

Bài  
51

## CHUẨN ĐỘ AXIT – BAZƠ

- Biết sự chuẩn độ, nguyên tắc của phương pháp chuẩn độ axit-bazơ, từ đó hiểu được một số ứng dụng của nó.

### I – PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH CHUẨN ĐỘ

Phương pháp phân tích chuẩn độ là phương pháp hoá học định lượng, dựa trên sự đo thể tích dung dịch thuốc thử có nồng độ đã biết phản ứng với một thể tích xác định dung dịch của chất có nồng độ chưa biết cần xác định. Cách xác định nồng độ của dung dịch đó gọi là **sự chuẩn độ**.

Trong phương pháp phân tích chuẩn độ, người ta dùng nhiều loại phản ứng hoá học như phản ứng trung hoà, phản ứng oxi hoá – khử và lấy tên của các loại phản ứng đó đặt tên cho phương pháp, nên ta có **phương pháp chuẩn độ axit – bazơ**, **phương pháp chuẩn độ oxi hoá – khử**.

**Chú ý :** Mỗi phép chuẩn độ tiến hành ba lần để lấy kết quả trung bình của ba lần đó.

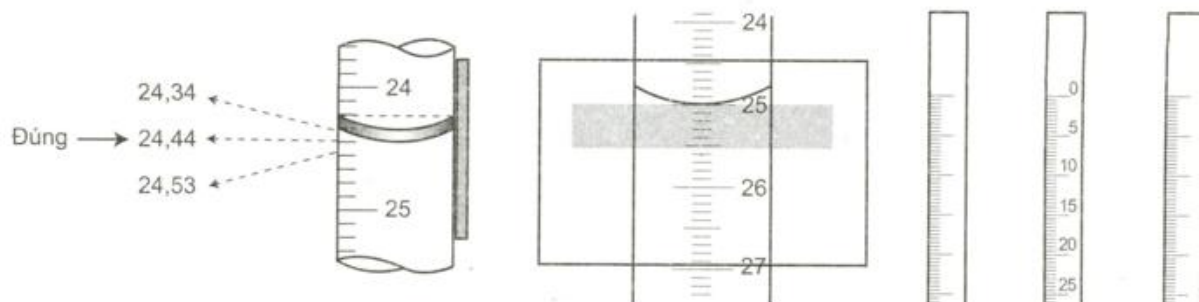
#### 1. Sự chuẩn độ

Trong phân tích chuẩn độ, dung dịch thuốc thử đã biết chính xác nồng độ gọi là **dung dịch chuẩn**. Khi chuẩn độ người ta thêm từ từ dung dịch chuẩn đựng trong buret vào dung dịch cần xác định nồng độ đựng trong bình tam giác. Thời điểm mà chất cần xác định nồng độ vừa tác dụng hết với dung dịch chuẩn gọi là **điểm tương đương**. Để nhận biết điểm tương đương, người ta dùng những chất gây ra những hiện tượng mà ta dễ quan sát được bằng mắt như sự đổi màu, sự xuất hiện kết tủa có màu hoặc làm đục dung dịch xảy ra tại điểm tương đương hoặc sát điểm tương đương, những chất đó gọi là **chất chỉ thị**. Chất chỉ thị cho phép ta ngừng thêm dung dịch chuẩn vào để kết thúc chuẩn độ. Thời điểm kết thúc chuẩn độ là **điểm cuối**.

Dựa vào phương trình hoá học của phản ứng chuẩn độ, thể tích, nồng độ dung dịch chuẩn đã dùng và thể tích dung dịch cần xác định nồng độ ta xác định được nồng độ mol của nó.

