

**ΑΣΚΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟ 4ο ΘΕΜΑ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ
1^{ης} ΚΑΙ 2^{ης} ΔΕΣΜΗΣ (ΙΟΥΝΙΟΣ 1990)**
(Ιοντισμός οξέος – Επίδραση κοινού ιόντος – Ρυθμιστικά διαλύματα)

Σε 110 ml διαλύματος αμμωνίας συγκεντρώσεως 0,1 M προστίθεται ποσότητα υδροχλωρικού οξέος και προκαλείται μεταβολή του pH του αρχικού διαλύματος κατά μία μονάδα.

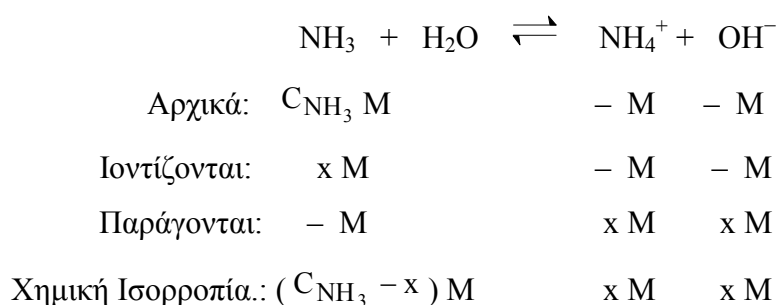
- i) Να βρεθεί το pH του διαλύματος της αμμωνίας πριν από την προσθήκη του υδροχλωρικού οξέος.
- ii) Να βρεθεί ο αριθμός των mol υδροχλωρίου, τα οποία προστέθηκαν στο διάλυμα της αμμωνίας.

Δίνονται:

- Η σταθερά διάστασης της αμμωνίας είναι $K_b = 10^{-5}$.
- Η σταθερά του γινομένου των συγκεντρώσεων των ιόντων του νερού είναι $K_w = 10^{-14}$.
- Θεωρείται ότι ο όγκος του διαλύματος της αμμωνίας δε μεταβάλλεται με την προσθήκη του υδροχλωρικού οξέος.
- Η υδρόλυση των ιόντων θεωρείται αμελητέα.
- Η K_b της αμμωνίας είναι μικρότερη από 10^{-4} και επομένως για την απλούστευση των υπολογισμών, πρέπει να γίνουν οι προσεγγίσεις, που υποδεικνύονται στις αντίστοιχες ασκήσεις του διδακτικού βιβλίου.

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗ ΛΥΣΗ

- i) Η NH_3 είναι ασθενής ηλεκτρολύτης και ιοντίζεται. Κατασκευάζουμε πίνακα με τις ποσότητες των σωμάτων εκφρασμένες σε M:



Η σταθερά ιοντισμού της NH_3 στους 25°C , K_b , είναι 10^{-5} , οπότε έχουμε:

$$K_b = 10^{-5} \Leftrightarrow \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 10^{-5} \Leftrightarrow$$

$$\frac{(x \text{ M}) \cdot (x \text{ M})}{(C_{\text{NH}_3} - x) \text{ M}} = 10^{-5} \Leftrightarrow$$

$$\frac{(x \text{ M})^2}{C_{\text{NH}_3} \text{ M}} = 10^{-5} \Leftrightarrow$$

$$\frac{(x \text{ M})^2}{0,1 \text{ M}} = 10^{-5} \Leftrightarrow x = 10^{-3} \text{ M}$$

Η ποσότητα της NH_3 που ιοντίζεται είναι πολύ μικρή, οπότε στους παραπάνω υπολογισμούς έγιναν προσεγγίσεις επειδή ισχύει:

$$\triangleright \frac{K_b}{(C_{\text{NH}_3} \text{ M})} = \frac{10^{-5}}{0,1} \leq 10^{-2}$$

Έτσι έχουμε:

$$[\text{NH}_3] = (C_{\text{NH}_3} - x) \text{ M} \approx C_{\text{NH}_3} \text{ M}$$

Η συγκέντρωση του $[\text{OH}^-]$ είναι πλέον γνωστή, οπότε μπορούμε να βρούμε τη συγκέντρωση του $[\text{H}_3\text{O}^+]$ από τη σταθερά του γινομένου των συγκεντρώσεων των ιόντων του νερού, K_w :

$$[\text{OH}^-] = x \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$$

Αλλά,

$$K_w = 10^{-14} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3} \text{ M}} \Leftrightarrow$$

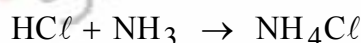
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-11} \text{ M}$$

Το pH του διαλύματος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 10^{-11} \Leftrightarrow \text{pH} = 11$$

Άρα, το pH του αρχικού διαλύματος είναι **11**.

ii) Έστω ότι προστέθηκαν k mol HCl στο διάλυμα της NH_3 . Κατά την ανάμιξη πραγματοποιείται η αντίδραση εξουδετέρωσης:



Υπολογίζουμε τις ποσότητες των σωμάτων που υπάρχουν στο διάλυμα NH_3 και την ποσότητα HCl σε mol:

$$n_{\text{HCl}} = k \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3} = CV = (0,1 \text{ M}) \cdot (0,110 \text{ L}) \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 0,011 \text{ mol}$$

Δεδομένου ότι το pH του αρχικού διαλύματος μειώνεται κατά μία μονάδα υπολογίζουμε το pH' του νέου διαλύματος, οπότε έχουμε:

$$\text{pH}' = \text{pH} - 1 = 11 - 1 \Leftrightarrow \text{pH}' = 10$$

Επειδή το τελικό διάλυμα είναι βασικό ($\text{pH}' = 10$) και αντιδρούν ισχυρό οξύ (HCl) με ασθενή βάση (NH_3), συμπεραίνουμε ότι περισσεύει NH_3 . Έτσι κατασκευάζουμε πίνακα με τις ποσότητες των σωμάτων εκφρασμένες σε mol μετά από την αντίδραση εξουδετέρωσης:

	HCl	+	NH_3	$\rightarrow$	NH_4Cl
Αρχικά:	k mol		0,011 mol		– mol
Αντιδρούν:	k mol		k mol		– mol
Παράγονται:	– mol		– mol		k mol
Τελικά:	– mol		(0,011 – k) mol		k mol

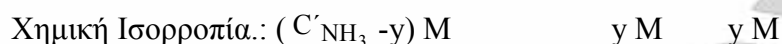
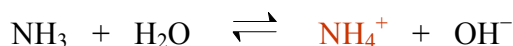
Βρίσκουμε τις νέες συγκεντρώσεις όλων των σωμάτων που περιέχονται στο τελικό διάλυμα, λαμβάνοντας υπόψη ότι δε μεταβάλλεται ο όγκος του αρχικού διαλύματος:

$$V = 0,11\text{L}$$

$$C'_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V} = \frac{(0,011 - k)\text{mol}}{0,11\text{L}} \Leftrightarrow C'_{\text{NH}_3} = \frac{0,011 - k}{0,11}\text{M}$$

$$C'_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{n_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{V} = \frac{k\text{mol}}{0,11\text{L}} \Leftrightarrow C'_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{k}{0,11}\text{M}$$

Γράφουμε την αντίδραση διάστασης του NH_4Cl και την αντίδραση ιοντισμού της NH_3 , κατασκευάζουμε πίνακα με τις ποσότητες των σωμάτων εκφρασμένες σε M και υπολογίζουμε τον αριθμό mol HCl που προστέθηκαν στο διάλυμα της NH_3 :



Το τελικό διάλυμα εμφανίζει $\text{pH}' = 10$, οπότε μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση του $[\text{H}_3\text{O}^+]$ που υπάρχει στο διάλυμα:

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

Η συγκέντρωση του $[\text{H}_3\text{O}^+]$ είναι πλέον γνωστή, οπότε μπορούμε να βρούμε τη συγκέντρωση του $[\text{OH}^-]$ από τη σταθερά του γινομένου των συγκεντρώσεων των ιόντων του νερού, K_w :

$$K_w = 10^{-14} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-10} \text{ M}} \Leftrightarrow$$

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

Η σταθερά ιοντισμού της NH_3 στους 25°C , K_b , είναι 10^{-5} , οπότε έχουμε:

$$K_b = 10^{-5} \Leftrightarrow \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 10^{-5} \Leftrightarrow$$

$$\frac{[(C'_{\text{NH}_4\text{Cl}} + y)M] \cdot (yM)}{(C'_{\text{NH}_3} - y)M} = 10^{-5} \Leftrightarrow$$

$$\frac{(C'_{\text{NH}_4\text{Cl}} M) \cdot (yM)}{C'_{\text{NH}_3} M} = 10^{-5} \Leftrightarrow$$

$$\frac{\left(\frac{k}{0,11} M\right) \cdot (10^{-4} M)}{\frac{0,011 - k}{0,11} M} = 10^{-5} \Leftrightarrow k = 10^{-3} \text{ mol}$$

Η ποσότητα της NH_3 που ιοντίζεται είναι πολύ μικρή, οπότε στους παραπάνω υπολογισμούς έγιναν προσεγγίσεις επειδή ισχύουν:

- $\frac{K_b}{(C'_{\text{NH}_3} M)} = \frac{10^{-5}}{0,9} \leq 10^{-2}$,
- Ο ιοντισμός της NH_3 περιορίζεται σημαντικά λόγω επίδρασης κοινού ιόντος (NH_4^+).

Έτσι έχουμε:

$$[\text{NH}_3] = (C'_{\text{NH}_3} - y)M \approx C'_{\text{NH}_3} M$$

$$[\text{NH}_4^+] = (C'_{\text{NH}_4\text{Cl}} + y)M \approx C'_{\text{NH}_4\text{Cl}} M$$

Η ποσότητα HCl που προστέθηκε στο διάλυμα της NH_3 είναι πλέον γνωστή:

$$n_{\text{HCl}} = k \text{ mol} \Leftrightarrow n_{\text{HCl}} = 10^{-3} \text{ mol}$$

Άρα, προστέθηκαν 10^{-3} mol HCl στο διάλυμα της NH_3 .

Λύση & Επιμέλεια: ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΑΝΔΡΟΥΛΑ

