

Chương 2: Phương pháp chuẩn độ axit-bazơ

II.1. Cân bằng axit – bazơ trong nước

2.1. Phản ứng axit – bazơ

- Thuyết axit – bazơ của Bronsted-Lowry
- Cặp axit-bazơ liên hợp A/B
- Phản ứng axit-bazơ là phản ứng trao đổi H^+ giữa 2 cặp axit-bazơ liên hợp

39

2.2. Hằng số axit, hằng số bazơ, tích số ion của nước

2.2.3. Tích số ion của nước – K_{nc}

H_2O là một chất lưỡng tính:

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

Hằng số cân bằng K_{cb} :

$$K_{cb} = \frac{[H_3O^+].[OH^-]}{[H_2O]^2}$$

$K_{cb}.[H_2O]^2 = [H_3O^+].[OH^-] = \text{const} = K_{nc}$

K_{nc} tích số ion của nước (phụ thuộc vào nhiệt độ)

Ở $25^\circ C$: $K_{nc} = 10^{-14}$ hay $pK_{nc} = 14$

42

2.2. Hằng số axit, hằng số bazơ, tích số ion của nước

2.2.1. Hằng số axit – K_a

Xét một dung dịch axit:

$$A + H_2O \rightleftharpoons B + H_3O^+$$

Hằng số cân bằng K_{cb} :

$$K_{cb} = \frac{[B].[H_3O^+]}{[A].[H_2O]} \quad (1)$$

$$K_{cb}.[H_2O] = \frac{[B].[H_3O^+]}{[A]} = K_a$$

K_a là hằng số axit; $pK_a = -\log K_a$

K_a đặc trưng cho độ mạnh, yếu của axit

40

2.2. Hằng số axit, hằng số bazơ, tích số ion của nước

2.2.4. Mối quan hệ giữa hằng số axit và hằng số bazơ của một cặp axit-bazơ liên hợp

$$K_a.K_b = \frac{[B].[H_3O^+]}{[A]} \cdot \frac{[A].[OH^-]}{[B]} = K_{nc} = 10^{-14}$$

$$pK_a + pK_b = 14$$

Với một cặp axit-bazơ liên hợp, axit càng mạnh thì bazơ càng yếu và ngược lại

43

2.2. Hằng số axit, hằng số bazơ, tích số ion của nước

2.2.2. Hằng số bazơ – K_b

Xét một dung dịch bazơ:

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

Hằng số cân bằng K_{cb} :

$$K_{cb} = \frac{[BH^+].[OH^-]}{[B].[H_2O]} \quad (2)$$

$$K_{cb}.[H_2O] = \frac{[BH^+].[OH^-]}{[B]} = K_b$$

K_b là hằng số bazơ; $pK_b = -\log K_b$

K_b đặc trưng cho độ mạnh, yếu của bazơ

41

2.3. Tính pH của các dung dịch axit-bazơ

2.3.1. Phương trình bảo toàn proton

Số mol proton các axit cho luôn bằng số mol proton các bazơ nhận

44

• Ví dụ 1:

$$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$$

– PTBT proton: $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$

$$\text{OH}^- \xleftarrow{-\text{H}^+} \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{+\text{H}^+} \text{H}_3\text{O}^+$$

45

• Ví dụ 4: dung dịch NH_3

– Các cân bằng:

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

$$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$$

– PTBT proton: ($\text{NH}_3, \text{H}_2\text{O}$)

$$[\text{OH}^-] = [\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+]$$

• Ví dụ 5: dung dịch CN^- , CH_3COO^-

– Các cân bằng:

$$\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$$

$$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$$

$$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$$

– PTBT proton: ($\text{CN}^-, \text{CH}_3\text{COO}^-, \text{H}_2\text{O}$)

$$[\text{HCN}] + [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$$

48

• Ví dụ 2: dung dịch HCl có nồng độ C (mol/L)

– Trong dd tồn tại 2 cân bằng:

$$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$$

PTBT proton:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-]$$

$$= [\text{OH}^-] + C$$

Diagram showing the proton transfer from HCl and H₂O to H₃O⁺ and Cl⁻, and the autoionization of water.

46

2.3. Tính pH của các dung dịch axit-bazơ

2.3.2. pH của dung dịch hệ đơn axit-bazơ trong nước

49

• Ví dụ 3: dung dịch hỗn hợp HCl (C_1) và CH_3COOH (C_2)

– Các cân bằng trong dung dịch

$$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$$

$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$$

PTBT proton:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

Diagram showing the proton transfer from HCl and CH₃COOH to H₃O⁺, and the autoionization of water.

47

a. pH của dung dịch axit mạnh

– Giả sử dung dịch axit mạnh HA, nồng độ C_a :

$$\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$$

– Hoặc viết dưới dạng:

$$\text{HA} \rightarrow \text{A}^- + \text{H}^+$$

$$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$$

– PT bảo toàn proton:

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-] + [\text{OH}^-] = C_a + [\text{OH}^-]$$

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

$$\rightarrow [\text{H}^+]^2 - C_a[\text{H}^+] - K_{\text{H}_2\text{O}} = 0$$

$$\Rightarrow [\text{H}^+] = \dots \quad (*)$$

50

– **Biện luận:** $[H^+] = [A^-] + [OH^-] = C_a + [OH^-]$

- Nếu $C_a \geq 10^{-6}M \rightarrow [OH^-] \ll C_a$ khi đó:
 $[H^+] = C_a$
- Nếu $C_a \leq 10^{-8}M \rightarrow C_a \ll [OH^-]$ khi đó:
 $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$
- Nếu $10^{-8}M < C_a < 10^{-6}M \rightarrow$ **giải phương trình bậc 2 (*)**

- **VD1:** Tính pH của dung dịch HCl trong trường hợp $10^{-3}M, 10^{-7}M, 10^{-9}M$
- **VD2:** Tính pH của dung dịch HCl 14% ($d = 1,054$ g/ml)
 ĐS: pH = - 0,61

51

c. pH của dung dịch hỗn hợp axit-bazơ liên hợp

- Giả sử dung dịch chứa hỗn hợp axit yếu HA, nồng độ C_a và muối NaA (A^-) nồng độ C_b
- Trong dung dịch này có các cân bằng:
 $NaA \rightarrow Na^+ + A^-$
 $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$
 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$
- PT trung hòa điện:
 $[H^+] + [Na^+] = [A^-] + [OH^-]$
- Pt bảo toàn khối lượng:
 $C_a + C_b = [HA] + [A^-]$
- Pt hằng số axit:
 $K_a = \frac{[H^+].[A^-]}{[HA]}$
 $\Rightarrow [H^+] = K_a \frac{C_a - [H^+] + [OH^-]}{C_b + [H^+] - [OH^-]}$ (CTTQ II.1)

