

## Αντιδράσεις σε διάλυμα ισχυρής και ασθενούς βάσης

Σε 2 L νερό διαλύουμε 2,24 L αέριας αμμωνίας μετρημένα σε S.T.P. και προκύπτει διάλυμα  $\Delta_1$  όγκου  $V_1 = 2$  L.

**α.** Να βρεθεί το pH του διαλύματος  $\Delta_1$ .

Στο  $\Delta_1$  προσθέτουμε στερεό μίγμα Ca, Mg, μάζας  $m = 0,88$  g, και προκύπτει διάλυμα  $\Delta_2$  όγκου 2 L, το οποίο διαφέρει στο pH από το  $\Delta_1$  κατά 1 μονάδα.

**β.** Να βρείτε την σύσταση του μίγματος Ca, Mg, και τον βαθμό ιοντισμού της  $\text{NH}_3$ .

Στο  $\Delta_2$  προσθέτουμε διάλυμα  $\text{HCl}$  συγκέντρωσης  $C_{\text{HCl}} = \frac{16}{300} \text{ M}$ . Μέχρι να γίνουν όλες οι δυνατές αντιδράσεις καταναλώσαμε από το διάλυμα του  $\text{HCl}$  όγκο  $V_2$ .

Στο διάλυμα  $\Delta_3$  (της ανάμιξης του  $\Delta_2$  και του διαλύματος του  $\text{HCl}$ ) που προκύπτει, να βρεθεί:

**γ.** Ο όγκος  $V_2$  του διαλύματος του  $\text{HCl}$  και το pH.

Σε κάποιες από τις παραπάνω αντιδράσεις που πραγματοποιήθηκαν είχαμε παραγωγή αερίου

**δ.** Να βρεθεί ο συνολικός όγκος που ελευθερώθηκε μετρημένος σε S.T.P.

Δίνεται για την  $\text{NH}_3$   $K_b = 2 \cdot 10^{-5}$  και  $K_w = 10^{-14}$ ,  $\text{Ar}(\text{Mg}) = 24$ ,  $\text{Ar}(\text{Ca}) = 40$

Όλα τα διαλύματα είναι υδατικά και βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ .

Τα δεδομένα επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις.

### Λύση

**α.** Τα 2,24 L αμμωνίας είναι  $n_{\text{NH}_3} = \frac{V_{\text{STP}}}{22,4} \Rightarrow$  και η συγκέντρωση της αμμωνίας στο διάλυμα είναι:

$$C_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_1} \Rightarrow C_{\text{NH}_3} = 0,05 \text{ M} = C_1$$

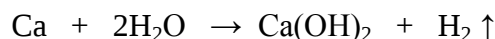
Για τον ιοντισμό της αμμωνίας έχουμε:

|               |               |   |                      |                      |                 |   |               |
|---------------|---------------|---|----------------------|----------------------|-----------------|---|---------------|
|               | $\text{NH}_3$ | + | $\text{H}_2\text{O}$ | $\rightleftharpoons$ | $\text{NH}_4^+$ | + | $\text{OH}^-$ |
| αρχικά (M)    | $C_1$         |   |                      |                      |                 |   |               |
| ιοντ./παρ (M) | $-x$          |   |                      |                      | $x$             |   | $x$           |
| ισορ. (M)     | $C_1 - x$     |   |                      |                      | $x$             |   | $x$           |

$$\text{Άρα } K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow K_b = \frac{x^2}{C_1 - x} \Rightarrow K_b = \frac{x^2}{C_1} \Rightarrow x = \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{x = 10^{-3} \text{ M}}$$

Άρα  $\text{pOH}_1 = 3$  και  $\mathbf{\text{pH}_1 = 11}$ .

