

LỜI MỞ ĐẦU

Hoá phân tích là một môn học nghiên cứu về các phương pháp định tính và định lượng thành phần các chất và hỗn hợp các chất. Do đó, hoá phân tích bao gồm các phương pháp phát hiện, nhận biết và các phương pháp xác định hàm lượng của các chất trong mẫu cần phân tích.

Hoá phân tích đóng vai trò rất quan trọng đối với sự phát triển của các ngành khoa học, các lĩnh vực của công nghệ, sản xuất và đời sống xã hội. Chẳng hạn, các lĩnh vực sản xuất nông nghiệp như hoá nông, thổ nhưỡng cần hoá phân tích để nghiên cứu đất đai, phân bón, chất lượng các nông sản; trong y học để phân tích thành phần của máu, huyết thanh, nước tiểu, các dịch sinh học, kiểm nghiệm các loại dược phẩm. Trong các nhà máy sản xuất thực phẩm đều có phòng thí nghiệm phân tích để kiểm tra và kiểm nghiệm chất lượng nguyên liệu, bán thành phẩm và sản phẩm để điều hành quá trình sản xuất. Vì vậy, đối với chuyên ngành “Kiểm nghiệm lương thực thực phẩm” nói riêng, môn hoá phân tích là một môn học cơ sở chuyên ngành đóng vai trò rất quan trọng, không thể thiếu. Môn học trang bị các phương pháp phân tích xác định thành phần của các chất trong hỗn hợp, là phương tiện cần thiết để thực hiện các kỹ năng nghề nghiệp: Kiểm tra, kiểm nghiệm chất lượng nguyên liệu sản xuất và các sản phẩm lương thực, thực phẩm.

Dựa trên mục tiêu và thời lượng của môn học, giáo trình “Hoá phân tích” bao gồm các nội dung sau:

Phần I: Cơ sở lý thuyết của các phương pháp phân tích hoá học

Chương I: Dung dịch và cách biểu thị nồng độ dung dịch

Chương II: Các phản ứng dùng trong phân tích hoá học

Phần II: Các phương pháp phân tích hoá học

Chương III: Phương pháp phân tích khối lượng

Chương IV: Phương pháp phân tích thể tích

Phần III: Giới thiệu các phương pháp phân tích công cụ

Chương V: Các phương pháp phân tích điện hoá

Chương VI: Các phương pháp phân tích phổ nghiệm

Chương VII: Phương pháp sắc ký

Giáo trình được biên soạn làm tài liệu học tập và giảng dạy môn Hoá phân tích, ngành Chế biến và bảo quản thực phẩm. Đồng thời, có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo đối với học sinh các ngành học khác thuộc khối công nghệ thực phẩm có giảng dạy môn Hoá phân tích.

Mặc dù tác giả đã cố gắng nhưng do thời gian và trình độ có hạn giáo trình không thể tránh khỏi sai sót. Mong nhận được sự đóng góp ý kiến để giáo trình hoàn thiện hơn.

TÁC GIẢ

ĐỖ THỊ KIM LOAN

BÀI MỞ ĐẦU

I. Phương pháp phân tích các chất

1. Phương pháp phân tích định tính

Phân tích định tính nhằm xác định thành phần mẫu phân tích gồm những nguyên tố hoá học, ion, nhóm nguyên tử hoặc các phân tử nào. Khi nghiên cứu thành phần một hỗn hợp chưa biết, phân tích định tính được tiến hành trước phân tích định lượng. Bởi vì, phân tích định tính sẽ định hướng việc chọn phương pháp phân tích định lượng các chất trong mẫu

Phân tích định tính dựa vào sự chuyển chất phân tích thành hợp chất mới nào đó có những tính chất đặc trưng như có màu, có mùi, có cấu trúc tinh thể, có trạng thái vật lý đặc trưng,...

2. Phương pháp định lượng

Phân tích định lượng cho phép xác định thành phần về lượng các cấu tử hợp phần của mẫu phân tích. Phân tích định lượng có vai trò quan trọng trong sự phát triển của các khoa học kỹ thuật và sản xuất, đây là một phương pháp nghiên cứu cho nhiều ngành khoa học khác như: hoá học, y học, sinh học, công nghệ thực phẩm, khảo cổ học,....

Phân tích định lượng thường được chia thành phân tích vô cơ và phân tích hữu cơ. Hai loại phân tích này đều dựa trên kiến thức cơ bản về hoá học vô cơ và hữu cơ

II. Phân loại các phương pháp nghiên cứu

Để phân tích các chất, có rất nhiều phương pháp khác nhau. Dựa vào bản chất chung của chúng, chia các phương pháp thành ba nhóm sau:

1. Nhóm các phương pháp hoá học

Các phương pháp này ra đời sớm nhất nên còn gọi là các phương pháp cổ điển. Trong đó, cơ sở của phương pháp là các phản ứng hoá học và sử dụng các dụng cụ, thiết bị đơn giản để phân tích các chất.