54

b. pH của dung dịch bazơ mạnh

- **BOH có nồng độ C_b**
- Cân bằng trong dung dịch:
 $BOH \rightarrow B^+ + OH^-$
 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$
- PT bảo toàn proton:
 $[OH^-] = [H^+] + [B^+] = [H^+] + C_b$
 $[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]}$
 $\rightarrow [H^+]^2 + C_b.[H^+] - K_{H_2O} = 0$ (**)
 $\Rightarrow [H^+] = \dots$

52

Biện luận:

- Xét trường hợp dung dịch mang tính axit
- Nếu $K_a \frac{C_a}{C_b} \gg 10^{-7}$ tức là $[H^+] \gg [OH^-]$ thì:
 $\Rightarrow [H^+] = K_a \frac{C_a - [H^+]}{C_b + [H^+]}$
- Nếu $C_a, C_b \gg [H^+] \gg [OH^-]$ thì:
 $\Rightarrow [H^+] = K_a \frac{C_a}{C_b}$ hay $pH = pK_a - \lg \frac{C_a}{C_b}$

55

- **Biện luận:**
- Nếu $C_b \geq 10^{-6}M \rightarrow pOH = -\log C_b$
- Nếu $C_b \leq 10^{-8}M \rightarrow pOH = 7$
- Nếu $10^{-8}M < C_b < 10^{-6}M \rightarrow$ **giải pt bậc 2 (**)**

- **VD1:** Tính pH của dung dịch NaOH trong trường hợp $10^{-3}M, 3 \times 10^{-7}M, 10^{-9}M$
- **VD2:** Tính pH của dung dịch NaOH 9% ($d = 1,098$ g/ml)
 ĐS: pH = 14,39

53

Biện luận:

- Xét trường hợp dung dịch mang tính bazơ:
- Nếu $K_a \frac{C_a}{C_b} \ll 10^{-7}$ tức là $[H^+] \ll [OH^-]$ thì:
 $\Rightarrow [H^+] = K_a \frac{C_a + [OH^-]}{C_b - [OH^-]}$ hay $[OH^-] = K_b \frac{C_b - [OH^-]}{C_a + [OH^-]}$
- **giải pt bậc 2**
- Nếu $C_a, C_b \gg [OH^-] \gg [H^+]$ thì:
 $\Rightarrow [H^+] = K_a \frac{C_a}{C_b}$ hay $pH = pK_a - \lg \frac{C_a}{C_b}$

56

- **VD1:** Tính pH của dung dịch hỗn hợp CH_3COOH 10^{-4}M và CH_3COONa 10^{-3}M . Biết axit CH_3COOH có $K_a=10^{-4.75}$
- **VD2:** Hòa tan 9,20 g axit lactic (90,08 g/mol) và 11,15 g natri lactat (112,06 g/mol) trong nước và pha loãng tới 1 lit. Tính pH của dung dịch, biết có axit lactic có $K_a=1,38 \times 10^{-4}$

57

- **Ví dụ 1:** Tính pH của dung dịch CH_3COOH 0,1M; $pK_a = 4,75$
- **Ví dụ 2:** Tính pH của dung dịch NH_4Cl 0,1M; biết NH_3 có $pK_b = 4,75$
- **Ví dụ 3:** Tính pH của dung dịch axit salixilic 10^{-3}M có $pK_a = 3$

60

d. pH của dung dịch đơn axit yếu

- Giả sử dung dịch axit yếu HA, nồng độ C_a
- Dung dịch có cân bằng:

$$\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$$

$$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$$
- Áp dụng CTTQ II.1 với $C_b = 0$ ta có:

$$\Rightarrow [\text{H}^+] = K_a \frac{C_a - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}{[\text{H}^+] - [\text{OH}^-]}$$

58

e. pH của dung dịch đơn bazơ yếu

- Giả sử dung dịch bazơ B, nồng độ C_b
- Trong dung dịch có 2 cân bằng:

$$\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BH}^+ + \text{OH}^-$$

$$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$$
- Áp dụng CTTQ II.1 với $C_a = 0$ ta có:

$$[\text{H}^+] = K_a \frac{[\text{OH}^-] - [\text{H}^+]}{C_b - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]} \text{ hay } [\text{OH}^-] = K_b \frac{C_b - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]}{[\text{OH}^-] - [\text{H}^+]}$$

- Tương tự như trường hợp bazơ yếu, xét

61

d. pH của dung dịch đơn axit yếu

- Nếu coi sự phân ly của axit và nước là không đáng kể tức là $[\text{OH}^-] \ll [\text{H}^+] \ll C_a$

$$\Rightarrow [\text{H}^+] = K_a \frac{C_a}{[\text{H}^+]} \longrightarrow [\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C_a)$$

- Nếu coi sự phân ly của nước là không đáng kể, $[\text{OH}^-] \ll [\text{H}^+]$

$$\Rightarrow [\text{H}^+] = K_a \frac{C_a - [\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$$

→ giải pt bậc 2

59

e. pH của dung dịch đơn bazơ yếu

- Nếu coi sự phân ly của bazơ và nước là không đáng kể tức là $[\text{H}^+] \ll [\text{OH}^-] \ll C_b$

$$\Rightarrow [\text{OH}^-] = K_b \frac{C_b}{[\text{OH}^-]} \longrightarrow [\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$$

$$pOH = \frac{1}{2}(pK_b - \log C_b) \text{ hay } pH = 7 + \frac{1}{2}(pK_a + \log C_b)$$

- Nếu coi sự phân ly của nước là không đáng kể, $[\text{H}^+] \ll [\text{OH}^-]$

$$\Rightarrow [\text{OH}^-] = K_b \frac{C_b - [\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]}$$

→ giải pt bậc 2

62

- **VD1:** Tính pH của dung dịch NH_3 0,1M; biết NH_3 có $pK_b = 4,75$
- **VD2:** Tính pH của dung dịch NH_3 10^{-4}M ; biết NH_3 có $pK_b = 4,75$
- **VD3:** Tính pH của dung dịch natri hipoclorit NaOCl 10^{-4}M , biết HClO có $K_a = 3,0 \times 10^{-8}$

63

f. pH của dung dịch hỗn hợp 2 axit

- **Ví dụ 1:** Tính pH của hỗn hợp gồm HCl 0,1M và CH_3COOH 0,1M; $pK_a = 4,75$

66

f. pH của dung dịch hỗn hợp 2 axit

❖ **Hỗn hợp 2 axit mạnh:** HA_1 (C_1) và HA_2 (C_2)