#### 2. Dụng cụ trong phân tích

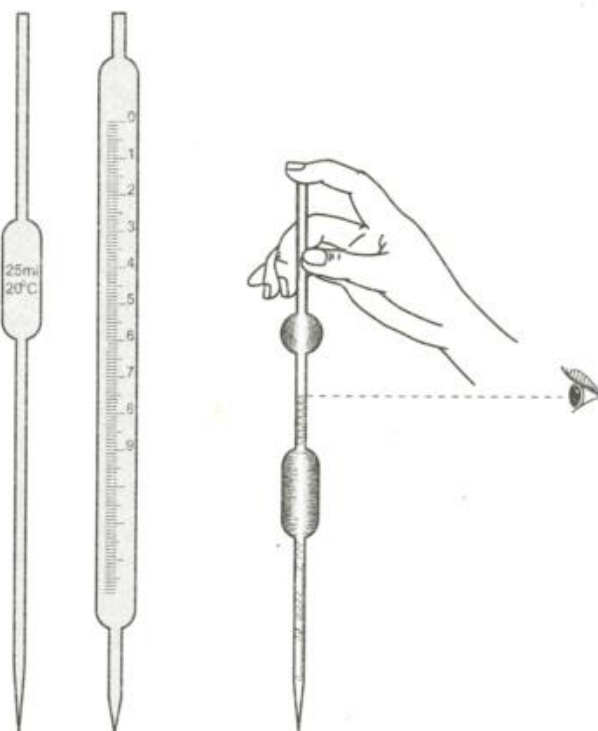
**Buret :** là một ống thủy tinh hình trụ nhỏ được khắc độ theo chiều dài, đầu dưới của nó được thắt lại và được lắp một khoá thủy tinh để điều khiển cho dung dịch chuẩn chảy ra từ từ theo từng giọt nối tiếp nhau (hình 8.10).



**Hình 8.10.**

*Một số loại buret và cách đọc đúng thể tích dung dịch trong buret.*

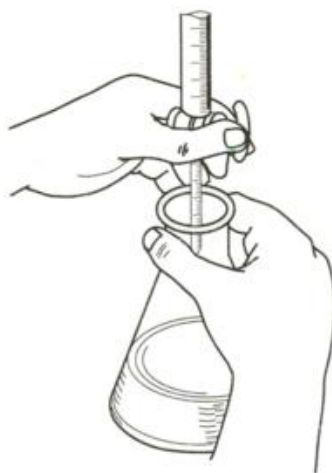
**Pipet :** Để lấy một thể tích chính xác dung dịch chất cần phân tích (chất cần chuẩn độ), người ta dùng một dụng cụ gọi là pipet (hình 8.11). Pipet là ống thủy tinh dài, bé được chế tạo phình ra ở khoảng giữa, một đầu được kéo dài. Ống có vạch mức. Một số pipet có dạng xilanh. Thể tích chất lỏng chứa trong pipet được biểu diễn bằng ml và được ghi trên thành ngoài ở chỗ phình ra. Các pipet dạng xilanh được khắc độ chính xác tới 0,1 ml.



**Hình 8.11.**

*Pipet và cách đọc pipet*

Hình 8.12 thể hiện thao tác khi chuẩn độ. Tay phải cầm bình tam giác, lắc nhẹ dung dịch trong bình bằng cách xoay vòng một cách nhẹ nhàng, tay trái điều khiển khoá buret để thêm từ từ từng giọt dung dịch chuẩn rơi liên tiếp vào bình tam giác.



Hình 8.12. Chuẩn độ

## II – CHUẨN ĐỘ AXIT– BAZƠ

### 1. Nguyên tắc chung

Chuẩn độ axit – bazơ, hay còn gọi là chuẩn độ trung hoà, là phương pháp phân tích chuẩn độ được sử dụng rất rộng rãi để xác định nồng độ các dung dịch axit hoặc các dung dịch bazơ. Trong phương pháp này người ta dùng dung dịch kiềm (NaOH hoặc KOH) đã biết chính xác nồng độ làm dung dịch chuẩn để chuẩn độ dung dịch axit hoặc dùng dung dịch axit mạnh (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>) đã biết chính xác nồng độ để chuẩn độ dung dịch bazơ. Thực chất các phản ứng chuẩn độ là phản ứng trung hoà. *Thí dụ*, chuẩn độ dung dịch HCl chưa biết nồng độ bằng dung dịch chuẩn NaOH :



