

Cơ sở Hóa học phân tích

Mã học phần: CH3330 và CH3331
 Khối lượng: 3 (3-1-0-6)
 Lý thuyết: 45 tiết
 Bài tập: 15 tiết

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 1

1

Cơ sở Hóa học phân tích

Tài liệu tham khảo

Tiếng Anh:

1. Douglas A. Skoog, Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch (2004), *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 8th edition, Thomson, USA.
2. Daniel C. Harris (2006), *Quantitative analytical chemistry*, 7th edition. W. H. Freeman, New York

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 1

4

Cơ sở Hóa học phân tích

PHÂN TÍCH ĐỊNH LƯỢNG

CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH HÓA HỌC

Phần I: Nhóm các phương pháp phân tích thể tích (PTTT)

- Chương 1: Đại cương về các PP PTTT
- Chương 2: Phương pháp chuẩn độ axit – bazơ
- Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
- Chương 4: Phương pháp chuẩn độ kết tủa
- Chương 5: PP chuẩn độ oxy hóa – khử

Phần II: Phương pháp phân tích khối lượng

- Chương 6: Phương pháp phân tích khối lượng

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 1

2

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất

3.1.1. Khái niệm phức chất

Phức chất là những phần tử được tạo thành bởi một ion kim loại, được gọi là ion trung tâm (M), liên kết với một số ion âm hay phân tử trung hòa, được gọi là phối tử (L). Trong đó, số phối tử bao quanh ion trung tâm không tuân theo tỉ lệ hợp thức được xác định bởi quan hệ hóa trị thông thường.

VD: phức $[Ag(NH_3)_2]Cl$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 5

5

Cơ sở Hóa học phân tích

Tài liệu tham khảo

Tiếng Việt:

1. Bài giảng
2. Trần Bình (1997), *Bài giảng chuẩn hóa học phân tích*. NXB ĐHBKHN
3. Hoàng Minh Châu, Từ Văn Mặc, Từ Vọng Nghi (2002), *Cơ sở hóa học phân tích*. NXB KHKT
4. Trần Tứ Hiếu (2002), *Hóa học phân tích*, NXB ĐHQGHN
5. Nguyễn Tinh Dung (2007), *Hóa học phân tích – Phần III*, NXB GD

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 1

3

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất

3.1.1. Khái niệm phức chất

- **Cầu nối: tập hợp ion trung tâm và phối tử tạo nên cầu nối của phức chất. Cầu nối thường được đặt trong dấu ngoặc vuông []. Tổng điện tích của các thành phần trong cầu nối tạo nên điện tích của cầu nối phức chất.**
- **Các ion mang điện tích để trung hòa điện tích cầu nối được gọi là cầu ngoại của phức chất.**
- **Số phối trí: là số liên kết mà ion trung tâm tạo thành với các phối tử. Số phối trí thường là 2, 4, 6**

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 6

6

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất

3.1.1. Khái niệm phức chất

- Số phối trí 2: đặc trưng với Ag(I), Au(I), Cu(I), Hg(II),...
- Phức chất có cấu trúc thẳng, ví dụ: $[\text{ClCuCl}]$, $[\text{H}_3\text{NAgNH}_3]^+$, $[\text{ClAuCl}]$, $[\text{NCHgCN}]$, ...
- Số phối trí 4: đặc trưng với Cu(II), Zn(II), Pd(II), Pt(II),...
- Phức có cấu hình tứ diện và cấu hình vuông phẳng.
- Phức chất tứ diện: $[\text{BeF}_4]^{2-}$, $[\text{BF}_4]^-$, $[\text{ZnCl}_4]^{2-}$, $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$, $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$, $[\text{FeCl}_4]^-$, $[\text{CoCl}_4]^{2-}$, $[\text{Co}(\text{NCS})_4]^{2-}$, $[\text{Co}(\text{CO})_4]^{2-}$, ...
- Phức chất vuông phẳng: đặc trưng với Pt(II), Pd(II), Au(III), Rh(I), Ir(I), ...
- Số phối trí 6: đặc trưng với Cr(III), Co(III), Fe(III), Pt(IV),...
- Phức chủ yếu có cấu hình bát diện, ví dụ như: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, $[\text{Ti}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$, $[\text{Mo}(\text{CO})_6]$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{RhCl}_6]^{3-}$, ...

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 7

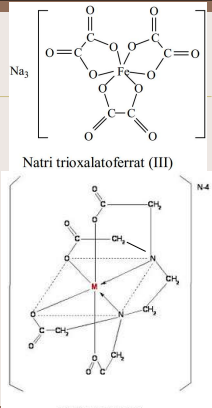
7

III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất

3.1.3. Phức vòng càng, hợp chất nội phức

Phức chất vòng: phối tử liên kết với ion trung tâm qua một số nguyên tử tạo thành các vòng

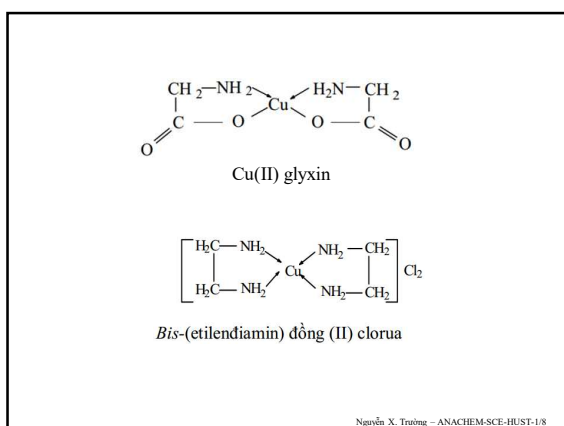
Hợp chất nội phức: cùng một phối tử liên kết với ion trung tâm bằng liên kết cộng hóa trị và bằng liên kết cho nhận.