– Trong dung dịch:

$$[\text{H}^+]_{\text{dd}} = [\text{H}^+]_{\text{HA}_1} + [\text{H}^+]_{\text{HA}_2} + [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$= C_1 + C_2 + [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$$

– Nếu $C_1 + C_2 \geq 10^{-6}\text{M} \rightarrow [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$ nhỏ, bỏ qua

$$\rightarrow \text{pH} = -\log(C_1 + C_2)$$

– Nếu $C_1 + C_2 \leq 10^{-8}\text{M} \rightarrow [\text{H}^+]_{\text{axit}}$ nhỏ, bỏ qua

$$\rightarrow \text{pH} = 7$$

– Nếu $10^{-8}\text{M} < C_1 + C_2 < 10^{-6}\text{M}$

→ Giữ nguyên và giải pt bậc 2

64

g. pH của dung dịch hỗn hợp axit-bazơ không liên hợp

- Giả sử dung dịch chứa hỗn hợp axit yếu HA_1 , nồng độ C_A và muối NaA_2 (A_2) nồng độ C_B
- Trong dung dịch này có các cân bằng:



– PT BT proton:

$$[\text{H}^+] + [\text{HA}_2] = [\text{A}_1^-] + [\text{OH}^-]$$

Biên luận:– Nếu $[\text{H}^+]$ và $[\text{OH}^-]$ không đáng kể thì:

$$[\text{HA}_2] = [\text{A}_1^-]$$

hay:

$$\frac{C_B [\text{H}^+]}{K_{a2} + [\text{H}^+]} = \frac{C_A K_{a1}}{K_{a1} + [\text{H}^+]}$$

67

f. pH của dung dịch hỗn hợp 2 axit

❖ **Hỗn hợp của một axit mạnh HA_1 (C_1) và một axit yếu HA_2 (C_2 , K_a):**

$$[\text{H}^+]_{\text{dd}} = [\text{H}^+]_{\text{HA}_1} + [\text{H}^+]_{\text{HA}_2} + [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$$

– Thường trong dung dịch axit H^+ do nước phân ly không đáng kể → bỏ qua

$$[\text{H}^+] = C_1 + [\text{H}^+]_{\text{HA}_2}$$

- Nếu $C_1 \geq C_2 \rightarrow \text{H}^+$ do axit yếu phân ly không đáng kể → bỏ qua

$$[\text{H}^+]_{\text{dd}} = C_1$$

- Nếu $C_1 \ll C_2 \rightarrow$ không bỏ qua axit yếu

65

g. pH của dung dịch hỗn hợp axit-bazơ không liên hợp

- Nếu $C_A = C_B$ thì:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{a1} K_{a2}} \text{ hay } \text{pH} = \frac{1}{2}(pK_{a1} + pK_{a2})$$

- Nếu $C_A \neq C_B$ và $C_A = mC_B$ thì:

$$\frac{[\text{H}^+]}{K_{a2} + [\text{H}^+]} = \frac{mK_{a1}}{K_{a1} + [\text{H}^+]}$$

68

- **VD1:** Tính pH của dung dịch NH_4CN 0,1M; biết $\text{p}K_{\text{b},\text{NH}_3} = 4,75$ và $\text{p}K_{\text{a},\text{HCN}} = 9,21$

69

a. pH của dung dịch chất lưỡng tính

- Trường hợp có thể coi các quá trình (2), (3) và (4) là rất yếu thì chấp nhận $[\text{HA}^-] = C_0$, ta có:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{a}1}(K_{\text{a}2}C_0 + K_{\text{w}})}{K_{\text{a}1} + C_0}}$$

- Nếu $\begin{cases} C_0 \gg K_{\text{a}1} \\ K_{\text{a}2}C_0 \gg K_{\text{w}} \end{cases} \rightarrow [\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{a}1}K_{\text{a}2}}$ hay $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_{\text{a}1} + \text{p}K_{\text{a}2})$

- **VD 1:** Tính pH của dung dịch NaHCO_3 0,1M; axit H_2CO_3 có $K_{\text{a}1} = 10^{-6,35}$ và $K_{\text{a}2} = 10^{-10,33}$
- **VD 2:** Tính pH của dung dịch Na_2HPO_4 0,1M; axit H_3PO_4 có $K_{\text{a}1} = 10^{-2,15}$, $K_{\text{a}2} = 10^{-7,20}$ và $K_{\text{a}3} = 10^{-12,38}$

72

2.3. Tính pH của các dung dịch axit-bazơ

2.3.3. pH của dung dịch hệ đa axit-bazơ trong nước

70

2.3. Tính pH của các dung dịch axit-bazơ

2.3.3. pH của dung dịch hệ đa axit-bazơ trong nước

b. pH của dung dịch đa axit

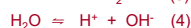
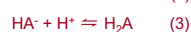
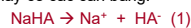
- Đa axit là axit mà phân tử phân ly lần lượt theo nhiều nấc, ứng với mỗi nấc có một hằng số axit riêng.
- Nói chung proton tách ra khỏi tiểu phân của nấc trước dễ dàng hơn ở nấc sau, do đó hằng số phân li của nấc sau thường nhỏ hơn của nấc trước

73

a. pH của dung dịch chất lưỡng tính

- Giả sử dung dịch chứa muối NaHA , nồng độ C_0 và 2 hằng số axit của H_2A là $K_{\text{a}1}$, $K_{\text{a}2}$

- Trong dung dịch này có các cân bằng:



- Pt bảo toàn proton:

$$[\text{H}^+] + [\text{H}_2\text{A}] = [\text{A}^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}^+] = K_{\text{a}2} \frac{[\text{HA}^-]}{[\text{H}^+]} + \frac{K_{\text{w}}}{[\text{H}^+]} - \frac{[\text{H}_2\text{A}][\text{H}^+]}{K_{\text{a}1}}$$

- Trường hợp có thể coi các quá trình (2), (3) và (4) là rất yếu thì chấp nhận $[\text{HA}^-] = C_0$, ta có:

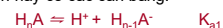
$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{a}2}K_{\text{a}1}C_0 + K_{\text{w}}K_{\text{a}1}}{K_{\text{a}1} + C_0}}$$

71

b. pH của dung dịch đa axit

- Giả sử dung dịch đa axit H_nA , nồng độ C_A và các hằng số axit của H_nA là $K_{\text{a}1}$, $K_{\text{a}2}$, ..., $K_{\text{a}n}$

- Trong dung dịch này có các cân bằng:



- Nếu:



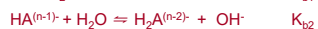
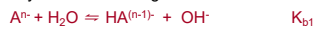
- thì coi đa axit là một đơn axit yếu với hằng số axit $K_{\text{a}1}$.