Nhóm các phương pháp này chỉ sử dụng để định lượng các chất có hàm lượng lớn, vừa và không quá nhỏ. Nhưng các phương pháp hoá học là cơ sở để phát triển các

phương pháp phân tích hiện đại. Cho đến nay các phương pháp này vẫn được dùng nhiều trong các phòng thí nghiệm phân tích

2. Nhóm các phương pháp phân tích vật lý

Đó là các phương pháp phân tích dựa trên việc đo các đại lượng vật lý đặc trưng của các chất phân tích như phổ phát xạ, độ phóng xạ,... Các phương pháp này cần sử dụng các thiết bị đo đặc tính vi, phức tạp có khả năng ghi nhận tín hiệu vật lý đó

3. Nhóm các phương pháp phân tích hoá lý

Đó là nhóm các phương pháp kết hợp việc thực hiện các phản ứng hoá học, sau đó đo các tín hiệu vật lý của hệ phân tích như : sự thay đổi màu, độ đục, độ phát quang, độ dẫn điện,...Nhóm các phương pháp này cũng đòi hỏi các dụng cụ thiết bị đo đạc phức tạp nên chúng còn có tên là các *phương pháp phân tích công cụ*

Nhóm các phương pháp này cho phép phân tích nhanh, có thể xác định được hàm lượng nhỏ các chất phân tích một cách chính xác, phân tích chọn lọc

III. Quy trình phân tích mẫu

Khi tiến hành phân tích một đối tượng nào đó, cần trải qua các giai đoạn sau:

- 1- Chọn mẫu, lấy mẫu và xử lý mẫu phân tích
- 2- Chuyển mẫu hoặc hợp phần cần xác định trong mẫu thành dạng có thể tiến hành phân tích được (phân huỷ mẫu)
- 3- Chọn phương pháp phân tích, chọn các điều kiện thích hợp cho quá trình phân tích và sử dụng quy trình phân tích đó để phân tích
- 4- Xử lý các kết quả thu được khi phân tích mẫu để nhận được kết quả sát thực với hàm lượng chất cần phân tích. Tính toán và đánh giá kết quả nhận được

Cả 4 giai đoạn trên đều quan trọng, liên quan mật thiết đến nhau và đều có tính quyết định đến độ chính xác của việc phân tích

PHẦN THỨ NHẤT
CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH HOÁ HỌC

CHƯƠNG I
DUNG DỊCH VÀ CÁCH BIỂU THỊ NỒNG ĐỘ DUNG DỊCH

I. Một số khái niệm

1. Khái niệm về dung dịch

Dung dịch là một hệ trong đó một hoặc nhiều chất phân tán đồng đều trong một chất khác. Tuy nhiên, không phải mọi hệ phân tán đều là dung dịch. Tùy theo kích thước của hạt phân tán mà chia thành 3 loại sau:

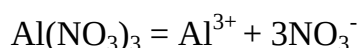
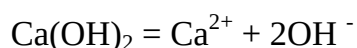
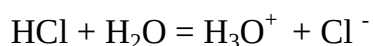
- Kích thước hạt phân tán lớn hơn 100nm thì gọi là hệ huyền nhũ (Hạt phân tán là pha rắn phân tán trong pha lỏng gọi là huyền phù, hạt phân tán là pha lỏng phân tán trong pha lỏng gọi là nhũ tương)
- Kích thước hạt phân tán trong khoảng từ 100nm đến 1nm thì gọi là hệ keo (dung dịch keo)
- Kích thước hạt phân tán nhỏ hơn 1nm thì gọi là dung dịch thực (trong suốt, để lâu không lắng cặn). Đây là loại dung dịch xét đến trong toàn bộ chương trình này.

2. Chất điện li mạnh, chất điện li yếu

• Chất điện li mạnh là những chất khi tan vào nước phân ly gần như hoàn toàn thành các ion.

Các axit mạnh, các bazơ tan, các muối tan là chất điện li mạnh

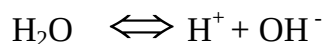
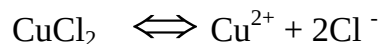
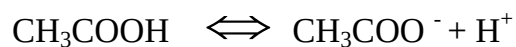
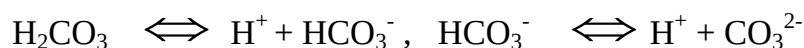
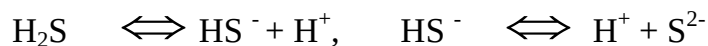
Thí dụ: HCl, H₂SO₄, NaOH, Ca(OH)₂, NaCl, Al(NO₃)₃ là các chất điện li mạnh, khi hoà tan trong nước các chất đó phân li hoàn toàn thành các ion theo phương trình sau:



• Chất điện li yếu là những chất khi tan vào nước chỉ phân ly một phần thành ion.

Axit yếu, axit hữu cơ, bazơ ít tan, các muối ít tan... là các chất điện li yếu

Thí dụ: H_2S , H_2CO_3 , CH_3COOH , CuCl_2 , H_2O là các chất điện li yếu, phân ly thuận nghịch theo các phương trình sau:



• Chất không điện li là những chất khi tan vào nước hoàn toàn không phân li thành ion.

Thí dụ: đường saccaroza, rượu,... là các chất không điện li

3. *Đương lượng gam của các chất trong phản ứng hoá học*

Đương lượng gam của một chất là số gam chất đó về mặt hoá học tương đương với 1mol Hidro hoặc 1mol hidroxyt trong phản ứng mà ta xét. Ký hiệu: D (gam)

$$D = \frac{M}{n}$$

Trong đó: M là khối lượng mol của chất đó, đơn vị: gam

n tùy theo từng phản ứng cụ thể:

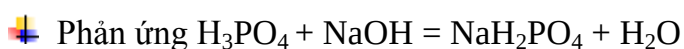
- Đối với phản ứng trung hoà, n là số ion H^+ hoặc OH^- mà 1mol của chất đó tham gia phản ứng
- Đối với phản ứng oxy hoá khử, n là số e mà 1 mol chất đó cho hoặc nhận trong phản ứng
- Đối với phản ứng trao đổi bất kỳ, n là số điện tích (+) hoặc (-) của 1mol chất đó tham gia phản ứng