Natri trioxalatoferrat (III)

A metal EDTA complex

10



8

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất

3.1.4. Danh pháp của phức chất

Phức chất cation:

- (di,tri,...)tên phối tử axit (o) + (di,tri,...)tên phối tử trung hòa + tên ion trung tâm (mức oxi hóa) + tên anion cầu ngoại
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$: hexaamincoban(III) clorua
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{SO}_4$: cloropentaamincoban(III) sunfat
- $[\text{Cr}(\text{En})_2(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}_3$: dietelendiamindiaquocrom(III) clorua

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 11

11

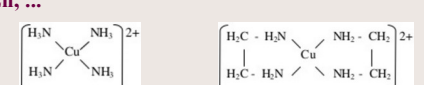
Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất

3.1.2. Phối tử đơn càng – đa càng

Phối tử đơn càng: là phối tử chỉ có khả năng tạo ra một liên kết với ion trung tâm như H_2O , NH_3 , Cl^- , ...

Phối tử đa càng: là những phối tử tạo được 2 hay nhiều liên kết với ion trung tâm như $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, En, ...



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 9

9

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất

3.1.4. Danh pháp của phức chất

Phức chất anion:

- (di,tri,...)tên phối tử axit (o) + (di,tri,...)tên phối tử trung hòa + tên ion trung tâm + at (mức oxi hóa) + tên cation cầu ngoại
- $\text{NH}_4[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$: tetranitrodiamincoban(III) amoni
- $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: hexaxianoferrat(III) kali
- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: hexaxianoferrat(II) kali

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 12

12

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.1. Sơ lược về cấu tạo của phức chất
3.1.5. Liên kết trong phức

a. Thuyết cộng hóa trị của Lewis
 Phản ứng tạo phức là phản ứng axit – bazơ Lewis.
 Theo Lewis, liên kết hóa học được tạo thành bởi cặp electron dùng chung giữa 2 nguyên tử liên kết.
 Axit Lewis: chất nhận electron
 Bazơ Lewis: chất cho electron
 Ví dụ: $Ag^+ + 2NH_3 \rightleftharpoons H_3N: Ag :NH_3$

b. Lý thuyết hiện đại

- Thuyết liên kết hóa trị VB – thuyết Pauling
- Thuyết trường tinh thể
- Thuyết trường phối tử (thuyết orbital phân tử - MO)

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 13

13

3.2.1. Hằng số bền, hằng số không bền
Bảng 13.2 Hằng số bền của phức kim loại với EDTA (ở 20°C và lực ion bằng 0,1)

Cation	K_{MY}	lgK_{MY}	Cation	K_{MY}	lgK_{MY}
Ag^+	$2,1 \cdot 10^7$	7,32	Cu^{2+}	$6,3 \cdot 10^{18}$	18,80
Mg^{2+}	$4,9 \cdot 10^8$	8,69	Zn^{2+}	$3,2 \cdot 10^{16}$	16,50
Ca^{2+}	$5,0 \cdot 10^{10}$	10,70	Cd^{2+}	$2,9 \cdot 10^{16}$	16,46
Sr^{2+}	$4,3 \cdot 10^8$	8,63	Hg^{2+}	$6,3 \cdot 10^{21}$	21,80
Ba^{2+}	$5,8 \cdot 10^7$	7,76	Pb^{2+}	$1,1 \cdot 10^{18}$	18,04
Mn^{2+}	$6,2 \cdot 10^{13}$	13,79	Al^{3+}	$1,3 \cdot 10^{16}$	16,13
Fe^{2+}	$2,1 \cdot 10^{14}$	14,33	Fe^{3+}	$1,3 \cdot 10^{25}$	25,1
Co^{2+}	$2,0 \cdot 10^{16}$	16,31	V^{3+}	$7,9 \cdot 10^{25}$	25,9
Ni^{2+}	$4,2 \cdot 10^{18}$	18,62	Th^{4+}	$1,6 \cdot 10^{23}$	23,2

Nguyễn X. Trường – ANACHEM-SCE-HUST-1/16

16

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.2. Cân bằng trong dung dịch phức
3.2.1. Hằng số bền, hằng số không bền

Xét sự tạo phức giữa Cu^{2+} và NH_3 :

$$Cu^{2+} + NH_3 \rightleftharpoons Cu(NH_3)^{2+} \quad \beta_1, K_1$$

$$Cu(NH_3)^{2+} + NH_3 \rightleftharpoons Cu(NH_3)_2^{2+} \quad \beta_2, K_2$$

$$\dots$$

$$Cu^{2+} + 4NH_3 \rightleftharpoons Cu(NH_3)_4^{2+} \quad \beta, K$$

- β_1, β_2, \dots - hằng số bền: đại lượng đặc trưng cho khả năng tạo phức
- $K_1 = 1/\beta_1; K_2 = 1/\beta_2; \dots$ - hằng số không bền: đại lượng đặc trưng cho sự phân ly phức chất

$$\beta_1 = \frac{[Cu(NH_3)^{2+}]}{[Cu^{2+}][NH_3]} = \frac{1}{K_1}; \beta_2 = \frac{[Cu(NH_3)_2^{2+}]}{[Cu(NH_3)^{2+}][NH_3]} = \frac{1}{K_2}; \dots$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 14