74

c. pH của dung dịch đa bazơ

– Giả sử dung dịch đa axit Na_nA (A^{n-}), nồng độ C_0 và các hằng số axit của H_nA là $K_{a1}, K_{a2}, \dots, K_{an}$

– Trong dung dịch này có các cân bằng:



...



– Nếu:



thì coi đa bazơ là một đơn bazơ yếu với hằng số bazơ K_{b1} .

75

2.4.3. Hệ gồm các dạng H_nA , H_{n-1}A^- , ... và A^{n-}

Hằng số phân ly theo từng nấc của axit H_nA là $K_{a1}, K_{a2}, \dots, K_{an}$ và

$$C_0 = [\text{H}_n\text{A}] + [\text{H}_{n-1}\text{A}^-] + \dots + [\text{A}^{n-}]$$

Tương tự ta có:

$$[\text{H}_n\text{A}] = C_0 \frac{[\text{H}^+]^n}{[\text{H}^+]^n + K_{a1}[\text{H}^+]^{n-1} + K_{a1}K_{a2}[\text{H}^+]^{n-2} + \dots + K_{a1}K_{a2}\dots K_{an}}$$

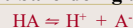
$$[\text{H}_{n-1}\text{A}^-] = C_0 \frac{K_{a1}[\text{H}^+]^{n-1}}{[\text{H}^+]^n + K_{a1}[\text{H}^+]^{n-1} + K_{a1}K_{a2}[\text{H}^+]^{n-2} + \dots + K_{a1}K_{a2}\dots K_{an}}$$

$$[\text{A}^{2-}] = C_0 \frac{K_{a1}K_{a2}[\text{H}^+]^{n-2}}{[\text{H}^+]^n + K_{a1}[\text{H}^+]^{n-1} + K_{a1}K_{a2}[\text{H}^+]^{n-2} + \dots + K_{a1}K_{a2}\dots K_{an}}$$

...

$$[\text{A}^{n-}] = C_0 \frac{K_{a1}K_{a2}\dots K_{an}}{[\text{H}^+]^n + K_{a1}[\text{H}^+]^{n-1} + K_{a1}K_{a2}[\text{H}^+]^{n-2} + \dots + K_{a1}K_{a2}\dots K_{an}}$$

78

2.4. Tính nồng độ các thành phần của dung dịch axit-bazơ ở pH xác định**2.4.1. Hệ gồm axit-bazơ đơn giản HA và A^-** 

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Đặt nồng độ chung,

$$C_0 = [\text{HA}] + [\text{A}^-]$$

$$C_0 = [\text{HA}]\left(1 + \frac{K_a}{[\text{H}^+]}\right)$$

$$[\text{HA}] = C_0 \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+] + K_a}$$

$$[\text{A}^-] = C_0 \frac{K_a}{[\text{H}^+] + K_a}$$

76

2.5. Dung dịch đệm pH**2.4.1. Định nghĩa**

- Dung dịch đệm là dung dịch có pH thay đổi không đáng kể (pH ổn định) khi thêm một lượng nhỏ axit mạnh hoặc bazơ mạnh.

- VD: dung dịch hỗn hợp CH_3COOH và CH_3COONa

- Những dung dịch có khả năng đệm:

Dung dịch chứa cặp axit-bazơ liên hợp

Dung dịch hỗn hợp muối của đa axit ($\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$, ...)

79

2.4.2. Hệ gồm các dạng H_2A , HA^- và A^{2-}

Hằng số phân ly của axit H_2A là K_{a1}, K_{a2} và

$$C_0 = [\text{H}_2\text{A}] + [\text{HA}^-] + [\text{A}^{2-}]$$

Tương tự ta có:

$$[\text{H}_2\text{A}] = C_0 \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^2 + K_{a1}[\text{H}^+] + K_{a1}K_{a2}}$$

$$[\text{HA}^-] = C_0 \frac{K_{a1}[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]^2 + K_{a1}[\text{H}^+] + K_{a1}K_{a2}}$$

$$[\text{A}^{2-}] = C_0 \frac{K_{a1}K_{a2}}{[\text{H}^+]^2 + K_{a1}[\text{H}^+] + K_{a1}K_{a2}}$$

77

2.4.2. Đệm năng

- Khả năng duy trì sự ổn định pH của một dung dịch đệm được đặc trưng bởi thông số gọi là dung lượng đệm (đệm năng), kí hiệu là β .

- Đệm năng được định nghĩa bằng số mol của một bazơ mạnh (hoặc 1 axit mạnh) cần thêm vào 1 lit dung dịch đệm để pH của nó tăng lên (hoặc giảm đi) 1 đơn vị.

$$\beta = \frac{db}{dpH} = -\frac{da}{dpH}$$

Trong đó, db và da lần lượt là số mol bazơ mạnh và axit mạnh cần thêm vào 1 lit dung dịch đệm để pH của nó tăng lên hay giảm đi dpH.

80

2.4.2. Đệm nãng

- Với dung dịch đệm là hỗn hợp axit yếu HA nồng độ C_A và bazơ liên hợp (muối) NaA nồng độ C_B ;

$$C_A + C_B = C$$

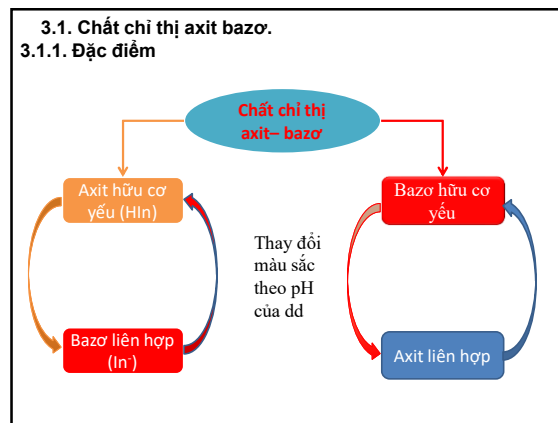
và giả thiết $C_A, C_B \gg [H^+], [OH^-]$ ta có:

$$\beta = 2,3 \frac{CK_a[H^+]}{([H^+] + K_a)^2} = 2,3 \frac{C_A C_B}{C}$$

Hệ quả:

- β_{max} khi $C_A = C_B = 0,5C$
- Với C_A/C_B không đổi, β tỉ lệ thuận với C
- Với $C = const$, tỉ số C_A/C_B càng khác 1 thì β càng nhỏ

81



84

- **VD 1:** Tính nồng độ của hỗn hợp đệm (C) $CH_3COOH + CH_3COONa$ có pH = 5 để khi thêm 0,25 mol HCl vào 1 lit dung dịch đệm đó, thì pH của nó không giảm quá 0,5 đơn vị.