Một số thí dụ



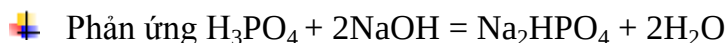
Đương lượng gam của H_2SO_4 , $D = \frac{M}{2} = 49$

Đương lượng gam của NaOH , $D = \frac{M}{1} = 40$



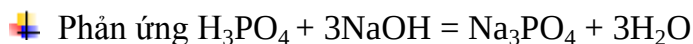
Đương lượng gam của NaOH, $D = \frac{M}{1} = 40$

Đương lượng gam của H_3PO_4 , $D = \frac{M}{1} = 98$



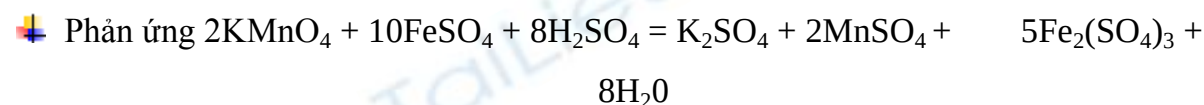
Đương lượng gam của NaOH, $D = \frac{M}{1} = 40$

Đương lượng gam của H_3PO_4 , $D = \frac{M}{2} = 49$



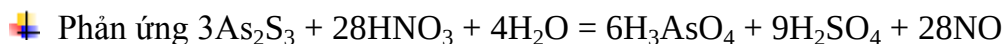
Đương lượng gam của NaOH, $D = \frac{M}{1} = 40$

Đương lượng gam của H_3PO_4 , $D = \frac{M}{3} = 32.7$



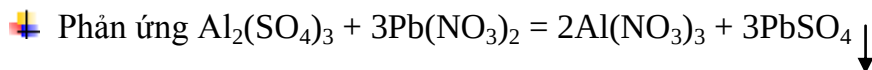
Đương lượng gam của $KMnO_4$, $D = \frac{M}{5} = 31.6$

Đương lượng gam của $FeSO_4$, $D = \frac{M}{2} = 76$



Đương lượng gam của As_2S_3 , $D = \frac{M}{28} = 8.8$

Đương lượng gam của HNO_3 , $D = \frac{M}{3} = 21$



Đương lượng gam của $Al_2(SO_4)_3$, $D = \frac{M}{6} = 57$

Đương lượng gam của $Pb(NO_3)_2$, $D = \frac{M}{2} = 165.5$



Đương lượng gam của $Al_2(SO_4)_3$, $D = \frac{M}{6} = 57$

Đương lượng gam của $BaCl_2$, $D = \frac{M}{2} = 104$

4. pH của dung dịch

• Dung dịch với dung môi là nước, pH của dung dịch được biểu thị bằng biểu thức sau:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Trong đó:

pH là pH của dung dịch

$[\text{H}^+]$ là nồng độ của ion H^+ trong dung dịch tính theo đơn vị mol/lit

lg: logarit thập phân, theo cơ số 10

Thí dụ 1: Dung dịch H_2SO_4 có nồng độ ion H^+ là $[\text{H}^+] = 10^{-3}$. Hãy tính pH của dung dịch đó?

Áp dụng công thức $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(10^{-3}) = 3$

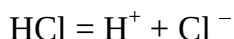
Vậy dung dịch H_2SO_4 đó có $\text{pH} = 3$

• pH sử dụng để đánh giá độ axit hay bazơ của dung dịch:

- Nước nguyên chất có $\text{pH} = 7$
- Dung dịch axit có $\text{pH} < 7$, pH càng nhỏ thì độ axit của dung dịch càng lớn và ngược lại
- Dung dịch bazơ có $\text{pH} > 7$, pH càng lớn thì độ bazơ càng lớn và ngược lại

Thí dụ 2: Tính pH của dung dịch HCl có nồng độ 0.1M ?

HCl là chất điện li mạnh, trong dung môi nước nó sẽ phân ly hoàn toàn theo phương trình sau:



Như vậy $[\text{H}^+] = [\text{HCl}] = 0.1\text{M} \gg 10^{-7}\text{M}$

Nên pH của dung dịch HCl 0.1M là:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(0.1) = 1$$

II. Cách biểu thị nồng độ dung dịch

Nồng độ là đại lượng dùng để chỉ hàm lượng của một cấu tử (phân tử, ion) trong dung dịch

1. Nồng độ thể tích

Nồng độ thể tích của một chất lỏng là tỉ số thể tích của chất lỏng đó và thể tích của dung môi. Loại nồng độ này thường sử dụng trong một số trường hợp có tính gần đúng, định hướng, chẳng hạn khi dùng dung dịch này để hoà tan mẫu, điều chỉnh môi trường

Thí dụ : Dung dịch HCl 1:4 là dung dịch gồm 1 thể tích HCl đặc (có khối lượng riêng $d = 1.185 \text{ g/ml}$) và 4 thể tích nước

2. **Nồng độ phần trăm khối lượng**

Nồng độ phần trăm khối lượng của một chất trong dung dịch là số gam chất tan có trong 100gam dung dịch

Nếu hoà tan a gam chất tan vào b gam dung môi thì nồng độ % khối lượng của dung dịch đó là:

$$C\% = \frac{a}{(a + b)} \times 100 = \frac{m_{ct}}{m_{dd}} \times 100$$

Trong đó:

C% là nồng độ phần trăm khối lượng của dung dịch (%)

a: Khối lượng chất tan (gam)

b: Khối lượng của dung môi (gam)

$a+b$: Khối lượng của dung dịch (gam)

Thí dụ 1: Dung dịch HCl 25% là dung dịch có chứa 25 gam chất tan HCl trong 100gam dung dịch

Thí dụ 2: Để có dung dịch KNO_3 sử dụng rửa kết tủa, người ta hoà tan 10gam KNO_3 vào 1500ml nước. Tính nồng độ % của dung dịch đó?

