

SỰ ĐIỆN LI CỦA NƯỚC - pH VÀ CHẤT CHỈ THỊ AXIT- BAZƠ

1. Tóm tắt lý thuyết

1.1. Nước là chất điện li rất yếu

a. Sự điện li của nước

- Nước là chất điện rất yếu.
- Phương trình điện li: $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

b. Tích số ion của nước

- Ở 25°C, hằng số $K_{\text{H}_2\text{O}}$ gọi là tích số ion của nước.

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+]. [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$\rightarrow [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$$

- Nước là môi trường trung tính, nên môi trường trung tính là môi trường trong đó $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$

c. Ý nghĩa tích số ion của nước

*Trong môi trường axit

Ví dụ: Tính $[\text{H}^+]$ và $[\text{OH}^-]$ của dung dịch HCl 10^{-3} M.



$$10^{-3} \text{ M} \rightarrow 10^{-3} \text{ M}$$

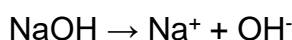
$$\Rightarrow [\text{H}^+] = [\text{HCl}] = 10^{-3} \text{ M}$$

$$\Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ M}$$

$$\Rightarrow [\text{H}^+] > [\text{OH}^-] \text{ hay } [\text{H}^+] > 10^{-7} \text{ M.}$$

*Trong môi trường bazơ

Ví dụ: Tính $[\text{H}^+]$ và $[\text{OH}^-]$ của dung dịch NaOH 10^{-5} M



$$10^{-5} \text{ M} \rightarrow 10^{-5} \text{ M}$$

$$\Rightarrow [\text{OH}^-] = [\text{NaOH}] = 10^{-5} \text{ M}$$

$$\Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} M$$

$$\Rightarrow [OH^-] > [H^+]$$

* Kết luận

Vậy $[H^+]$ là đại lượng đánh giá độ axit, độ bazơ của dung dịch.

Mt trung tính: $[H^+] = 10^{-7} M$

Mt bazơ : $[H^+] < 10^{-7} M$

Mt axit: $[H^+] > 10^{-7} M$

1.2. Khái niệm về pH, chất chỉ thị axit bazơ

a. Khái niệm pH

Dung dịch được sử dụng nhiều thường có $[H^+]$ trong khoảng 10^{-1} à $10^{-14} M$. Để tránh ghi giá trị $[H^+]$ với số mũ âm, người ta dùng pH.

Công thức: $[H^+] = 10^{-pH} M$ hay $pH = -\lg [H^+]$

Nếu $[H^+] = 10^{-a} M$ thì $pH = a$

Ví dụ:

$[H^+] = 10^{-3} M \Rightarrow pH=3$ môi trường axit

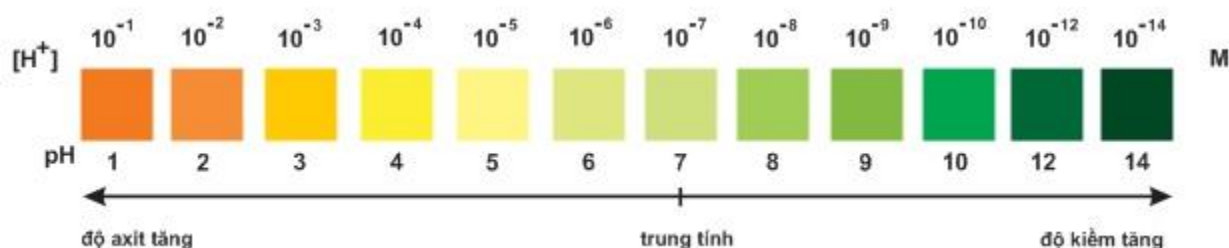
$[H^+] = 10^{-11} M \Rightarrow pH = 11$: môi trường bazơ

$[H^+] = 10^{-7} M \Rightarrow pH = 7$: môi trường trung tính.

b. Chất chỉ thị Axit - bazơ

- Là chất có màu biến đổi phụ thuộc vào giá trị pH của dung dịch

- Ví dụ: Quỳ tím, phenolphthalein



Hình 1: Màu của chất chỉ thị vạn năng

(Thuốc thử MERCK của Đức) ở các giá trị pH khác nhau

2. Bài tập minh họa

2.1. Dạng 1: Tính pH của dung dịch axit – bazơ mạnh

Trộn 10g dung dịch HCl 7,3% với 20g dung dịch H₂SO₄ 4,9% rồi thêm nước để được 100ml dung dịch A. Tính pH của dung dịch A.