82

3.1.1. Đặc điểm

- ✓ Thường là các axit (bazơ) yếu
- ✓ Màu **axit** khác màu **bazơ** liên hợp
- ✓ Màu chất phụ thuộc pH dung dịch
- ✓ Kí hiệu: HInd hoặc IndOH
- ✓ Trong nước, CCT có cân bằng phân ly như sau:

$$HInd \rightleftharpoons H^+ + Ind^- \quad K_{a,HInd}$$

$$IndOH \rightleftharpoons Ind^+ + OH^- \quad K_{b,Ind}$$

85

II.2. Chuẩn độ axit-bazơ

3.1. Chất chỉ thị axit-bazơ

83

3.1.2. Khoảng pH đổi màu của chất chỉ thị

Xét chất chỉ thị dạng HInd

$$HInd \rightleftharpoons H^+ + Ind^-$$

Màu dạng axit Màu dạng bazơ

$$K_{a,CCT} = \frac{[H^+].[Ind^-]}{[HInd]} \rightarrow pH = pK_{a,CCT} - \log \frac{[HInd]}{[Ind^-]}$$

- ✓ Khi pH thay đổi thì tỉ lệ $[HInd]/[Ind^-]$ thay đổi, dung dịch có màu của dạng nào tồn tại chủ yếu trong dung dịch.
- ✓ Mắt thường chỉ phân biệt được sự thay đổi màu khi tỉ lệ $[HInd]/[Ind^-]$ trong khoảng 1/10 ÷ 10.
- ✓ $pH = pK_{a,CCT} \pm 1$, gọi là khoảng pH đổi màu của CCT

86

3.1.2. Khoảng pH đổi màu của chất chỉ thị

- ✓ $pH \geq pK_{HInd} + 1$: dd có màu của dạng bazơ
- ✓ $pH \leq pK_{HInd} - 1$: dd có màu của dạng axit
- ✓ Chỉ số định phân pT là giá trị pH tại đó chất chỉ thị đổi màu rõ nhất. Thường thấy, giá trị pT trùng với giá trị pK_a của chất chỉ thị.

87

3.1.3. Một số chất chỉ thị thường gặp

- ✓ Đối với loại CCT chỉ có một màu, thì màu của dung dịch sẽ nồng độ của dạng mang màu quyết định (HInd hoặc Ind⁻).
- ✓ Với CCT HInd nồng độ C_0 , dạng axit HInd không màu; nếu gọi C là giá trị nồng độ Ind⁻ cần đạt tới để ta nhận ra màu của nó, thì pH của dung dịch tại đó màu của Ind⁻ bắt đầu xuất hiện là:

$$pH = pK_{a,CCT} - \log \frac{C_0 - C}{C}$$

- ✓ Như vậy, pH làm đổi màu CCT phụ thuộc vào nồng độ CCT.

90

3.1.3. Một số chất chỉ thị thường gặp

Chất chỉ thị	Khoảng chuyển màu	Màu axit	Màu bazơ
Thymol xanh	1,2 – 2,8	Đỏ	Vàng
Metyl vàng	2,9 – 4,0	Đỏ	Vàng
Metyl da cam	3,1 – 4,4	Đỏ	Cam
Metyl đỏ	4,4 – 6,2	Đỏ	Vàng
Bromphenol xanh	3,0 – 4,6	Vàng	Tím
Cresol đỏ	7,2 – 8,8	Vàng	Đỏ
Phenolphthalein	8 – 10	Không màu	Đỏ

88

3.1.4. Cách chọn chất chỉ thị

- **Cách 1:** Tính pH tại điểm tương đương của phép chuẩn độ, sau đó chọn những chất chỉ thị có pT lân cận với pH tại ĐTD, hoặc $pH_{ĐTD}$ nằm trong khoảng đổi màu.
- **Cách 2:** Xây dựng đường chuẩn độ để tìm ra bước nhảy chuẩn độ sau đó chọn những chất chỉ thị có pT hoặc khoảng đổi màu nằm trong bước nhảy chuẩn độ đó. pT càng gần với $pH_{ĐTD}$ càng tốt.
- Đường chuẩn độ axit- bazơ là đường biểu diễn sự biến thiên pH theo lượng dung dịch chuẩn thêm vào trong quá trình chuẩn độ (lượng dung dịch có thể tính theo V).
- Bước nhảy chuẩn độ là khoảng sai số cho phép của phép chuẩn độ, thường là $\pm 0,1$ hoặc $0,2\%$.

91

Indicator	Low pH color	Transition pH range	High pH color
Gentian violet (Methyl violet 10E)	yellow	0.0–2.0	blue-violet
Leucomalachite green (first transition)	yellow	0.0–2.0	green
Leucomalachite green (second transition)	green	11.6–14	colorless
Thymol blue (first transition)	red	1.2–2.8	yellow
Thymol blue (second transition)	yellow	8.0–9.6	blue
Methyl yellow	red	2.9–4.0	yellow
Bromophenol blue	yellow	3.0–4.6	purple
Congo red	blue-violet	3.0–5.0	red
Methyl orange	red	3.1–4.4	yellow
Screened methyl orange (first transition)	red	0.0–3.2	grey
Screened methyl orange (second transition)	grey	3.2–4.2	green
Bromocresol green	yellow	3.8–5.4	blue
Methyl red	red	4.4–6.2	yellow
Azoferrin	red	4.5–8.3	blue
Bromocresol purple	yellow	5.2–6.8	purple
Bromothymol blue	yellow	6.0–7.6	blue
Phenol red	yellow	6.4–8.0	red
Neutral red	red	6.8–8.0	yellow
Naphtholphthalein	colorless to reddish	7.3–8.7	greenish to blue
Cresol Red	yellow	7.2–8.8	reddish-purple
Phenolphthalein	colorless	8.3–10.0	fuchsia
Thymolphthalein	colorless	9.3–10.5	blue
Aizanne Yellow R	yellow	10.2–12.0	red

89

3.1.5. Sai số trong phép chuẩn độ axit – bazơ

- Sai số do dụng cụ (pipet, buret, bình định mức) và sử dụng dụng cụ
- Sai số điểm cuối: xác định sai pH kết thúc chuẩn độ hay nói cách khác $pH_c \neq pH_{ĐTD}$.
- Sai số chỉ thị: là sai số do pT của chất chỉ thị không trùng với $pH_{ĐTD}$ → trường hợp do chọn sai CCT

92

3.1.5. Sai số trong phép chuẩn độ axit – bazơ

- Thường dùng sai số điểm cuối để chỉ sai số của phép chuẩn độ (s),

$$s = \frac{NV - N_0V_0}{N_0V_0} \cdot 100 = (F - 1) \cdot 100 (\%)$$

Trong đó:

- Đặt $F = NV/N_0V_0$, gọi là mức độ định phân (lượng chất cần xác định đã được chuẩn độ).
- V_0, N_0 lần lượt là thể tích và nồng độ của dung dịch chất định phân.
- V, N lần lượt là thể tích và nồng độ của dung dịch chất chuẩn thêm vào.