14

3.2.2. Nồng độ cân bằng của các cấu tử trong dung dịch phức

- Giả sử ion M (nồng độ ban đầu C_m) tạo phức bậc 2 với phối tử L (nồng độ ban đầu C_L) theo từng nấc:

$$M + L \rightleftharpoons ML \quad \beta_1 = \frac{[ML]}{[M].[L]} \quad (1)$$

$$ML + L \rightleftharpoons ML_2 \quad \beta_2 = \frac{[ML_2]}{[ML].[L]} \quad (2)$$

- Theo định luật bảo toàn khối lượng:

$$[M] + [ML] + [ML_2] = C_m \quad \rightarrow [M] = \frac{C_m}{1 + \beta_1[L] + \beta_1\beta_2[L]^2}$$

Từ (1) $\rightarrow [ML] = \beta_1.[M].[L]$

$$[M] + \beta_1.[M].[L] + \beta_1\beta_2.[M].[L]^2 = C_m \quad \rightarrow [ML] = \frac{C_m\beta_1[L]}{1 + \beta_1[L] + \beta_1\beta_2[L]^2}$$

$$\rightarrow [ML_2] = \frac{C_m\beta_1\beta_2[L]^2}{1 + \beta_1[L] + \beta_1\beta_2[L]^2}$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 17

17

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.2. Cân bằng trong dung dịch phức
3.2.1. Hằng số bền, hằng số không bền

- β, K - hằng số bền và không bền tổng cộng

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4 = \beta_{1,4}$$

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = K_{1,4}$$

$$\beta = \frac{[Cu(NH_3)_4^{2+}]}{[Cu^{2+}][NH_3]^4} = \frac{1}{K}$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 15

15

3.2.2. Nồng độ cân bằng của các cấu tử trong dung dịch phức

- Trường hợp tổng quát:

$$[M] = \frac{C_m}{1 + \beta_1[L] + \beta_1\beta_2[L]^2 + \dots + \beta_1\beta_2 \dots \beta_n[L]^n}$$

$$[ML] = \frac{C_m\beta_1[L]}{1 + \beta_1[L] + \beta_1\beta_2[L]^2 + \dots + \beta_1\beta_2 \dots \beta_n[L]^n}$$

...

$$[ML_n] = \frac{C_m\beta_1 \dots \beta_n[L]^n}{1 + \beta_1[L] + \beta_1\beta_2[L]^2 + \dots + \beta_1\beta_2 \dots \beta_n[L]^n}$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 18

18

3.2.2. Nồng độ cân bằng của các cấu tử trong dung dịch phức

- **Ví dụ 1:** Tính $[Ag^+]$ và $[CN^-]$ trong dung dịch phức $Ag(CN)_2^-$ 0,1M; biết $\beta = 10^{21}$

Giải

– Cân bằng trong dung dịch



– Biểu thức hằng số bền:

$$\beta = \frac{[Ag(CN)_2^-]}{[Ag^+][CN^-]^2} = \frac{0,1 - [Ag^+]}{[Ag^+].4[Ag^+]^2}$$

Giả sử $[Ag^+] \ll 0,1M \rightarrow [Ag^+] = 2,9 \cdot 10^{-8}M$

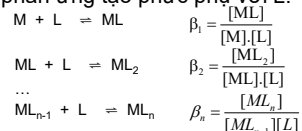
Vậy giá thiết là đúng $\rightarrow [CN^-] = 5,8 \cdot 10^{-8}M$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 19

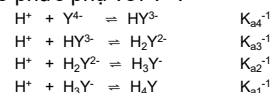
19

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và sự tạo phức phụ, hằng số bền điều kiện

– M có phản ứng tạo phức phụ với L:



– H^+ tạo phức phụ với Y^{4-} :



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 22

22

3.2.2. Nồng độ cân bằng của các cấu tử trong dung dịch phức

- **Ví dụ 2:** Tính nồng độ cân bằng của các cấu tử trong dung dịch $Ag(NH_3)_2^+$ $10^{-2}M$, biết $K = 6,8 \cdot 10^{-8}$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 20

20

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và sự tạo phức phụ, hằng số bền điều kiện

- Gọi $[M]'$ là tổng nồng độ các dạng của M (không tính MY), khi đó:

$$[M]' = [M] + [ML] + [ML_2] + \dots + [ML_n] \quad (1)$$

- Gọi $[Y^{4-}]'$ là tổng nồng độ của Y^{4-} (không tính MY):

$$[Y^{4-}]' = [Y^{4-}] + [HY^{3-}] + [H_2Y^{2-}] + [H_3Y^-] + [H_4Y] \quad (2)$$

- Từ (1):

$$\begin{aligned} [M]' &= [M] + \beta_1[M][L] + \beta_{1,2}[M][L]^2 + \dots + \beta_{1,n}[M][L]^n \\ &= [M] \underbrace{\left(1 + \beta_1[L] + \beta_{1,2}[L]^2 + \dots + \beta_{1,n}[L]^n\right)}_{\alpha_{M(L)}} \end{aligned}$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 23

23

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và sự tạo phức phụ, hằng số bền điều kiện

- Giả sử trong dung dịch phức MY^{2-} có mặt ion L và H^+ .