Hướng dẫn giải

Số mol HCl là $n_{\text{HCl}} = 10 \cdot 7,3 / 100 \cdot 36,5 = 0,02 \text{ mol}$

Số mol H₂SO₄ là $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 20 \cdot 4,9 / 100 \cdot 98 = 0,01 \text{ mol}$

Phương trình điện li: $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

Tổng số mol H⁺ là $n_{\text{H}^+} = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ mol}$

$C_M(\text{H}^+) = 0,04 / 0,1 = 0,4 \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 0,4$

2.2. Dạng 2: Tính pH của dung dịch axit – bazơ yếu

Hoà tan 1,07g NH₄Cl vào nước được 2 lít dung dịch X.

a. Tính pH của dung dịch X biết hằng số phân li bazơ của NH₃ là $1,8 \cdot 10^{-5}$.

b. Nếu thêm vào dung dịch X 100 ml dd HCl 0,01M được dd Y. Tính pH của dd Y?

Hướng dẫn giải

a. $n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 1,07 / 53,5 = 0,02 \Rightarrow C_M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,02 / 2 = 0,01 \text{ M}$

Phương trình điện li:

$\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$

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

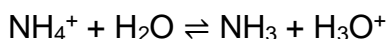
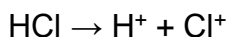
Ban đầu 0,01

Điện li: x x x

Sau điện li: 0,01-x x x

$K_b = x^2 / (0,01 - x) = 1,8 \cdot 10^{-5} \Rightarrow x = 4,24 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \text{pH} = 3,37$

b. Phương trình điện li:



Ban đầu 0,01 0,001

Điện ly x x x

Sau điện li: 0,01-x x x+0,001

$$K_b = \frac{(x \cdot (x+0,001))}{(0,01-x)} = 1,8 \cdot 10^{-5} \Rightarrow x = 3,69 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \text{pH} = 3,43$$

2.3. Dạng 3: Sử dụng định luật bảo toàn điện tích

Bài 1: Cho 500 ml dung dịch X có các ion và nồng độ tương ứng như sau:

Na^+ 0,6M ; SO_4^{2-} 0,3M ; NO_3^- 0,1M ; K^+ aM.

a) Tính a?

b) Tính khối lượng chất rắn khan thu được khi cô cạn dung dịch X.

c) Nếu dung dịch X được tạo nên từ 2 muối thì 2 muối đó là muối nào? Tính khối lượng mỗi muối cần hòa tan vào nước để thu được 1 lít dung dịch có nồng độ mol của các ion như trong dung dịch X.

Hướng dẫn giải

a. Áp dụng định luật bảo toàn điện tích ta có: $0,6 \cdot 1 + a = 0,3 \cdot 2 + 0,1 \cdot 1 \Rightarrow a = 0,1$

b. $m = m_{\text{Na}^+} + m_{\text{K}^+} + m_{\text{NO}_3^-} + m_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,3 \cdot 23 + 0,05 \cdot 39 + 0,05 \cdot 62 + 0,15 \cdot 96 = 26,35 \text{ g}$.

c. Dung dịch được tạo từ 2 muối là Na_2SO_4 và KNO_3

$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 142 \cdot 0,3 = 42,6 \text{ gam}$; $m_{\text{KNO}_3} = 0,1 \cdot 101 = 10,1 \text{ gam}$.

Bài 2: Trong 2 lít dung dịch A chứa 0,2 mol Mg^{2+} ; x mol Fe^{3+} ; y mol Cl^- và 0,45 mol SO_4^{2-} . Cô cạn dung dịch X thu được 79 gam muối khan.

a) Tính giá trị của x và y?

b) Biết rằng để thu được A người ta đã hòa tan 2 muối vào nước. Tính nồng độ mol/lít của mỗi muối trong A.

Hướng dẫn giải

a. Áp dụng định luật bảo toàn điện tích ta có: $2 \cdot 0,2 + 3 \cdot x = 2 \cdot 0,45 + y$ hay $3x - y = 0,5$ (1)

Cô cạn dung dịch được 79 gam muối khan: $0,2 \cdot 24 + 56 \cdot x + 35,5 \cdot y + 0,45 \cdot 96 = 79$

$$\Leftrightarrow 56x + 35,5y = 31 \quad (2)$$

Từ (1),(2) ta có: $x = 0,3$ và $y = 0,4$.

b. Dung dịch A có 2 muối là: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ và MgCl_2

$$C_M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,15 \text{ M}; C_M(\text{MgCl}_2) = 0,2 \text{ M}$$

2.4. Dạng 4: Bài toán về pha loãng, pha trộn dung dịch các chất điện li để đạt được pH định trước

Trộn 3 dung dịch H_2SO_4 0,1M ; HNO_3 0,2M ; HCl 0,3M với thể tích bằng nhau thu được dung dịch A . Lấy 300 ml dung dịch A tác dụng với dung dịch B gồm NaOH 0,2M và $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,1M. Tính thể tích dung dịch B cần dùng để sau khi phản ứng kết thúc thu được dung dịch có pH = 1. Coi $\text{Ba}(\text{OH})_2$ và H_2SO_4 phân li hoàn toàn ở 2 nấc.