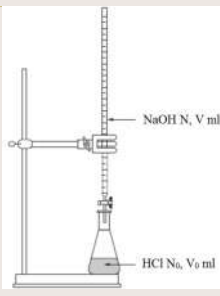
93

II.2. Chuẩn độ axit-bazơ

3.2. Các trường hợp chuẩn độ axit-bazơ

3.2.1. Chuẩn độ axit mạnh bằng bazơ mạnh và ngược lại

Giả sử chuẩn độ 100,0 ml dung dịch HCl 0,1 N bằng dung dịch NaOH 0,1N.



96

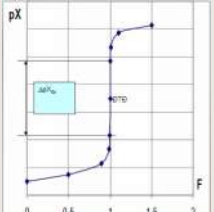
3.1.5. Sai số trong phép chuẩn độ axit – bazơ

- Đường chuẩn độ: là đường biểu diễn sự biến thiên nồng độ của 1 cấu tử nào đó trong phản ứng chuẩn độ theo lượng dung dịch chuẩn thêm vào (thể tích hoặc F).

VD: phản ứng chuẩn độ

$$-aX + bR \rightleftharpoons cP + dQ \quad K_{cb}$$

ΔpX_{dp} : bước nhảy chuẩn độ, là khoảng giá trị pX ứng với sai số cho phép của phép định phân,



$s = \pm 0,1\% (0,2\%)$ hay $F = 0,999 (0,998) - 1,001 (1,002)$.

94

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- Phản ứng chuẩn độ**

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

$$V_{td} = \frac{N_0V_0}{N} = \frac{C_0V_0}{C}$$

- Chưa định phân**

+ $V = 0$

+ **Chất quyết định pH của dd: HCl**

+ $pH = -\lg C_{HCl}$

- Bắt đầu định phân đến trước ĐTD**

+ $0 < V < V_{td}$

+ **Chất quyết định pH của dd: HCl còn lại**

+ $pH = -\lg C_{HCl} = -\lg \frac{C_0V_0 - CV}{V_0 + V}$

97

3.1.5. Sai số trong phép chuẩn độ axit – bazơ

- ĐTD thuộc ΔpX_{dp}

ΔpX_{dp} phụ thuộc vào N_X, N_R và K_{cb}

N_X, N_R càng nhỏ ΔpX_{dp} càng nhỏ và ngược lại

K_{cb} càng nhỏ ΔpX_{dp} càng nhỏ và ngược lại

- Bước nhảy chuẩn độ càng ngắn \rightarrow phát hiện ĐTD càng khó chính xác, CCT càng ít \rightarrow sai số của phép phân tích càng lớn và ngược lại.
- Thường chuẩn độ với N_X, N_R trong khoảng $0,01 \div 0,1N$

95

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- Tại ĐTD**

+ $V = V_{td}$

+ **Chất quyết định pH của dd: NaCl**

+ $pH = 7$

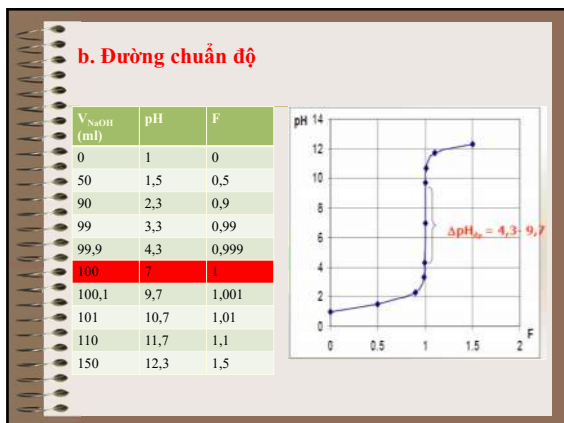
- Sau ĐTD**

+ $V > V_{td}$

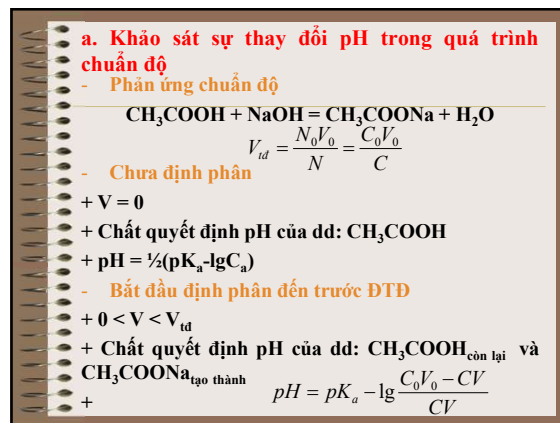
+ **Chất quyết định pH của dd: NaOH dư**