Nồng độ % của dung dịch KNO_3 là:

Áp dụng công thức:

$$C\% = \frac{a}{(a + b)} \times 100 = \frac{10}{(10 + 1500)} \times 100 = 0.67\%$$

Vậy nồng độ % của dung dịch KNO_3 là 0.67%

Thí dụ 3: Tính khối lượng Na_2CO_3 cần sử dụng để pha chế 1,2kg dung dịch Na_2CO_3 5%?

Từ công thức nồng độ phần trăm: $C\% = \frac{a}{(a + b)} \times 100$

Suy ra, khối lượng chất tan Na_2CO_3 (ký hiệu là a) cần sử dụng để pha chế 1200gam dung dịch Na_2CO_3 5% là:

$$a = \frac{1200 \times C\%}{100} = \frac{1200 \times 5}{100} = 60\text{gam}$$

Thí dụ 4: Cần hoà tan bao nhiêu gam NaCl vào 100ml nước để thu được dung dịch NaCl 10%?

Gọi a là số gam NaCl cần hoà tan, ta có:

$$10 = \frac{a}{a + 100} \times 100$$

Suy ra: $a = 11.1\text{gam}$

Vậy cần hoà tan 11.1 gam NaCl vào 100ml nước để thu được dung dịch NaCl 10%

3. *Nồng độ mol/lit*

Nồng độ mol của một chất là số mol chất đó tan trong một lít dung dịch. Đơn vị nồng độ thường ký hiệu bằng chữ M hay mol/l đặt sau chữ số chỉ nồng độ

$$C_M = \frac{a}{M \times V} = \frac{n}{V} \text{ (mol/l)}$$

Trong đó:

C_M : Nồng độ mol/lit của dung dịch (M) hoặc (mol/lit)

a: Khối lượng chất tan (gam)

M: Khối lượng mol của chất đó (gam)

V: Thể tích dung dịch (lit)

n: Số mol của chất tan

Thí dụ 1: Dung dịch H_2SO_4 2M là dung dịch có chứa 2mol H_2SO_4 tức 196 gam H_2SO_4 trong 1 lít dung dịch.

Thí dụ 2: Hoà tan hoàn toàn 1.2gam MgSO_4 vào nước thành 200ml dung dịch thì thu được dung dịch MgSO_4 có nồng độ bao nhiêu?

Số mol MgSO_4 có trong 1.2 gam MgSO_4 là :

$$n = 1 \times \frac{2}{20} = 0.01 \text{mol}$$

Nồng độ mol/lit của dung dịch MgSO_4 là:

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05 \text{ (mol/l)}$$

Thí dụ 3: Tính nồng độ mol/lit của dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$?

Khối lượng của 1 lít dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ là:

$$1000 \times 1.84 = 1840 \text{gam}$$

Khối lượng H_2SO_4 nguyên chất có trong 1 lít dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ là:
 $1840 \times 98\% = 1803.2 \text{gam}$

Số mol H_2SO_4 có trong 1 lít dung dịch 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ là:

$$\frac{1803.2}{98} = 18.4 \text{mol}$$

Vậy nồng độ mol/lit của dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ là:

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{18.4}{1} = 18.4 \text{mol/lit}$$

4. Nồng độ đương lượng gam/lit

Nồng độ đương lượng của một chất là số mol đương lượng của chất đó trong một lít dung dịch hoặc số milimol đương lượng của chất đó trong 1ml dung dịch. Đơn vị nồng độ đương lượng ký hiệu bằng chữ N đặt sau chữ số chỉ nồng độ

$$C_N = \frac{a}{D \times V}$$

Trong đó:

C_N : Nồng độ đương lượng gam (N)

D: Đương lượng gam của chất đó (gam)

V: Thể tích của dung dịch (lít)

Thí dụ 1 : Dung dịch NaOH 0.1N là dung dịch chứa 0.1mol đương lượng NaOH tức 40gam NaOH trong 1 lít dung dịch

Nếu có a gam chất tan trong V lít dung dịch và D là đương lượng gam của chất đó thì nồng độ đương lượng được tính theo công thức

$$C_N = \frac{a}{D \times V}$$

Thí dụ 2: Hoà tan 5 mol HCl thành 10 lít dung dịch. Tính nồng độ đương lượng gam/ lit của dung dịch đó?

Khối lượng của 5 mol HCl là:

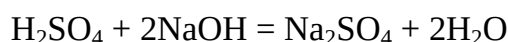
$$a = 5 \times M_{\text{HCl}}$$

Nồng độ C_N của dung dịch HCl là

$$C_N = \frac{a}{D \times V} = \frac{5 \times M}{D \times V} = \frac{5}{10} = 0.2N$$

Thí dụ 3: Tính nồng độ đương lượng của dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ trong phản ứng với kiềm NaOH?

Phản ứng của H_2SO_4 với kiềm NaOH:



Như vậy, 1mol H_2SO_4 phân ly ra 2 ion H^+ để kết hợp với 2ion OH^- của NaOH.