Chuẩn độ dung dịch CH<sub>3</sub>COOH bằng dung dịch chuẩn NaOH :



Chuẩn độ dung dịch NH<sub>3</sub> bằng dung dịch chuẩn HCl :





Trong quá trình chuẩn độ, pH của dung dịch thay đổi liên tục. Tại điểm tương đương, tức là thời điểm mà dung dịch chuẩn vừa trung hoà hết dung dịch axit hoặc bazơ cần chuẩn độ, pH của dung dịch phụ thuộc vào bản chất của axit hoặc bazơ cần chuẩn độ và nồng độ của chúng. Với phản ứng (1), pH tại điểm tương đương là pH của dung dịch NaCl bằng 7,0 và không phụ thuộc vào nồng độ của NaCl. pH tại điểm tương đương của phản ứng (2) là pH của dung dịch CH<sub>3</sub>COONa (bazơ yếu), nên pH đó lớn hơn 7, pH tại điểm tương đương của phản ứng (3) là pH của dung dịch NH<sub>4</sub>Cl (là axit yếu), nên pH đó nhỏ hơn 7.

Để nhận ra điểm tương đương của phản ứng chuẩn độ, người ta dùng chất chỉ thị gọi là chất chỉ thị axit – bazơ hay chất chỉ thị pH. Đó là axit hữu cơ hoặc bazơ hữu cơ yếu mà màu sắc của dạng phân tử và của dạng ion khác nhau, nên màu của chất chỉ thị phụ thuộc vào pH của dung dịch.

Bảng sau đây ghi khoảng pH đổi màu của 3 chất chỉ thị thường được sử dụng nhiều trong chuẩn độ axit – bazơ.

Tên chất chỉ thị	Khoảng pH đổi màu	Màu dạng axit – dạng bazơ
Metyl da cam	3,1 – 4,4	Đỏ – Vàng
Metyl đỏ	4,2 – 6,3	Đỏ – Vàng
Phenolphthalein	8,3 – 10,0	Không màu – Đỏ

Với mỗi phản ứng chuẩn độ axit – bazơ người ta chọn chất chỉ thị nào có khoảng pH đổi màu trùng hoặc rất sát với pH của điểm tương đương của sự chuẩn độ đó.

Khi chuẩn độ để tránh những sai số lớn, người ta dùng các dung dịch chuẩn có nồng độ gần với nồng độ của dung dịch chất cần xác định. *Thí dụ*, giả sử phải chuẩn độ 20,00 ml dung dịch HCl 0,100M bằng dung dịch chuẩn NaOH. Trong trường hợp này ta không nên dùng dung dịch NaOH có nồng độ lớn, thí dụ 1,00M. Trong trường hợp này điểm tương đương sẽ đạt được khi thêm vào

$20,00 \times \frac{0,100}{1,00} = 2,00$  (ml) dung dịch NaOH 1,00M. Trong trường hợp đó, nếu

khi cho dư 1 giọt dung dịch chuẩn có thể tích 0,05ml thì sai số sẽ là  $\frac{0,05}{2} \cdot 100 = 2,5\%$ . Vì thế, ta nên dùng dung dịch NaOH 0,100M để chuẩn độ

thì không mắc các sai số lớn.

## 2. Chuẩn độ dung dịch HCl bằng dung dịch chuẩn NaOH

Trước hết ta hãy xét sự biến thiên pH trong quá trình chuẩn độ. Giả sử ta chuẩn độ  $V_0$  ml dung dịch HCl nồng độ  $C_0$  mol/l bằng dung dịch chuẩn NaOH nồng độ  $C$  mol/l.