Trong đó:

- Ion lạ L có khả năng tạo phức phụ với M
- H^+ có khả năng tạo phức phụ với phối tử Y^{4-}

- Các cân bằng trong dung dịch:



$$\beta = \frac{[MY]}{[M][Y]} \quad (\text{không viết điện tích})$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 21

21

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và sự tạo phức phụ, hằng số bền điều kiện

- Từ (2):

$$[Y^{4-}]' = [Y^{4-}] \cdot \underbrace{\left(1 + \frac{[H^+]}{K_4} + \frac{[H^+]^2}{K_4 \cdot K_3} + \frac{[H^+]^3}{K_4 \cdot K_3 \cdot K_2} + \frac{[H^+]^4}{K_4 \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1}\right)}_{\alpha_{Y(H)}}$$

$$\Rightarrow \beta' = \frac{[MY]}{[M]'[Y^{4-}]'} = \beta \cdot \frac{1}{\alpha_{M(L)} \cdot \alpha_{Y(H)}}$$

Hoặc $K' = K \cdot \alpha_{M(L)} \cdot \alpha_{Y(H)}$

- β' và K' gọi là hằng số bền điều kiện, phụ thuộc vào pH, các hằng số bền của phản ứng tạo phức phụ $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ và nồng độ của L.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 24

24

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và sự tạo phức phụ, hằng số bền điều kiện

- Gọi phần mol của thuốc thử không tham gia tạo phức tồn tại ở dạng Y^{4-} là α_4 :

$$\alpha_4 = \frac{[Y^{4-}]}{[Y^{4-}]'} = \frac{1}{\alpha(Y)H} = \frac{1}{[H^+]^4 + [H^+]^3 K_{a1} + \dots + K_{a1}K_{a2}K_{a3}K_{a4}}$$

$\rightarrow \alpha_4$ chỉ phụ thuộc vào pH và các hằng số phân ly

$$\beta^i = \beta \frac{\alpha_4}{\alpha_{M(L)}}$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 25

25

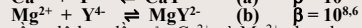
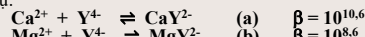
Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.2. Cân bằng trong dung dịch phức

3.2.4. Cân bằng tạo phức giữa 2 cation và 1 phối tử (1 cation và 2 phối tử)

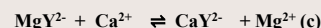
- Nếu có 2 cation cùng tạo phức với 1 phối tử thì có thể dự đoán được quá trình nào chiếm ưu thế căn cứ vào HSB của phức và nồng độ của 2 cation.

- Ví dụ:



- + Nếu nồng độ ban đầu của Ca^{2+} và Mg^{2+} như nhau thì khi thêm Y^{4-} vào dung dịch, quá trình (a) xảy ra trước.

- + Cho vào dung dịch phức MgY^{2-} một lượng dung dịch Ca^{2+} đủ thì sẽ có phản ứng chuyển dịch phức tạo thành phức bền hơn (c).



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 28

28

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và sự tạo phức phụ, hằng số bền điều kiện

pH	α_4	pH	α_4
2,0	$3,7 \cdot 10^{-14}$	7,0	$4,8 \cdot 10^{-4}$
3,0	$2,5 \cdot 10^{-11}$	8,0	$5,4 \cdot 10^{-3}$
4,0	$3,6 \cdot 10^{-9}$	9,0	$5,2 \cdot 10^{-2}$
5,0	$3,5 \cdot 10^{-7}$	10,0	$3,5 \cdot 10^{-1}$
6,0	$2,2 \cdot 10^{-5}$	11,0	$8,5 \cdot 10^{-1}$
		12,0	$9,8 \cdot 10^{-1}$

Nguyễn X. Trường - ANACHEM-SCE-HUST-1/26

26

3.2.4. Cân bằng tạo phức giữa 2 cation và 1 phối tử (1 cation và 2 phối tử)

- Ví dụ 1:** Tính nồng độ các cấu tử có trong dung dịch hỗn hợp gồm $MgY^{2-} 10^{-2}M$ và $Ca^{2+} 10^{-2}M$. Biết:

$$- \beta (MgY^{2-}) = 10^{8,7}$$

$$- \beta (CaY^{2-}) = 10^{10,7}$$

Giải

- **Nhận xét:** từ giá trị HSB của 2 phức MgY^{2-} và CaY^{2-}

$$\beta_{CaY^{2-}} > \beta_{MgY^{2-}}$$

- \rightarrow Có phản ứng chuyển dịch tạo thành phức bền hơn:



Từ phản ứng: $[CaY^{2-}] = [Mg^{2+}]$

Nguyễn X. Trường - ANACHEM-SCE-HUST-1/29

29

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và sự tạo phức phụ, hằng số bền điều kiện

- Ví dụ 1:** Tính nồng độ cân bằng của Mg^{2+} , Y^{4-} , MgY^{2-} khi trong dung dịch có $Mg^{2+} 10^{-2}M$, $Y^{4-} 10^{-2}M$, pH = 11. Biết:

- $\beta (MgY^{2-}) = 10^{8,7}$

- $\beta (MgOH^+) = 10^{2,58}$

- H_4Y có $pK_1 = 2$; $pK_2 = 2,67$; $pK_3 = 6,27$; $pK_4 = 10,95$

Nguyễn X. Trường - ANACHEM-SCE-HUST-1/27

27

3.2.4. Cân bằng tạo phức giữa 2 cation và 1 phối tử (1 cation và 2 phối tử)

$$\beta_{CaY^{2-}} = \frac{[CaY^{2-}]}{[Ca^{2+}][Y^{4-}]} \rightarrow [CaY^{2-}] = \beta_{CaY^{2-}} \cdot [Ca^{2+}] \cdot [Y^{4-}]$$

$$\beta_{MgY^{2-}} = \frac{[MgY^{2-}]}{[Mg^{2+}][Y^{4-}]} \rightarrow [Mg^{2+}] = \frac{[MgY^{2-}]}{\beta_{MgY^{2-}} \cdot [Y^{4-}]}$$

$$\beta_{CaY^{2-}} [Y^{4-}] = \frac{1}{\beta_{MgY^{2-}} [Y^{4-}]}$$

$$\rightarrow [Y^{4-}] = \sqrt{\frac{1}{\beta_{CaY^{2-}} \cdot \beta_{MgY^{2-}}}} = 10^{-9,7} M$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 30