+ $pH = 14 + \lg C_{NaOH} = 14 + \lg \frac{CV - C_0V_0}{V_0 + V}$

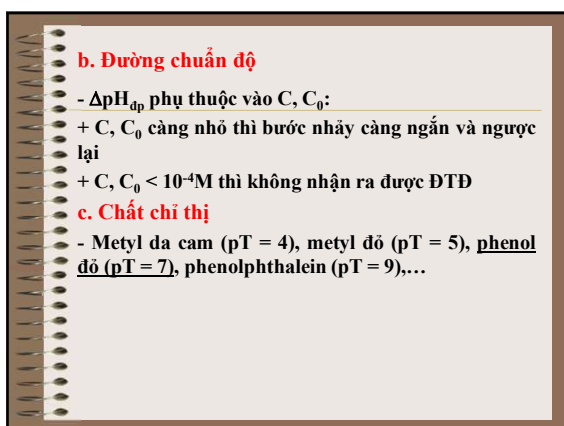
98



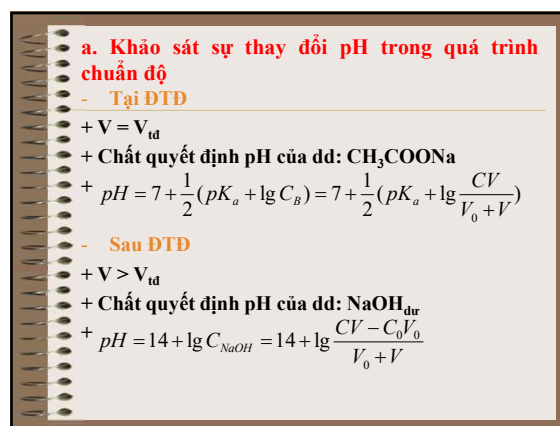
99



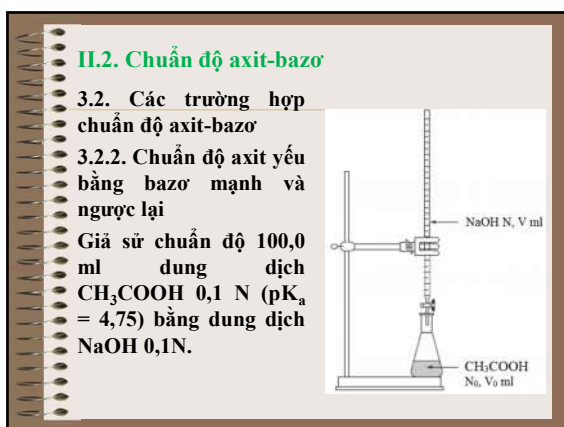
102



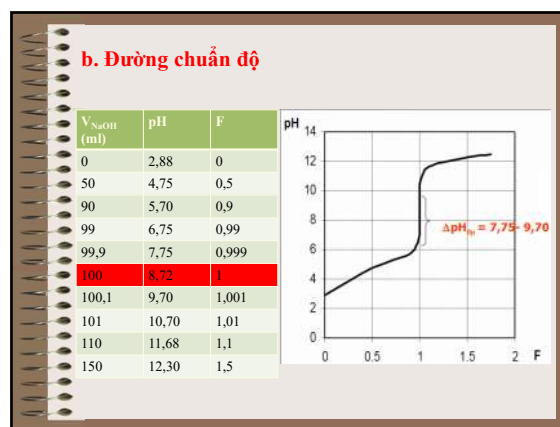
100



103



101



104

b. Đường chuẩn độ

- ΔpH_{dp} phụ thuộc vào C, C_0 :
- + C, C_0 càng nhỏ thì bước nhảy càng ngắn và ngược lại
- + K_a càng nhỏ thì bước nhảy càng ngắn và ngược lại
- + $C, C_0 < 10^{-4}M$ hoặc $K_a < 10^{-9}$ thì không nhận ra được ĐTD
- + $pH_{DTĐ} > 7$ nên chọn CCT có $pT > 7$

c. Chất chỉ thị

- phenolphthalein ($pT = 9$), ...

105

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- **Tại ĐTD**
- + $V = V_{td}$
- + **Chất quyết định pH của dd: NH_4Cl**
- + $pH = \frac{1}{2}(pK_a - \lg C_A) = \frac{1}{2}(pK_a - \lg \frac{CV}{V_0 + V})$
- **Sau ĐTD**
- + $V > V_{td}$
- + **Chất quyết định pH của dd: HCl_{dr}**
- + $pH = -\lg C_A = -\lg \frac{CV - C_0V_0}{V_0 + V}$

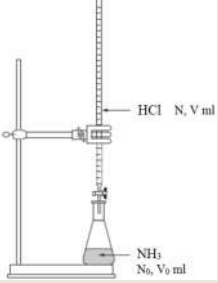
108

II.2. Chuẩn độ axit-bazơ

3.2. Các trường hợp chuẩn độ axit-bazơ

3.2.3. Chuẩn độ bazơ yếu bằng axit mạnh và ngược lại

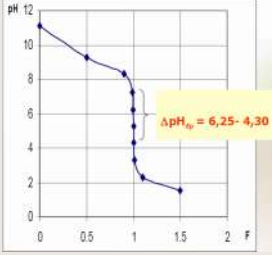
Giả sử chuẩn độ 100,0 ml dung dịch NH_4OH 0,1N ($pK_b = 4,75$) bằng dung dịch HCl 0,1 N.



106

b. Đường chuẩn độ

V_{HCl} (ml)	pH	F
0	11,13	0
50	9,25	0,5
90	8,30	0,9
99	7,25	0,99
99,9	6,25	0,999
100	5,28	1
100,1	4,30	1,001
101	3,30	1,01
110	2,28	1,1
150	1,52	1,5



109

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- **Phản ứng chuẩn độ**

$$NH_4OH + HCl \rightleftharpoons NH_4Cl + H_2O$$

$$V_{td} = \frac{N_0 V_0}{N} = \frac{C_0 V_0}{C}$$

- **Chưa định phân**
- + $V = 0$
- + **Chất quyết định pH của dd: NH_4OH**
- + $pH = 7 + \frac{1}{2}(pK_a + \lg C_B)$
- **Bắt đầu định phân đến trước ĐTD**
- + $0 < V < V_{td}$
- + **Chất quyết định pH của dd: NH_4OH còn lại và NH_4Cl tạo thành**
- + $pH = pK_a - \lg \frac{CV}{C_0V_0 - CV}$

107

b. Đường chuẩn độ

- ΔpH_{dp} phụ thuộc vào C, C_0 :
- + C, C_0 càng nhỏ thì bước nhảy càng ngắn và ngược lại
- + K_b càng nhỏ thì bước nhảy càng ngắn và ngược lại
- + $C, C_0 < 10^{-4}M$ hoặc $K_b < 10^{-9}$ thì không nhận ra được ĐTD
- + $pH_{DTĐ} < 7$ nên chọn CCT có $pT < 7$

c. Chất chỉ thị

- Metyl da cam ($pT = 4$), Metyl đỏ ($pT = 5$), ...

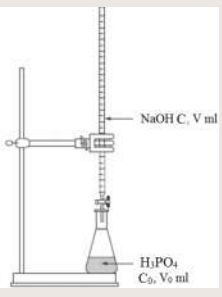
110

II.2. Chuẩn độ axit-bazơ

3.2. Các trường hợp chuẩn độ axit-bazơ

3.2.4. Chuẩn độ đa axit bằng bazơ mạnh và ngược lại

Giả sử chuẩn độ 100,0 ml dung dịch H_3PO_4 0,1M ($\text{p}K_{a1} = 2,15$; $\text{p}K_{a2} = 7,20$; $\text{p}K_{a3} = 12,38$) bằng dung dịch NaOH 0,1 M.



111

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- **Tại ĐTD1**
- + $V = V_{td1}$
- + Chất quyết định pH của dd: H_2PO_4^-
- + $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2})$
- **Sau ĐTD1 và trước ĐTD2**
- + $V_{td1} < V < V_{td2}$
- + Chất quyết định pH của dd: $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$
- **Tại ĐTD2**
- + $V = V_{td2}$
- + Chất quyết định pH của dd: HPO_4^{2-}
- + $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_{a2} + \text{p}K_{a3})$

114

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- **Phản ứng chuẩn độ**
- $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (1)
- $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (2)
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (3)
- $V_{td} = \frac{N_0 V_0}{N}$
- $V_{td1} = \frac{C_0 V_0}{C}$; $V_{td2} = \frac{2C_0 V_0}{C}$; $V_{td3} = \frac{3C_0 V_0}{C}$

112

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- **Sau ĐTD2 và trước ĐTD3**
- + $V_{td2} < V < V_{td3}$
- + Chất quyết định pH của dd: $\text{HPO}_4^{2-}/\text{PO}_4^{3-}$
- **Tại ĐTD3**
- + $V = V_{td3}$
- + Chất quyết định pH của dd: PO_4^{3-}
- + $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2}(\text{p}K_{a3} + \lg C_b) = 7 + \frac{1}{2}(\text{p}K_{a3} + \lg \frac{C_0 V_0}{V + V_0})$
- **Sau ĐTD3**
- + $V > V_{td3}$
- + Chất quyết định pH của dd: PO_4^{3-} , NaOH_{dr}

115

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- **Chưa định phân**
- + $V = 0$
- + Chất quyết định pH của dd: H_3PO_4
- + $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_{a1} - \lg C_A)$
- **Bắt đầu định phân đến trước ĐTD1**
- + $0 < V < V_{td1}$
- + Chất quyết định pH của dd: $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_2\text{PO}_4^-$

113

b. Chất chỉ thị

Thời điểm	pH	CCT
ĐTD1	4,68	Metyl đỏ (pT = 5); Metyl da cam (pT = 4)
ĐTD2	9,79	Phenolphthalein (pT = 9)
ĐTD3	12,39	

- Có 2 bước nhảy chuẩn độ tại ĐTD1 và ĐTD2; thể tích NaOH tiêu tốn cho mỗi bước nhảy là như nhau.
- Điều kiện để có bước nhảy $\Delta\text{pH}_{ĐTD(i)}$ khi chuẩn độ đa axit H_nA bằng bazơ mạnh: $\frac{K_{a(i)}}{K_{a(i+1)}} \geq 10^4$
- và $K_{a(i)} \geq 10^{-9}$.

116

c. Bài tập

Lấy 20,0 ml dd hỗn hợp HCl+H₃PO₄ cho vào bình nón.

- Thêm vài giọt CCT metyl đỏ rồi chuẩn độ bằng NaOH 0,1 N đến khi dd chuyển từ hồng nhạt sang vàng thì tiêu tốn hết 25,2 ml NaOH.
- Thêm vài giọt CCT phenolphthalein vào dung dịch trên rồi chuẩn độ tiếp tục đến lúc dung dịch chuyển vàng sang hồng nhạt thì tiêu tốn hết 10,2 ml NaOH.

a. Viết các phản ứng xảy ra trong quá trình chuẩn độ.
b. Tính nồng độ mol của HCl và H₃PO₄ trong hỗn hợp phân tích.

117

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- Chưa định phân

+ V = 0

+ Chất quyết định pH của dd: Na₂CO₃

+ pH = $7 + \frac{1}{2}(pK_{a1} + \lg C_B)$

- Bắt đầu định phân đến trước ĐTD1

+ 0 < V < V_{td1}

+ Chất quyết định pH của dd: HCO₃⁻/CO₃²⁻

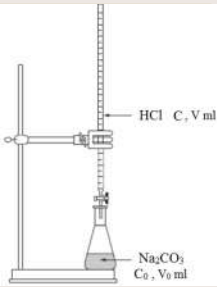
120

II.2. Chuẩn độ axit-bazơ

3.2. Các trường hợp chuẩn độ axit-bazơ

3.2.5. Chuẩn độ đa bazơ bằng axit mạnh và ngược lại

Giả sử chuẩn độ 100,0 ml dung dịch Na₂CO₃ 0,1M (H₂CO₃ có pK_{a1} = 6,35; pK_{a2} = 10,33) bằng dung dịch HCl 0,1 M.



118

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- Tại ĐTD1

+ V = V_{td1}

+ Chất quyết định pH của dd: HCO₃⁻

+ pH = $\frac{1}{2}(pK_{a1} + pK_{a2})$

- Sau ĐTD1 và trước ĐTD2

+ V_{td1} < V < V_{td2}

+ Chất quyết định pH của dd: H₂CO₃/HCO₃⁻

- Tại ĐTD2

+ V = V_{td2}

+ Chất quyết định pH của dd: H₂CO₃

+ pH = $\frac{1}{2}(pK_{a1} - \lg C_A) = \frac{1}{2}(pK_{a1} - \lg \frac{C_0 V_0}{V + V_0})$

121

a. Khảo sát sự thay đổi pH trong quá trình chuẩn độ

- Phản ứng chuẩn độ

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl} \quad (1)$$

$$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaCl} \quad (2)$$

$$V_{td} = \frac{N_0 V_0}{N}$$

$$V_{td1} = \frac{C_0 V_0}{C}; V_{td2} = \frac{2C_0 V_0}{C}$$

pK_{b1} = 14 - pK_{a2} = 3,67
pK_{b2} = 14 - pK_{a1} = 7,65

119

- Sau ĐTD3

+ V > V_{td2}

+ Chất quyết định pH của dd: H₂CO₃, HCl_{dur}

b. Chất chỉ thị

Thời điểm	pH	CCT
ĐTD1	8,34	Phenolphthalein (pT = 9)
ĐTD2	3,91	Metyl da cam (pT = 4)

Có 2 bước nhảy chuẩn độ tại ĐTD1 và ĐTD2; thể tích HCl tiêu tốn cho mỗi bước nhảy là như nhau.

122

c. Bài tập

Lấy 20,0 ml dd hỗn hợp NaOH+Na₂CO₃ cho vào bình nón.

- Thêm vài giọt CCT phenolphthalein rồi chuẩn độ bằng HCl 0,1 N đến khi dd mất màu hồng thì tiêu tốn hết 32,5 ml HCl.
- Thêm vài giọt CCT metyl da cam vào dung dịch trên rồi chuẩn độ tiếp tục đến lúc dung dịch chuyển vàng sang da cam thì tiêu tốn hết 10,3 ml HCl.

a. *Viết các phản ứng xảy ra trong quá trình chuẩn độ.*

b. *Tính nồng độ mol của NaOH và Na₂CO₃ trong hỗn hợp phân tích.*

123