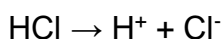
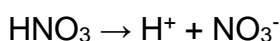
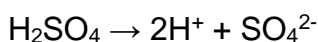
Hướng dẫn giải

Sau khi trộn 3 dung dịch axit có thể tích bằng nhau ta thu được nồng độ mới của 3 axit là:

$$C_M(\text{HCl}) = 0,1 \text{ M}; C_M(\text{HNO}_3) = 0,2/3; C_M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1/3$$

Trong 300 ml dung dịch A: $n_{\text{HCl}} = 0,03 \text{ mol}$; $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,01 \text{ mol}$; $n_{\text{HNO}_3} = 0,02 \text{ mol}$

Phương trình điện li:

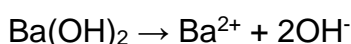
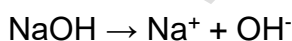


Tổng mol H^+ là $n_{\text{H}^+} = 0,07 \text{ mol}$

Gọi x là thể tích của dung dịch B cần dùng.

$$n_{\text{NaOH}} = 0,2x; n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 0,1x$$

Phương trình điện li:



Tổng số mol OH^- là: $n_{\text{OH}^-} = 0,4x$

Ta có: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (Sau phản ứng pH = 1 => dư axit)

$$\text{Ban đầu: } 0,07 \quad 0,4x$$

Pư: $0,4x \quad 0,4x$

Sau pư: $0,07-0,4x \quad 0$

$(0,07-0,4x)/(x+0,3) = 0,1 \Rightarrow x = 0,08$ lít

3. Luyện tập

3.1. Bài tập tự luận

Câu 1: Cho 10 ml dung dịch X chứa HCl 1M và H₂SO₄ 0,5M. thể tích dung dịch NaOH 1M cần để trung hòa dung dịch X là?

Câu 2: Dung dịch A có chứa 5 ion :Mg²⁺, Ba²⁺, Ca²⁺ và 0,1 mol Cl⁻ và 0,2 mol NO₃⁻. Thêm dần V ml dung dịch K₂CO₃ 1M vào dung dịch A đến khi thu được lượng kết tủa lớn nhất. V có giá trị là?

Câu 3: Trộn 200 ml dung dịch gồm HCl 0,1M và H₂SO₄ 0,15M với 300 ml dung dịch Ba(OH)₂ nồng độ aM, thu được m gam kết tủa và 500 ml dung dịch có pH = 1. Giá trị của a và m lần lượt là?

Câu 4: Cho 300 ml dung dịch chứa H₂SO₄ 0,1M, HNO₃ 0,2M và HCl 0,3 M tác dụng với V ml dung dịch NaOH 0,2 M và KOH 0,29M thu được dung dịch có pH = 2. Giá trị của V là?

Câu 5: Trộn V₁ lít dung dịch H₂SO₄ có pH = 3 với 2 lít dung dịch NaOH có pH = 12, thu được dung dịch mới có pH = 4. Tỷ số V₁ : V₂ có giá trị là?

3.2. Bài tập trắc nghiệm

Câu 1: Dung dịch có pH = 7 là:

- A. NH₄Cl.
- B. CH₃COONa.
- C. C₆H₅ONa.
- D. KClO₃.

Câu 2: Khi hòa tan trong nước, chất nào sau đây làm cho quỳ tím chuyển màu xanh ?

- A. NaCl.
- B. NH₄Cl.
- C. Na₂CO₃.
- D. FeCl₃.

Câu 3: Hãy cho biết dãy các dung dịch nào sau đây có khả năng đổi màu quỳ tím sang đỏ (hồng)?

- A. CH_3COOH , HCl và BaCl_2 .
- B. NaOH , Na_2CO_3 và Na_2SO_3 .
- C. H_2SO_4 , NaHCO_3 và AlCl_3 .
- D. NaHSO_4 , HCl và AlCl_3 .

Câu 4: Cho các dung dịch muối: Na_2CO_3 (1), NaNO_3 (2), NaNO_2 (3), NaCl (4), Na_2SO_4 (5), CH_3COONa (6), NH_4HSO_4 (7), Na_2S (8). Những dung dịch muối làm quỳ hoá xanh là:

- A. (1), (2), (3), (4).
- B. (1), (3), (5), (6).
- C. (1), (3), (6), (8).
- D. (2), (5), (6), (7).

Câu 5: Cho các muối sau đây: NaNO_3 ; K_2CO_3 ; CuSO_4 ; FeCl_3 ; AlCl_3 ; KCl . Các dung dịch có $\text{pH} = 7$ là:

- A. NaNO_3 ; KCl .
- B. K_2CO_3 ; CuSO_4 ; KCl .
- C. CuSO_4 ; FeCl_3 ; AlCl_3 .
- D. NaNO_3 ; K_2CO_3 ; CuSO_4 .

4. Kết luận

Sau bài học cần nắm:

- Khái niệm Tích số ion của nước, về pH, chất chỉ thị axit - bazơ
- Đánh giá độ axit và độ kiềm của các dung dịch theo nồng độ ion H^+ và pH
- Xác định màu của một số chất chỉ thị trong khoảng pH khác nhau.