Nên đương lượng gam của dung dịch H_2SO_4 là $D = \frac{98}{2} = 49$ gam

Khối lượng của 1 lít dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ là:

$$1000 \times 1.84 = 1840\text{gam}$$

Khối lượng H_2SO_4 nguyên chất có trong 1 lít dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ là: $1840 \times 98\% = 1803.2\text{gam}$

Nồng độ đương lượng gam/lit của dung dịch H_2SO_4 98% là:

$$C_N = \frac{a}{D \times V} = \frac{1803.2}{49 \times 1} = 36.8 N$$

Vậy dung dịch H_2SO_4 98%, $d = 1.84\text{g/ml}$ tương đương với nồng độ $C_N = 36.8N$

Thường dùng nồng độ đương lượng để biểu diễn nồng độ của các dung dịch chuẩn, bởi vì dùng loại đơn vị nồng độ này rất dễ tính nồng độ hay hàm lượng của các chất cần xác định

5. Độ chuẩn

Độ chuẩn là số gam (hoặc số miligam) chất tan trong 1ml dung dịch. Kí hiệu độ chuẩn bằng chữ T_R , đơn vị mg/ml hoặc g/l

$$T_R = \frac{a}{V}$$

Trong đó:

T_R : Độ chuẩn của của dung dịch (mg/ml) hoặc (g/l),....

a: Khối lượng của chất tan trong dung dịch (gam) hoặc (mg)

V: Thể tích của dung dịch (lit) hoặc (ml)

Thí dụ 1: Dung dịch Na_2CO_3 có độ chuẩn $T_R = 0.1\text{mg/ml}$ nghĩa là trong 1ml dung dịch Na_2CO_3 có 0.1 mg Na_2CO_3

Thí dụ 2: Tính độ chuẩn g/l của dung dịch NaOH 0.1M?

Từ công thức tính nồng độ mol/lit của dung dịch:

$$C_M = \frac{a}{M \times V}$$

Suy ra, khối lượng NaOH trong 1 lit dung dịch NaOH 0.1M là:

$$a = C_M \times M \times V = 0.1 \times 40 \times 1 = 4 \text{ gam}$$

Độ chuẩn của dung dịch NaOH 0.1M tính theo đơn vị g/ l là:

$$T_R = \frac{a(g)}{V(l)} = \frac{4}{1} = 4\text{g/l}$$

Thí dụ 3: Tính độ chuẩn mg/ ml của dung dịch NaCl 2%, $d = 1.2\text{g/ml}$?

Khối lượng của 1 lít dung dịch NaCl 2% là :

$$mdd = d \times V = 1.2 \times 1000 = 1200 \text{ gam dung dịch}$$

Khối lượng NaCl nguyên chất có trong 1 lit dung dịch NaCl 25 là:

$$a = mct = \frac{mdd \times C\%}{100} = \frac{1200 \times 2}{100} = 24 \text{ gam}$$

Độ chuẩn của dung dịch NaCl tính theo đơn vị mg/ml là

$$T_R = \frac{a(mg)}{V(ml)} = \frac{24 \times 1000}{1 \times 1000} = 24 \text{ mg/ml}$$

6. Độ chuẩn theo chất định phân

Độ chuẩn theo chất cần định phân là số gam chất cần định phân (ion, phân tử, hoặc nguyên tử) phản ứng với đúng 1ml dung dịch chuẩn và được ký hiệu là $T_{R/X}$, trong đó R là thuốc thử, X là chất cần định phân

$$T_{R/X} = \frac{a}{V}$$

Trong đó:

$T_{R/X}$ là độ chuẩn của dung dịch R theo chất định phân X (g/ml)

a: Khối lượng của chất định phân X (gam)

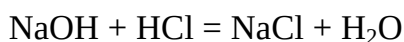
V: Thể tích của dung dịch chuẩn R (ml)

Thí dụ 1: Độ chuẩn của dung dịch KMnO_4 theo Fe là $T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} = 0.0056\text{g/ml}$, có nghĩa là 1ml dung dịch KMnO_4 dùng để chuẩn độ tương ứng với 5,6mg Fe

Cách biểu diễn nồng độ dung dịch loại này rất thuận tiện cho việc tính toán kết quả phân tích hàng loạt mẫu tại các phòng thí nghiệm nghiên cứu và sản xuất

Thí dụ 2: Để chuẩn độ dung dịch NaOH người ta sử dụng dung dịch HCl 0.05M. Biết rằng khi chuẩn độ 20 ml dung dịch NaOH thì tiêu tốn 20.6ml dung dịch chuẩn HCl 0.05M. Hãy tính độ chuẩn của dung dịch HCl theo NaOH?

Phương trình phản ứng chuẩn độ:



Số mol HCl có trong 14.6 ml dung dịch 0.05M là:

$$\begin{aligned} \text{Từ công thức: } C_M = \frac{n}{V}, \text{ suy ra } n &= C_M \times V = 0.05 \times \frac{20.6}{1000} \\ &= 0.00103\text{mol} \end{aligned}$$

Theo phương trình phản ứng, cứ 1mol NaOH thì phản ứng vừa đủ với 1mol HCl. Vì vậy, số mol của NaOH trong 20ml dung dịch là 0.00103mol

Khối lượng của NaOH trong 20 ml dung dịch NaOH là:

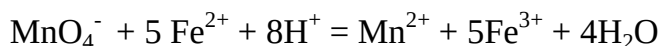
$$a = n \times M = 0.00103 \times 40 = 0.0412\text{gam}$$

Độ chuẩn của dung dịch HCl theo NaOH là:

$$T_{R/X} = \frac{a}{V} = \frac{0.0412}{20.6} = 0.002 \text{ gam/ml} = 2\text{mg/ml}$$