30

3.2.4. Cân bằng tạo phức giữa 2 cation và 1 phối tử (1 cation và 2 phối tử)

– Theo định luật bảo toàn khối lượng:

$$[Mg^{2+}] + [MgY^{2-}] = 10^{-2} M$$

$$\rightarrow [Mg^{2+}] = 9,1 \cdot 10^{-3} M$$

$$\rightarrow [Ca^{2+}] = 9,0 \cdot 10^{-4} M$$

• **Ví dụ 2:** Thêm lần lượt 0,3 mol KSCN và 0,2 mol $Na_2C_2O_4$ vào 1 lit dung dịch $FeCl_3$ 0,1M. Tính gần đúng $[FeSCN^{2+}]$. Biết:

$$\beta (FeSCN^{2+}) = 10^{3,03}$$

$$\beta (FeC_2O_4^+) = 2,5 \times 10^9$$

Giải:

Áp dụng định luật bảo toàn khối lượng.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 31

31

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.3. Chuẩn độ tạo phức

3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon

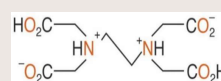
a. Thuốc thử complexon

Complexon là tên gọi chung chỉ một nhóm các thuốc thử hữu cơ là dẫn xuất của axit amino polycarboxylic

- Complexon I: nitrilo triaxit axetic, viết tắt là H_3Y



- Complexon II: etilendiamin tetraaxit axetic (EDTA), H_4Y



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 34

34

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.2. Cân bằng trong dung dịch phức

3.2.4. Ứng dụng của sự tạo phức chất trong hóa phân tích

- Phản ứng tạo thành phức chất có màu sử dụng trong phương pháp phân tích đo quang.

- Tạo thành hợp chất nội phức bên in tan trong nước, tan nhiều trong dung môi hữu cơ sử dụng trong phương pháp chiết, tách và làm giàu

- Phản ứng tạo thành phức để che các ion lạ cản trở quá trình phân tích.

Ví dụ:

+ Dùng CN^- để che các ion Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} khi chuẩn độ Ca^{2+} và Mg^{2+} trong hỗn hợp có chứa các ion trên.

+ Dùng H_3PO_4 để tạo phức không màu với Fe^{3+} trong phản ứng chuẩn độ dung dịch $Fe(II)$ bằng $KMnO_4$.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 32

32

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.3. Chuẩn độ tạo phức

3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon

a. Thuốc thử complexon

- **Complexon III:** muối dinatri của EDTA ($Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$) gọi là trilon B.



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 35

35

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.3. Chuẩn độ tạo phức

3.3.1. Chuẩn độ bằng thuốc thử vô cơ

Chất chuẩn	Chất cần định lượng	Ghi chú
$Hg(NO_3)_2$	Cl^- , Br^- , SCN^- , CN^-	Tạo phức trung hòa điện của $Hg(II)$, CCT là diphenyl carbazit (pH = 1,5 – 2,6) hoặc diphenyl carbazon (pH = 2,0 – 3,5)
$AgNO_3$	CN^-	Sản phẩm của phản ứng là phức $Ag(CN)_2^-$; CCT là I ⁻ (chuẩn độ đến xuất hiện đục do $AgI \downarrow$)
KCN	Cu^{2+} , Hg^{2+} , Ni^{2+}	Sản phẩm của phản ứng là phức $Cu(CN)_4^{2-}$, $Hg(CN)_4^{2-}$, $Ni(CN)_4^{2-}$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 33

33

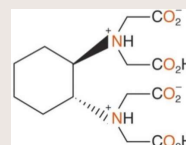
Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.3. Chuẩn độ tạo phức

3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon

a. Thuốc thử complexon

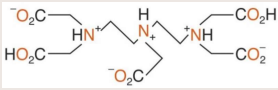
- **Complexon IV:** trans-1,2-diaminocyclohexan tetraaxit axetic



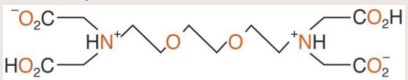
NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 36

36

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
a. Thuốc thử complexon
 - Complexon V: dietyltri amin pentaaxit axetic, DTPA



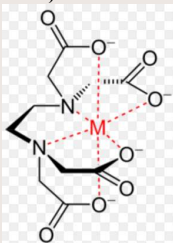
- Complexon VI: bis(aminoethyl)glycoete-N,N,N',N'-tetraaxit axetic, EGTA



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 37

37

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
b. Phức của complexon III với cation kim loại (sự tạo thành complexonat KL)



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 40

40

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
a. Thuốc thử complexon
 - Các complexon tạo phức bền với nhiều ion kim loại, các phản ứng này thỏa mãn tất cả các điều kiện của phép PTTT. Trong đó, **complexon III** là thuốc thử được dùng nhiều nhất vì nó tan tốt trong nước.
 - Sự phân li của complexon trong nước:

$$\begin{aligned} H_4Y &\rightleftharpoons H^+ + H_3Y^- & pK_{a1} &= 2,0 \\ H_3Y^- &\rightleftharpoons H^+ + H_2Y^{2-} & pK_{a2} &= 2,76 \\ H_2Y^{2-} &\rightleftharpoons H^+ + HY^{3-} & pK_{a3} &= 6,16 \\ HY^{3-} &\rightleftharpoons H^+ + Y^{4-} & pK_{a4} &= 10,26 \end{aligned}$$

$$H_4Y \rightleftharpoons 4H^+ + Y^{4-} \quad pK_a = 21,18$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 38