Phản ứng chuẩn độ :



Trước điểm tương đương, khi thêm  $V$  ml dung dịch NaOH vào, nồng độ ion  $\text{H}^+$

được tính theo công thức : 
$$[\text{H}^+] = \frac{C_0 V_0 - CV}{V + V_0} \quad (2)$$

Tại điểm tương đương, ta có dung dịch NaCl có pH = 7.

Sau điểm tương đương, tức là khi đã thêm vào lượng dư dung dịch NaOH, thì :

$$[\text{OH}^-] = \frac{CV - C_0 V_0}{V_0 + V} \quad (3)$$

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-] \quad ; \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} \quad (4)$$

*Thí dụ*, áp dụng các công thức trên, khi chuẩn độ 100 ml dung dịch HCl 0,100M bằng dung dịch chuẩn NaOH 0,100M, ta tính được pH trong quá trình thêm dần dung dịch chuẩn NaOH vào và các kết quả được ghi trong bảng sau :

$V_{\text{NaOH}}$	0	10	50	90	99	99,9	100	100,1	101	110
pH	1	1,1	1,48	2,28	3,30	4,30	7,0	9,70	10,7	11,68

Như vậy, xung quanh điểm tương đương có một sự thay đổi pH rất đột ngột : Khi thêm 99,9 ml NaOH vào tức là khi đã chuẩn độ 99,9% lượng axit thì pH của dung dịch bằng 4,3. Khi thêm vào 100,1 ml NaOH tức là khi đã chuẩn độ quá 0,1% thì pH của dung dịch bằng 9,7 tức là “bước nhảy pH là 5,4 đơn vị pH”. Nếu ta chọn các chất chỉ thị nào có khoảng đổi màu nằm trong khoảng từ 4,3 đến 9,7 để kết thúc chuẩn độ thì sai số không vượt quá 0,1%. Ta thấy trong trường hợp này có thể dùng một trong 3 chất chỉ thị metyl da cam, metyl đỏ và phenolphthalein làm chất chỉ thị.

• *Cách chuẩn độ* : Lấy dung dịch chuẩn NaOH vào buret. Lấy dung dịch HCl cần xác định nồng độ vào bình tam giác sạch (dùng pipet). Thêm vào đó 1 – 2 giọt chất chỉ thị, thí dụ phenolphthalein. Thêm từ từ dung dịch chuẩn vào đến khi dung dịch chất chỉ thị chuyển màu từ không màu sang màu hồng thì kết thúc. Đọc thể tích dung dịch chuẩn đã tiêu tốn.

- *Cách tính* : Nồng độ mol của dung dịch HCl được tính theo công thức

$$C_{\text{HCl}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot C_{\text{NaOH}}}{V_{\text{HCl}}}$$

## BÀI TẬP

1. Khái niệm sự chuẩn độ ? Khái niệm điểm tương đương ? Khái niệm điểm cuối. Cho thí dụ minh họa.
2. Cần phải thêm bao nhiêu ml dung dịch NaOH 0,25M vào 50 ml dung dịch hỗn hợp HCl 0,1M và H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05M để thu được dung dịch có pH = 2,0 ?  
 A. 43,75 ml    B. 36,54 ml  
 C. 27,75 ml    D. 40,75 ml
3. Từ các số liệu sau hãy vẽ đồ thị biểu diễn sự biến thiên pH của dung dịch trong quá trình chuẩn độ dung dịch HCl 0,100M bằng dung dịch NaOH 0,100M. Trục hoành ghi thể tích dung dịch NaOH, trục tung ghi pH của dung dịch. Đường biểu diễn trên đồ thị đó gọi là đường định phân.

V <sub>NaOH</sub>	0	10	50	90	99	99,9	100	100,1	101	110
pH	1	1,1	1,48	2,28	3,30	4,30	7,0	9,70	10,7	11,68