Vậy độ chuẩn của dung dịch chuẩn HCl theo chất xác định NaOH là 2mg/ml

Thí dụ 3: Tính độ chuẩn của dung dịch KMnO_4 0.05M theo Fe^{2+} , khi chuẩn độ theo phương trình phản ứng rút gọn sau:



Số mol KMnO_4 có trong 1 ml dung dịch KMnO_4 0.05M là:

$$n = C_M \times V(l) = 0.05 \times 0.001 = 0.00005 \text{ mol}$$

Theo phương trình phản ứng cứ 1mol KMnO_4 thì phản ứng hết với 5 mol Fe^{2+} nên số mol Fe^{2+} tham gia phản ứng là:

$$0.00005 \times 5 = 0.00025 \text{ mol Fe}^{2+}$$

Khối lượng của Fe^{2+} đã tham gia phản ứng là:

$$a = n \times M = 0.00025 \times 56 = 0.014 \text{ gam}$$

Độ chuẩn của dung dịch KMnO_4 0.05M theo Fe^{2+} là

$$T_{R/X} = \frac{a}{V} = \frac{0.014}{1} = 0.014 \text{ gam Fe}^{2+} / \text{ml KMnO}_4$$

III. Mối quan hệ giữa các loại nồng độ

1. Quan hệ giữa nồng độ mol/lit và nồng độ đương lượng

Hoà tan a gam chất tan A có khối lượng mol phân tử M, đương lượng gam D vào thể tích V lít dung dịch. Khi đó nồng độ của chất A trong dung dịch là:

$$\text{Tính theo nồng độ mol/l: } C_M = \frac{a}{M \times V}$$

$$\text{Tính theo nồng độ đương lượng: } C_N = \frac{a}{D \times V} = \frac{a \times n}{M \times V} = C_M \times n$$

$$\text{Vậy ta có, } C_N = C_M \times n$$

Trong đó: C_N là nồng độ đương lượng gam/lit của dung dịch (N)

C_M là nồng độ mol/l của dung dịch (M)

n: Tuỳ thuộc vào từng phản ứng của dung dịch

Thí dụ 1: Tính nồng độ C_N của dung dịch HCl nồng độ 0.05M?

Đối với HCl, $n=1$ nên áp dụng công thức ta tính đương nồng độ C_N của dung dịch đó là:

$$C_N = C_M \times n = 0.05 \times 1 = 0.05 \text{ N}$$

Thí dụ 2: Trong phản ứng $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Dung dịch NaOH và dung dịch H_2SO_4 đều có nồng độ 0.02M. Hãy tính nồng độ đương lượng gam/ lit của cả 2 dung dịch đó?

1mol NaOH phân li ra 1 ion OH^- nên $n_{\text{NaOH}} = 1$

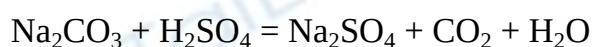
Do đó nồng độ C_N của dung dịch NaOH là:

$$C_N = C_M \times n = 0.02 \times 1 = 0.02\text{N}$$

Tương tự, 1mol H_2SO_4 phân ly ra 2 ion H^+ nên ta có nồng độ của dung dịch H_2SO_4 là: $C_N = C_M \times n = 0.02 \times 2 = 0.04\text{N}$

Thí dụ 3: Cho 15.5ml dung dịch Na_2CO_3 0.1M phản ứng vừa đủ với 20 ml dung dịch H_2SO_4 tạo ra CO_2 ? Tính nồng độ C_M , C_N của dung dịch H_2SO_4 trong phản ứng đó?

Phương trình phản ứng giữa Na_2CO_3 và H_2SO_4 đến CO_2 là:



Số mol Na_2CO_3 tham gia vào phản ứng là:

$$n = C_M \times V = 0.1 \times \frac{15.5}{1000} = 0.00155\text{mol}$$

Theo phương trình số mol Na_2CO_3 tham gia phản ứng bằng số mol H_2SO_4 nên số mol H_2SO_4 trong dung dịch là 0.00155mol

Nồng độ của dung dịch H_2SO_4 là:

$$C_M = \frac{n}{V(l)} = \frac{0.00155 \times 1000}{20} = 0.0775\text{M}$$

Trong phản ứng, cứ 1mol H_2SO_4 phân li ra 2 ion H^+ nên ta nồng độ đương lượng của dung dịch H_2SO_4 là:

$$C_N = C_M \times n = 0.0775 \times 2 = 0.155\text{N}$$

2. Quan hệ giữa nồng độ % khối lượng và nồng độ mol/lít

Thí dụ 1 : Dung dịch HCl đậm đặc có nồng độ 36.5%, khối lượng riêng của dung dịch $d = 1.18\text{g/ml}$. Tính nồng độ C_M của dung dịch đó?