38

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
c. Định phân bằng complexon III (compIII)
Phản ứng chuẩn độ:

$$M^{n+} + Y^{4-} \rightleftharpoons MY^{(4-n)-} \quad \beta = \frac{[MY]}{[M][Y]}$$

Nếu có ảnh hưởng của pH hay phản ứng tạo phức phụ thì thay HSB bằng HSB điều kiện β' .

$$\beta' = \frac{[MY]}{[M][Y]}$$

Đường định phân: Đường cong chuẩn độ được xây dựng dưới dạng $pM (-\lg[M]) - V_{compIII}$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 41

41

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
b. Phức của complexon III với cation kim loại (sự tạo thành complexonat KL)
 - Complexon III tạo phức bền và tan trong nước với nhiều ion kim loại
 - Phản ứng xảy ra theo tỉ lệ mol là 1:1 không phụ thuộc vào điện tích cation

$$Me^{n+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons Me^{(4-n)-} + 2H^+$$

- Cần duy trì môi trường pH không đổi bằng dung dịch đệm do pH ảnh hưởng đến độ bền của complexonat KL (thường dùng pH 8 - 10 bằng đệm $NH_4Cl + NH_4OH$).

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 39

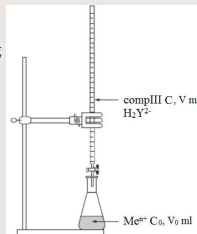
39

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
c. Định phân bằng complexon III (compIII)
Nhận biết điểm tương đương - chất chỉ thị kim loại:
Khái niệm về CCT KL
 Là những chất hữu cơ có màu, màu của CCT phụ thuộc vào pH, CCT có khả năng tạo hợp chất nội phức với ion kim loại. Trong điều kiện cụ thể, màu của CCT KL tự do khác màu của CCT với phức.
Yêu cầu đối với CCT KL
 - CCT KL phải đủ nhạy và chọn lọc;
 - Phức tạo thành giữa CCT KL và ion KL phải kém bền hơn complexonat KL tương ứng: $\beta_{MInd} < \beta_{MY}$
 - Phản ứng tạo phức giữa ion KL và CCT KL phải nhanh và thuận nghịch; phức tạo thành tương đối bền $10^4 < \beta_{MInd}$
 - Sự đổi màu ở ĐTD phải rõ ràng; màu của MY khác hẳn màu của HInd tự do.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 42

42

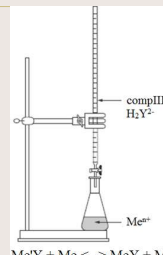
Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
c. Định phân bằng complexon III (compIII)
Chất chỉ thị kim loại:
Cơ chế chuyển màu của CCT KL
 - Khi chưa chuẩn độ: CCT KL tạo phức có màu A với ion KL (có dung dịch đệm ổn định pH).
 $M + HInd \rightleftharpoons MInd + H^+$
 - Chuẩn độ đến ĐTD: xảy ra phản ứng chuyển dịch phức tạo thành phức complexonat KL và giải phóng CCT ở dạng tự do. Dung dịch có màu B của CCT dạng tự do.
 $MInd + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons MY + HInd + H^+$



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 43

43

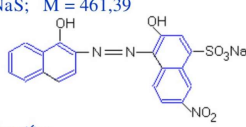
Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
Một số cách định phân
 - Định phân trực tiếp
 - Định phân ngược
 - Định phân thay thế
Nguyên tắc: Cho một lượng dư dung dịch chuẩn của một complexonat KL M' kém bền tác dụng với dung dịch ion KL M cần xác định. Sau đó chuẩn độ lượng ion KL M' giải phóng ra theo phương pháp định phân trực tiếp.
 - Sử dụng khi không tìm được CCT thích hợp:
 - Hoặc phức CCT KL và ion KL cần xác định bền hơn complexonat KL tương ứng;
 - Hoặc sự tạo phức complexonat của KL cần xác định xảy ra chậm.



NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 46


46

Một số chất chỉ thị kim loại thường dùng
+ Eriocrom – T – black (viết tắt là ET – 00 hay NET)(H₃Ind)
Công thức phân tử: C₂₀H₁₃N₃O₇S.
 ET – 00 thường dùng dưới dạng muối Natri có công thức phân tử C₂₀H₁₂N₃O₇NaS; M = 461,39



Chỉ thị NET được dùng ở pH = 7 ÷ 11

Trong dung dịch nước:
 $H_3Ind = H^+ + H_2Ind^-$
 $H_2Ind^- \rightleftharpoons HInd^{2-} + H^+$
 $HInd^{2-} \rightleftharpoons Ind^{3-} + H^+$



Phức tạo thành giữa ETOO và ion KL có màu đỏ nhỏ.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 44

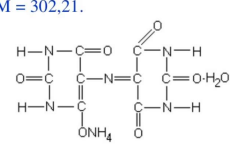
44

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
d. Ví dụ
 Xét sự chuẩn độ V₀ ml dd ion kim loại M có nồng độ đầu là C₀ (mol/l) bằng dung dịch chất tạo phức L nồng độ C (mol/l).
- Phản ứng chuẩn độ:
 $M + nL \rightleftharpoons ML_n \quad \beta = \frac{[ML_n]}{[M][L]^n}$
 $V_{td} = \frac{nC_0V_0}{C}$
- Xây dựng đường định phân: pM (-lg[M]) – V_L
 + Khi chưa chuẩn độ: dd chỉ có ion M
 $pM = -\lg[M] = -\lg C_0$


NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 47

47

Một số chất chỉ thị kim loại thường dùng
+ Murexid
Công thức phân tử: C₈H₈N₆O₆.H₂O; M = 302,21.
 Murexid là acid 4 nấc (H₄Ind⁴⁻)



$H_4Ind^{4-} \rightleftharpoons H_3Ind^{3-} + H^+$
 $H_3Ind^{3-} \rightleftharpoons H_2Ind^{2-} + H^+$
 $H_2Ind^{2-} \rightleftharpoons HInd^{-} + H^+$
 $HInd^{-} \rightleftharpoons Ind^{0} + H^+$



- Xác định Ca²⁺ ở pH ≥ 12. Điểm tương đương ứng với khi dung dịch chuyển từ màu đỏ (màu của CaInd³⁻) sang màu tím xanh (màu của chỉ thị tự do H₂Ind²⁻).
 - Xác định Ni²⁺, Co²⁺, Cu²⁺ ở pH = 8 ÷ 9. Điểm tương đương ứng với khi dung dịch chuyển từ màu vàng (màu của MeInd³⁻) sang tím đỏ (màu của chỉ thị tự do H₃Ind³⁻).

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 45

45

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất
III.3. Chuẩn độ tạo phức
3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon
d. Ví dụ
 + Trước điểm tương đương: ML_n, M dư
 $pM = -\lg[M] = -\lg \frac{V_0 C_0 - \frac{1}{n} CV}{V_0 + V}$
 + Tại ĐTD: ML_n (giả thiết phức phân ly không đáng kể)
 $pM = \frac{1}{n+1} [\lg \beta - \lg \frac{C_0}{n}]$
 $C_p = \frac{C_0 V_0}{V_0 + V}$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 48

48

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.3. Chuẩn độ tạo phức

3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon

d. Ví dụ

+ Sau ĐTĐ: ML_n và L dư

$$pM = \lg \beta - \lg \frac{C_p}{[L_{ex}]^n}$$

$$C_p = \frac{C_0 V_0}{V_0 + V}$$

$$[L_{ex}] = \frac{CV - nC_0 V_0}{V_0 + V}$$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 49

49

III.4. Luyện tập

4.1. Cân bằng trong dung dịch phức

Câu 8*: Phản ứng giữa Mg^{2+} và CCT ET-00 như sau:

$$Mg^{2+} + Ind^{3-} \rightleftharpoons MgInd^- \quad \beta = 10^7$$

Màu đỏ

Màu khác,

$Ind^{3-} + H^+ \rightleftharpoons HInd^{2-}$	$pK_{a3} = 11,5$
da cam xanh	
$HInd^{2-} + H^+ \rightleftharpoons H_2Ind^-$	$pK_{a2} = 6,3$
xanh đỏ	

Tại pH = 10, tính pMg để:

- dung dịch có màu đỏ của phức $MgInd^-$;
- dung dịch có màu xanh của $HInd^{2-}$ tự do.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 52

52

Chương 3: Phương pháp chuẩn độ phức chất

III.3. Chuẩn độ tạo phức

3.3.2. Chuẩn độ bằng thuốc thử hữu cơ – thuốc thử complexon

d. Ví dụ

Ví dụ 1: Định phân 50,0 ml $Hg(NO_3)_2$ 0,1M bằng dung dịch KSCN 0,1M. Cho biết phức tạo thành là $Hg(SCN)_2$ có $\beta = 10^{20}$.

Tính pSCN ở các thời điểm khi thêm dung dịch KSCN đến:

- Trước và sau điểm tương đương với $s = \pm 0,1\%$.
- Điểm tương đương

Ví dụ 2: Xây dựng đường định phân khi chuẩn độ 100,0 ml dung dịch Ca^{2+} 0,10 M bằng dung dịch compIII 0,10 M nếu pH của dung dịch được duy trì ổn định ở pH = 10. Cho biết $\beta(CaY^{2-}) = 5,0 \times 10^{10}$ và H_4Y có các hằng số phân ly axit $K_{a1} = 1,02 \times 10^{-2}$; $K_{a2} = 2,14 \times 10^{-3}$; $K_{a3} = 6,92 \times 10^{-7}$; $K_{a4} = 5,50 \times 10^{-11}$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 50

50

III.4. Luyện tập

4.1. Cân bằng trong dung dịch phức

Câu 9: Tính HSB điều kiện của phức NiY^{4-} trong dung dịch đệm NH_3 1M và NH_4Cl 1,78M. Biết rằng nồng độ của ion Ni^{2+} không đáng kể so với nồng độ NH_3 . Cho biết các hằng số bền tổng cộng của phức $Ni(NH_3)_5^{2+}$ lần lượt là: $\beta_{1,1} = 10^{2,67}$; $\beta_{1,2} = 10^{4,80}$; $\beta_{1,3} = 10^{6,40}$; $\beta_{1,4} = 10^{7,50}$; $\beta_{1,5} = 10^{8,10}$

$\beta(NiY^{2-}) = 10^{18,62}$;
và H_4Y có các hằng số phân ly axit: $K_{a1} = 1,02 \times 10^{-2}$; $K_{a2} = 2,14 \times 10^{-3}$; $K_{a3} = 6,92 \times 10^{-7}$; $K_{a4} = 5,50 \times 10^{-11}$.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 53

53

III.4. Luyện tập

4.1. Cân bằng trong dung dịch phức

Câu 1-5: Trang 42&43, Bài giảng chuẩn HHPT, ĐHBKHN

Câu 6: Thêm lần lượt 0,3 mol KSCN và 0,2 mol $Na_2C_2O_4$ vào 1 lit dung dịch $FeCl_3$ 0,1M. Tính gần đúng $[FeSCN^{2+}]$.
Biết:

$$\beta(FeSCN^{2+}) = 10^{3,03}$$

$$\beta(FeC_2O_4^+) = 2,5 \times 10^9$$

Câu 7: Tính phân mol của Y^{4-} ở các giá trị pH sau: 3,0; 7,0; 11,0.
Cho biết H_4Y có các hằng số phân ly axit: $K_{a1} = 1,02 \times 10^{-2}$; $K_{a2} = 2,14 \times 10^{-3}$; $K_{a3} = 6,92 \times 10^{-7}$; $K_{a4} = 5,50 \times 10^{-11}$.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 51

51

III.4. Luyện tập

4.1. Cân bằng trong dung dịch phức

Câu 10: Tính nồng độ cân bằng của Mg^{2+} , Y^{4-} , MgY^{2-} khi trong dung dịch có Mg^{2+} $10^{-2}M$, Y^{4-} $10^{-2}M$, pH = 11. Biết:

- $\beta(MgY^{2-}) = 10^{8,7}$
- $\beta(MgOH^+) = 10^{2,58}$
- H_4Y có $pK_1 = 2$; $pK_2 = 2,67$; $pK_3 = 6,27$; $pK_4 = 10,95$

Câu 11: Tính nồng độ cân bằng của Mg^{2+} , Y^{4-} , MgY^{2-} khi trong dung dịch có Mg^{2+} $10^{-2}M$, Y^{4-} $2 \times 10^{-2}M$, pH = 11. Biết:

- $\beta(MgY^{2-}) = 10^{8,7}$
- $\beta(MgOH^+) = 10^{2,58}$
- H_4Y có $pK_1 = 2$; $pK_2 = 2,67$; $pK_3 = 6,27$; $pK_4 = 10,95$

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 54

54

II.3. Luyện tập

4.2. Chuẩn độ tạo phức

Câu 1: BT 6/43, Bài giảng chuẩn HHPT, ĐHBKHN

Câu 2: Tính pCa khi chuẩn độ 100,0 ml dung dịch Ca^{2+} 0,10 M bằng dung dịch compIII (H_2Y^{2-}) 0,10 M nếu pH của dung dịch được duy trì ổn định ở pH = 10.

- Thêm được 90,0 ml dung dịch compIII
- Thêm được 100,0 ml dung dịch compIII
- Thêm được 110,0 ml dung dịch compIII

Cho biết $\beta(\text{CaY}^{2-}) = 5,0 \times 10^{10}$ và H_4Y có các hằng số phân ly axit: $K_{a1} = 1,02 \times 10^{-2}$; $K_{a2} = 2,14 \times 10^{-3}$;
 $K_{a3} = 6,92 \times 10^{-7}$; $K_{a4} = 5,50 \times 10^{-11}$.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 55

55

II.3. Luyện tập

4.2. Chuẩn độ tạo phức

Câu 3: Tính pZn trong các dung dịch khi trộn lẫn 40,0; 50,0; 60,0 ml dung dịch compIII 0,001M với 50,0 ml dung dịch Zn^{2+} 0,001M. Giả thiết rằng dung dịch Zn^{2+} và dung dịch compIII đều chứa 0,10M NH_3 và 0,176M NH_4Cl tạo nên giá trị pH không đổi bằng 9. Cho biết các hằng số bền của phức $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ là: $\beta(\text{Zn}(\text{NH}_3)^{2+}) = 1,9 \times 10^2$;
 $\beta(\text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+}) = 2,2 \times 10^2$; $\beta(\text{Zn}(\text{NH}_3)_3^{2+}) = 2,5 \times 10^2$;
 $\beta(\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}) = 1,1 \times 10^2$;
 $\beta(\text{ZnY}^{2-}) = 3,2 \times 10^6$;
 và H_4Y có các hằng số phân ly axit: $K_{a1} = 1,02 \times 10^{-2}$; $K_{a2} = 2,14 \times 10^{-3}$; $K_{a3} = 6,92 \times 10^{-7}$; $K_{a4} = 5,50 \times 10^{-11}$.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 56

56

II.3. Luyện tập

4.2. Chuẩn độ tạo phức

Câu 4: Cân 1,3370 g một mẫu magie oxit (có chứa CaO và tạp chất khác) hòa tan trong $\text{HCl}_{\text{ dư}}$ rồi định mức bằng nước cất đến 500,0 ml.

- Lấy ra 25,0 ml dung dịch, trung hòa bằng NaOH 2N, điều chỉnh pH 10 bằng hỗn hợp đệm $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$, rồi chuẩn độ bằng dung dịch compIII 0,05 N với CCT ET-00 thì tiêu tốn hết 28,75 ml.
- Lấy ra 25,0 ml dung dịch, thêm dung dịch NaOH 2N đến pH ≥ 12 , rồi chuẩn độ bằng dung dịch compIII 0,05 N với CCT murexit thì tiêu tốn hết 5,17 ml.

Tính % khối lượng của MgO và CaO trong mẫu phân tích ban đầu.

Cho: MgO = 40, CaO = 56.

NGUYỄN XUÂN TRƯỜNG - ANACHEM - SCE - HUST 57

57