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = C \cdot V = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,025 \text{ L} = 0,05 \text{ mol}.$$

Στο βήμα 4 έγινε πλήρης αντίδραση, επομένως:



Ο όγκος του διαλύματος Δ2 θα είναι το άθροισμα των όγκων του διαλύματος που είχε αρχικά η κωνική φιάλη συν τον όγκο του προτύπου διαλύματος NaOH που προσθέσαμε, ο οποίος είναι:

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{n}{C} = \frac{0,05}{2} \text{ L} = 0,025 \text{ L}.$$

Άρα το διάλυμα Δ2 έχει όγκο $V_{\Delta 2} = 0,025 \text{ L} + 0,025 \text{ L} = 0,05 \text{ L} = 50 \text{ mL}.$

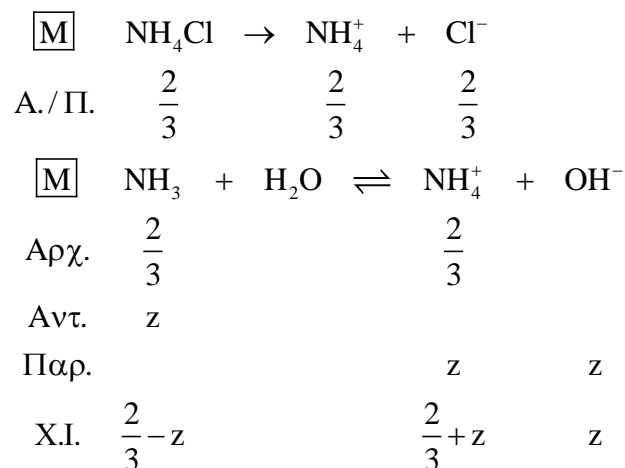
Για το διάλυμα Δ3, με βάση το βήμα 6, γνωρίζουμε τα εξής:

$$V_{\Delta 3} = V_{\Delta 2} + V_{\Delta 1, \text{ που προστέθηκε}} = 0,05 \text{ L} + 0,025 \text{ L} = 0,075 \text{ L} = 75 \text{ mL}.$$

$$n_{\text{NH}_3} = 0,05 \text{ mol και } [\text{NH}_3] = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,075 \text{ L}} = \frac{2}{3} \text{ M}.$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = C_{\Delta 1} \cdot V_{\text{προσθήκης}} = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,025 \text{ L} = 0,05 \text{ mol και } [\text{NH}_4\text{Cl}] = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,075 \text{ L}} = \frac{2}{3} \text{ M}.$$

Πρόκειται για ρυθμιστικό διάλυμα, για το οποίο έχουμε:



Αφού ισχύουν οι προσεγγίσεις θα έχουμε:

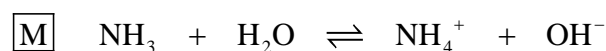
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_{a,\text{NH}_4^+} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow 10^{-9} = K_{a,\text{NH}_4^+} \cdot \frac{\frac{2}{3} + x}{\frac{2}{3} - x} \Rightarrow 10^{-9} \approx K_{a,\text{NH}_4^+} \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{2}{3}} \Rightarrow K_{a,\text{NH}_4^+} = 10^{-9}.$$

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

γ) Το μόνο συστατικό του διαλύματος Δ2 που επηρεάζει το pH είναι η αμμωνία, για την οποία έχουμε:

$$[\text{NH}_3] = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,05 \text{ L}} = 1 \text{ M}.$$

Γράφουμε τον ιοντισμό της αμμωνίας:



Αρχ. 1

Αντ. x

Παρ. x x

X.I. 1-x x x

$$K_b = \frac{x \cdot x}{1-x} \approx \frac{x^2}{1} \Rightarrow 10^{-5} = x^2 \Rightarrow x = 10^{-2.5}.$$

Άρα $\text{pOH} = 2,5 \Rightarrow \text{pH} = 11,5.$

Ημερομηνία τροποποίησης: 05/04/2021

Επιμέλεια: Βατούγιος Πέτρος - Χαρίτος Κωνσταντίνος

Επιστημονικός έλεγχος: Αποστολόπουλος Κωνσταντίνος - Γιαλούρης Παρασκευάς