Khối lượng của 1 lít dung dịch HCl đậm đặc là:

$$m_{dd} = d \times V_{dd} = 1.18 \text{ (g/ml)} \times 1000 \text{ (ml)} = 1180 \text{ (gam)}$$

Từ công thức $C\% = \frac{m_{ct}}{m_{dd}} \cdot 100$

Ta có khối lượng chất tan HCl trong 1 lít dung dịch là:

$$a = m_{ct} = \frac{C\% \times m_{dd}}{100} = \frac{36.5 \times 1180}{100} \text{ (gam)}$$

Nồng độ mol/ lit của dung dịch HCl là:

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{a}{V \times M} = \frac{36.5 \times 1180}{1 \times 36.5 \times 100} = 11.8 \text{ mol/lit}$$

Như vậy ,từ nồng độ % khối lượng của dung dịch và biết khối lượng riêng của dung dịch đó thì ta hoàn toàn có thể tính được nồng độ mol/lit cũng như nồng độ mol đương lượng của dung dịch theo công thức tổng quát sau:

$$C_M = \frac{C\% \times d \times 10}{M}$$

$$C_N = \frac{C\% \times d \times 10}{D}$$

Trong đó: C_M là nồng độ mol/ lit của dung dịch (M)

C_N là nồng độ đương lượng gam/ lit của dung dịch (N)

$C\%$ là nồng độ % khối lượng của dung dịch (%)

d : Khối lượng riêng của dung dịch (g/ml) hoặc (kg/lit)

M : Khối lượng mol của chất tan (gam)

D : Đương lượng gam của chất tan (gam)

Chứng minh: Giả sử ta có 1 lít dung dịch A, nồng độ % khối lượng là $C\%$, khối lượng riêng của dung dịch là d . M , D lần lượt là khối lượng mol và đương lượng gam của chất A

C_M , C_N là nồng độ mol/lit và nồng độ đương lượng gam/lit của dung dịch A đó

Khi đó, khối lượng chất tan A trong $V = 1 \text{ lit} = 1000 \text{ ml}$ dung dịch A là a và được tính theo các công thức sau:

$$a = \frac{C\% \times m_{dd}}{100} = \frac{C\% \times d \times V}{100} = \frac{C\% \times d}{100} \times 1000$$

Mặt khác: $a = C_M \times V \times M = C_M \times M = C_N \times D$

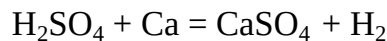
Từ đó ta có:
$$\frac{C\% \times d}{100} \times 1000 = C_M \times M = C_N \times D$$

Suy ra:
$$C_M = \frac{C\% \times d \times 10}{M}$$

$$C_N = \frac{C\% \times d \times 10}{D}$$

Thí dụ 2: Tính nồng độ mol/lit và nồng độ đương lượng gam/lit của dung dịch H_2SO_4 14%, $d = 1.08$ g/ml khi cho dung dịch đó phản ứng với Ca?

Phương trình phản ứng oxy hoá- khử



Từ phương trình phản ứng oxyhoá- khử trên cho thấy, 1 phân tử chất oxy hoá H_2SO_4 nhận thêm 2 e nên đương lượng gam của H_2SO_4 là:

$$D = \frac{M}{n} = \frac{98}{2} = 49 \text{ gam}$$

Áp dụng công thức tính nồng độ C_M và C_N của dung dịch H_2SO_4 khi biết nồng độ phần trăm khối lượng $C\% = 14\%$, khối lượng riêng $d = 1.08$ g/ml, ta có:

$$C_M = \frac{C\% \times d \times 10}{M} = \frac{14 \times 1.08 \times 10}{98} = 1.54M$$

$$C_N = \frac{C\% \times d \times 10}{D} = \frac{14 \times 1.08 \times 10}{49} = 3.08N$$

3. Quan hệ giữa độ chuẩn và nồng độ mol/lit, nồng độ mol đương lượng

Thí dụ 1: Cho dung dịch NaOH có độ chuẩn $T_R = 0.1$ g/ml. Hãy tính nồng độ mol/lit của dung dịch đó?

Số gam chất tan NaOH có trong 1 lít dung dịch là:

$$a = 0.1 \times 1000 = 100 \text{ gam}$$

Nồng độ C_M của dung dịch NaOH là:

$$\text{áp dụng công thức } C_M = \frac{n}{V} = \frac{a}{V \times M} = \frac{100}{1 \times 40} = 2.5 \text{ mol/lit}$$

Như vậy, từ độ chuẩn T_R của dung dịch ta có thể quy đổi ra nồng độ mol/l hoặc nồng độ mol đương lượng dựa vào phương trình cân bằng chất tan tính trong 1 lít dung dịch như sau:

Nếu T_R tính theo đơn vị g/ml thì khối lượng chất tan ký hiệu a tính trong thể tích $V=1$ lít = 1000ml dung dịch là

$$a = T_R \times 1000 \text{ (gam)}$$

Mặt khác, khối lượng chất tan có trong 1 lit dung dịch còn được tính theo nồng độ đương lượng C_N và nồng độ mol/l C_M như sau:

$$a = C_M \times M = C_N \times D$$

$$\text{Vậy ta có : } C_M \times M = C_N \times D = T_R \times 1000$$

$$\text{Suy ra : } C_M = T_R \times \frac{1000}{M}$$

$$C_N = T_R \times \frac{1000}{D}$$

Trong đó:

T_R : Độ chuẩn của dung dịch, tính theo đơn vị g/ml

C_M là nồng độ mol/ lit của dung dịch (M)

C_N là nồng độ đương lượng gam/ lit của dung dịch (N)

M: Khối lượng mol của chất tan (gam)

D: Đương lượng gam của chất tan (gam)

Thí dụ 2: Tính độ chuẩn của dung dịch H_2SO_4 54%, $d=1.33$ g/ ml?