**β.** Κατά την προσθήκη Ca και Mg, μόνο το Ca αντιδρά με το  $\text{H}_2\text{O}$  και έχουμε:



$n_1$   $n_1$   $n_1$

Έστω  $C_2$  η συγκέντρωση του Ca και  $\text{Ca(OH)}_2$ .

|            |                   |               |                  |   |                |
|------------|-------------------|---------------|------------------|---|----------------|
|            | $\text{Ca(OH)}_2$ | $\rightarrow$ | $\text{Ca}^{2+}$ | + | $2\text{OH}^-$ |
| αρχικά (M) | $C_2$             |               |                  |   |                |
| τελ. (M)   | —                 |               | $C_2$            |   | $2C_2$         |

|               |               |   |                      |                      |                 |   |               |
|---------------|---------------|---|----------------------|----------------------|-----------------|---|---------------|
|               | $\text{NH}_3$ | + | $\text{H}_2\text{O}$ | $\rightleftharpoons$ | $\text{NH}_4^+$ | + | $\text{OH}^-$ |
| αρχικά (M)    | $C_1$         |   |                      |                      |                 |   |               |
| ιοντ./παρ (M) | $-x'$         |   |                      |                      | $x'$            |   | $x'$          |
| ισορ. (M)     | $C_1 - x'$    |   |                      |                      | $x'$            |   | $x'$          |

Αφού το pH κατά μία μονάδα με την προσθήκη βάσης το νέο pH θα είναι  $\text{pH}_2 = 12$  και συνεπώς η  $[\text{OH}^-] = 10^{-2} \text{ M}$ . Η παραπάνω ποσότητα προέρχεται από το  $\text{Ca(OH)}_2$  και από την  $\text{NH}_3$  της οποίας η ισορροπία έχει μετατοπιστεί προς τα αριστερά λόγω Ε.Κ.Ι. Άρα  $[\text{OH}^-] = 2C_2 + x' \approx 2C_2 \Rightarrow 10^{-2} = 2C_2 \Rightarrow \mathbf{C_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}}$ .

Για την μάζα του Ca έχουμε:  $C_2 = \frac{n_{\text{Ca}}}{V_1} = \frac{m_{\text{Ca}}}{\text{Ar}_{\text{Ca}} V_1} \Rightarrow m_{\text{Ca}} = C_2 \text{Ar}_{\text{Ca}} V_1 \Rightarrow \mathbf{m_{\text{Ca}} = 0,4 \text{ g}}$  και επειδή

$$m_{\text{Ca}} + m_{\text{Mg}} = 0,88 \text{ g} \Rightarrow \mathbf{m_{\text{Mg}} = 0,48 \text{ g}}$$

Ο βαθμός ιοντισμού της  $\text{NH}_3$  είναι  $\alpha = \frac{x'}{C_1}$  (1) και  $K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow K_b = \frac{x'[\text{OH}^-]}{C_1 - x'} \Rightarrow K_b = \frac{x'[\text{OH}^-]}{C_1} \stackrel{(1)}{\Rightarrow}$

$$K_b = \alpha \cdot [\text{OH}^-] \Rightarrow \alpha = 2 \cdot 10^{-3}$$

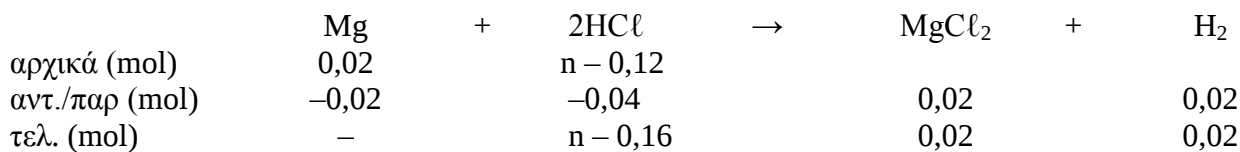
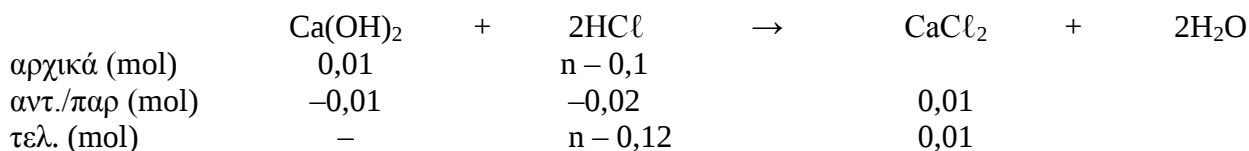
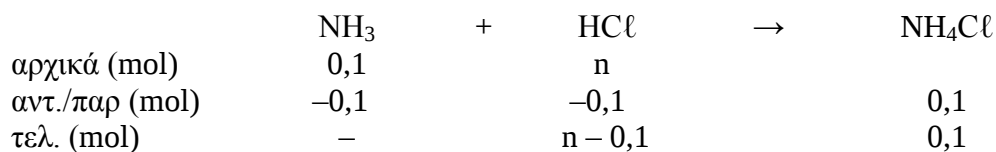
γ. Τα mol των συστατικών του Δ<sub>2</sub> είναι:

$$\text{NH}_3 \quad n_{\text{NH}_3} = 0,1 \text{ mol}$$

$$\text{Ca} \quad n_1 = n_{\text{Ca}} = \frac{0,4}{40} \Rightarrow n_{\text{Ca}} = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{Mg} \quad n_2 = n_{\text{Mg}} = \frac{0,48}{24} \Rightarrow n_{\text{Mg}} = 0,02 \text{ mol}$$

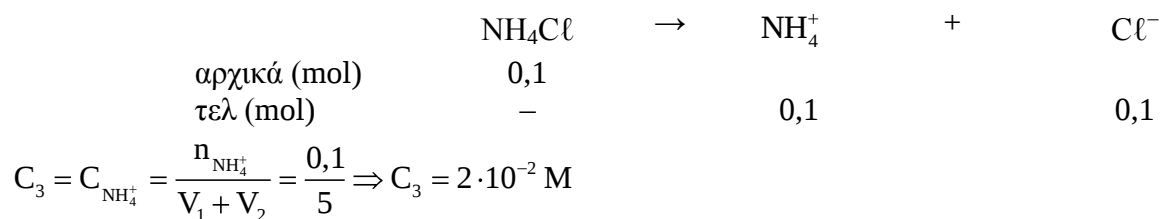
Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι:



Εφόσον το διάλυμα του  $\text{HCl}$  είναι το απαιτούμενο για όλες τις αντιδράσεις θα πρέπει στο τέλος να έχει εξαντληθεί όλο άρα:  $n - 0,16 = 0 \Rightarrow \mathbf{n = 0,16 \text{ mol}}$

Έτσι ο όγκος του διαλύματος  $\text{HCl}$  που καταναλώθηκε είναι:  $C_{\text{HCl}} = \frac{n}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{n}{C_{\text{HCl}}} = \frac{0,16}{\frac{16}{300}} \Rightarrow \mathbf{V_2 = 3 \text{ L}}$

Από τα συστατικά του Δ<sub>3</sub> ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) μόνο το  $\text{NH}_4\text{Cl}$  περιέχει ηλεκτρολύτη που αντιδρά με το νερό οπότε έχουμε:



|               |                 |   |                      |                      |               |   |                        |
|---------------|-----------------|---|----------------------|----------------------|---------------|---|------------------------|
|               | $\text{NH}_4^+$ | + | $\text{H}_2\text{O}$ | $\rightleftharpoons$ | $\text{NH}_3$ | + | $\text{H}_3\text{O}^+$ |
| αρχικά (M)    | $C_3$           |   |                      |                      |               |   |                        |
| ιοντ./παρ (M) | $-y$            |   |                      |                      | $y$           |   | $y$                    |
| ισορ. (M)     | $C_3 - y$       |   |                      |                      | $y$           |   | $y$                    |

Για την σταθερά έχουμε:  $K_{a(\text{NH}_4^+)} = \frac{K_w}{K_{b(\text{NH}_3)}} = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow K_{a(\text{NH}_4^+)} = \frac{10^{-9}}{2}$  και τελικά:

$$K_{a(\text{NH}_4^+)} = \frac{y^2}{C_3 - y} = \frac{y^2}{C_3} \Rightarrow \frac{10^{-9}}{2} = \frac{y^2}{2 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathbf{y = 10^{-5,5} \text{ M}}$$

Άρα  $\mathbf{pH_3 = 5,5}$ .

**δ.** Το παραγόμενο αέριο είναι το υδρογόνο και παράγεται από την αντίδραση του Ca 0,01 mol και από την αντίδραση του Mg 0,02 mol, όπως είδαμε παραπάνω.

Άρα  $n_{\text{ολ}} = 0,03 \text{ mol}$  και  $n_{\text{ολ}} = \frac{V_{\text{STP}}}{22,4} \Rightarrow \mathbf{V_{\text{STP}} = 0,672 \text{ L}}$ .