Áp dụng công thức chuyển đổi từ nồng độ % thành nồng độ mol/lit, ta tính được nồng độ C_M của dung dịch H_2SO_4 54%, $d=1.33$ g/ml là:

$$C_M = \frac{C\% \times d \times 10}{M} = \frac{54 \times 1.33 \times 10}{98} = 7.33 \text{ M}$$

Từ công thức biểu thị mối quan hệ giữa nồng độ C_M và độ chuẩn T_R

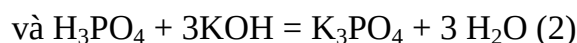
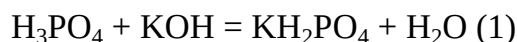
$$C_M = T_R \times \frac{1000}{M}$$

Suy ra, độ chuẩn T_R của dung dịch H_2SO_4 7.33M là:

$$T_R = C_M \times \frac{M}{1000} = 7.33 \times \frac{98}{1000} = 0.72 \text{ g/ml}$$

Vậy dung dịch H_2SO_4 54%, $d=1.33$ g/ ml có độ chuẩn $T_R = 0.72$ g/ml

Thí dụ 3: Tính nồng độ mol/l và nồng độ đương lượng gam/lit của dung dịch H_3PO_4 có độ chuẩn $T = 18\text{g/l}$ trong trường hợp phản ứng với KOH theo các phương trình sau:



- Trường hợp phản ứng xảy ra theo phương trình (1)

Theo phương trình (1), 1mol H_3PO_4 tham gia phản ứng sẽ phân ly ra ion H^+ để kết hợp với 1 ion OH^- của KOH nên đương lượng gam của H_3PO_4 trong trường hợp này là:

$$D_1 = \frac{M}{1} = 98 \text{ gam}$$

Do đó, áp dụng công thức chuyển đổi từ độ chuẩn $T=18\text{g/lit} = 0.018\text{g/ml}$ của dung dịch H_3PO_4 sang nồng độ C_M và C_N như sau:

$$C_M = T_R \times \frac{1000}{M} = 0.018 \times \frac{1000}{98} = 0.18\text{M}$$

$$C_N = T_R \times \frac{1000}{D_1} = 0.018 \times \frac{1000}{98} = 0.18\text{N}$$

- Trường hợp phản ứng xảy ra theo phương trình (2):

Theo phản ứng (2), 1mol H_3PO_4 phân ly ra 3 ion H^+ để kết hợp với 3ion OH^- của 3 mol KOH nên đương lượng gam của H_3PO_4 trong trường hợp phản ứng này là:

$$D_2 = \frac{M}{3} = \frac{98}{3} = 32.67 \text{ gam}$$

Vì vậy, nồng độ C_N của dung dịch H_3PO_4 trong trường hợp phản ứng (2) là:

$$C_N = T_R \times \frac{1000}{D_2} = 0.018 \times \frac{1000}{32.67} = 0.55\text{N}$$

IV. Định luật đương lượng

Trong một phản ứng hoá học, các chất phản ứng với nhau theo số đương lượng gam như nhau và các chất tạo thành sau phản ứng cũng tương đương với nhau về số đương lượng gam

Ví dụ, trong phản ứng $nA + mB = pC + qD$

Mặc dù hệ số của các chất tham gia và tạo thành sau phản ứng khác nhau nhưng số đương lượng gam của chúng bằng nhau

Nếu là phản ứng trong dung dịch thì ta có: $C_{NA} \cdot V_A = C_{NB} \cdot V_B$

Trong đó: C_{NA} , C_{NB} là nồng độ đương lượng của chất A và B

V_A , V_B là thể tích của dung dịch A và B tham gia phản ứng

Thí dụ 1: Chuẩn độ 20ml dung dịch NaOH thì thấy tiêu tốn 15.7 ml dung dịch HCl 0.05N. Hãy viết phương trình phản ứng và tính nồng độ của dung dịch NaOH?

Phương trình phản ứng chuẩn độ : $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

Từ phương trình của định luật đương lượng

$$C_{N \text{ NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} = C_{N \text{ HCl}} \times V_{\text{HCl}}$$

Ta có, nồng độ của dung dịch NaOH cần xác định là

$$C_{N \text{ NaOH}} = \frac{C_{\text{NHCl}} \times V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}}} = \frac{15.7 \times 0.05}{20} = 0.04\text{N}$$

Thí dụ 2: Để xác định nồng độ của dung dịch NaOH người ta lấy vào bình tam giác 25ml dung dịch axit oxalic 0.05N, rồi chuẩn độ bằng dung dịch NaOH. Kết quả thấy tiêu tốn 35.4ml dung dịch NaOH. Hãy tính nồng độ và độ chuẩn của dung dịch NaOH?

Theo đề bài ra ta thấy, cứ 25ml dung dịch axit oxalic 0.05N thì phản ứng hết với 35.4ml dung dịch NaOH. Do đó, số đương lượng của axit oxalic tham gia phản ứng bằng số đương lượng của NaOH, có nghĩa là:

$$25 \times 0.05 = 35.4 \times C_{N \text{ NaOH}}$$

Suy ra, nồng độ đương lượng của dung dịch NaOH cần xác định là:

$$C_{N \text{ NaOH}} = \frac{25 \times 0.05}{35.4} = 0.035\text{N}$$

Độ chuẩn của dung dịch NaOH là:

$$\text{áp dụng công thức } C_N = T_R \times \frac{1000}{D}$$

$$\text{Suy ra } T_R = C_N \times \frac{D}{1000} = 0.035 \times \frac{40}{1000} = 0.0014\text{g/ml}$$

Thí dụ 3: Hoà tan 0.1260gam $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ trong nước, axit hoá bằng H_2SO_4 rồi chuẩn độ với dung dịch KMnO_4 hết 18.75ml KMnO_4 . Tính nồng độ mol của KMnO_4 ?

Phương trình của phản ứng chuẩn độ: