

# สารประกอบเชิงซ้อน Complex compounds

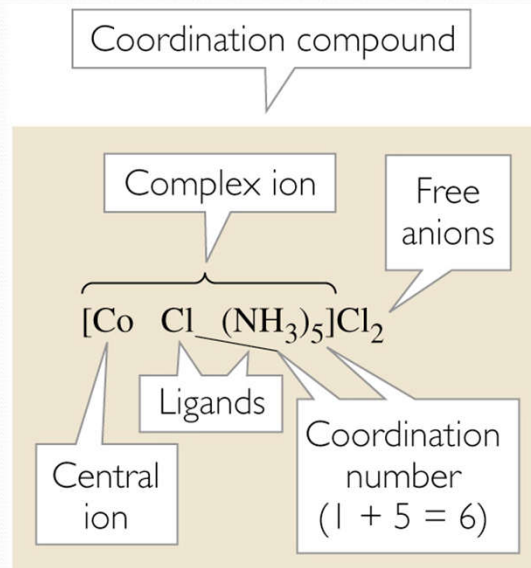
โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี  
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาเขตกำแพงแสน 2560

## สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน

สารประกอบเชิงซ้อน (Complex Compounds) หรือ  
สารประกอบโคออดิเนชัน (Coordinate compounds)  
ประกอบด้วยอะตอมกลาง(โลหะแทรนซิชัน) สร้าง  
พันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนต์กับลิแกนด์

|                                                  |                                        |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|
| $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$          | Diamminedichloroplatinum (II)          |
| $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ | Pentaamminechlorocobalt (III) chloride |
| $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$             | Potassium hexacyanoferrate (II)        |

## สารประกอบเชิงซ้อน ประกอบด้วย



3

ลิแกนด์ (Ligand) คือ ไอออนหรือโมเลกุลที่ล้อมรอบอะตอมกลาง ที่สามารถจะเชื่อมต่อกับอะตอมหรือไอออนกลาง โดยทั่วไปจะเป็นโลหะ ซึ่งจะเชื่อมต่อกับด้วยพันธะโคออร์ดิเนต โคเวเลนต์เช่น  $\text{F}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  เป็นต้น

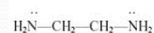
พันธะระหว่างลิแกนด์ และอะตอมกลางที่เป็นโลหะ เป็นพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (ใช้คู่อิเล็กตรอนของลิแกนด์ สร้างพันธะ เรียกว่าอะตอมผู้ให้ (donor atom) )

4

### เลขโคออร์ดิเนชัน (Coordination number)

คือจำนวนลิแกนด์หรือจำนวนอะตอมผู้ให้ที่สร้างพันธะซิกมา (sigma bond) กับอะตอมกลาง (โลหะแทรนซิชัน) โดยทั่วไปมีค่าตั้งแต่ 2 ถึง 8 ที่พบบ่อย คือ 2, 4 และ 6 ขึ้นกับชนิดของลิแกนด์และสิ่งแวดล้อม

|                                         |                      |   |
|-----------------------------------------|----------------------|---|
| $[\text{AgCl}_2]^-$                     | เลขโคออร์ดิเนชันเป็น | 2 |
| $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$       | เลขโคออร์ดิเนชันเป็น | 4 |
| $[\text{CoCl}_6]^{3-}$                  | เลขโคออร์ดิเนชันเป็น | 6 |
| $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]^+$ | เลขโคออร์ดิเนชันเป็น | 6 |
| $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$         | เลขโคออร์ดิเนชันเป็น | 6 |



Ethylenediamine (en)

Bidentate ligand

5

### ไอออนเชิงซ้อน (Complex ion)

คือ สารที่เกิดจากไอออนลบ (Anions) หรือโมเลกุลที่เป็นกลางไม่มีประจุจำนวนหนึ่ง หรือมากกว่านั้นมาสร้างพันธะกับไอออนกลางของโลหะ

- ไอออนเชิงซ้อนมี 2 ชนิดคือ
  - ไอออนบวก  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
  - ไอออนลบ  $[\text{CoCl}_4(\text{NH}_3)_2]^-$

6

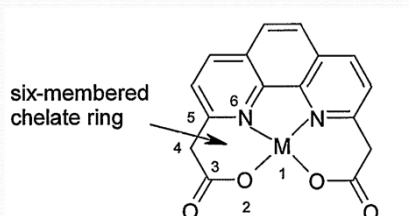
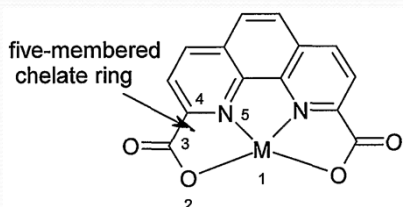
## ลิแกนด์

การเรียกชื่อกลุ่มของลิแกนด์จำแนกตามลักษณะการสร้างพันธะกับอะตอมกลาง โดยดูจากจำนวนอะตอมที่ให้คู่อิเล็กตรอน (donor atom) ในการสร้างพันธะ ดังนี้

1. ยูนิเดนเทต (unidentate) หรือ มอนอดเดนเทต (monodentate)  
ลิแกนด์ที่มีจำนวนอะตอมผู้ให้คู่อิเล็กตรอน 1 อะตอม
2. ไบเดนเทต (bidentate) ลิแกนด์ หรือ ไดเดนเทต (didentate)  
ลิแกนด์ ที่มี จำนวนอะตอมผู้ให้คู่อิเล็กตรอน 2 อะตอม
3. พอลิเดนเทต (polydentate) หรือ มัลติเดนเทต (multidentate)  
ลิแกนด์ที่มีจำนวนอะตอมผู้ให้คู่อิเล็กตรอนหลายอะตอม

7

พอลิเดนเทตลิแกนด์ที่สร้างพันธะกับโลหะแล้วทำให้เกิด วงแหวน (ring) ลักษณะดังรูป เรียกลิแกนด์นั้นว่า เป็น คีเลติง (chelating) ลิแกนด์



8

## Monodentate ligands



Fluoride ion



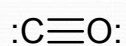
Chloride ion



Bromide ion



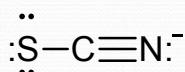
Iodide ion



Carbon monoxide



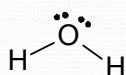
Cyanide ion



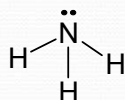
Thiocyanate ion



Hydroxide ion



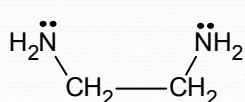
Water



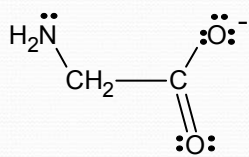
Ammonia

9

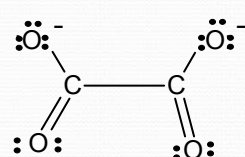
## Bidentate ligands



Ethylenediamine (en)

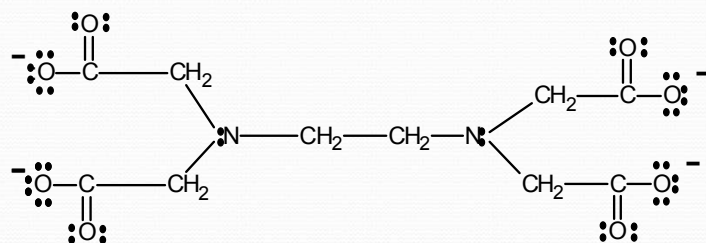


Glycinate ion (gly)



Oxalate ion

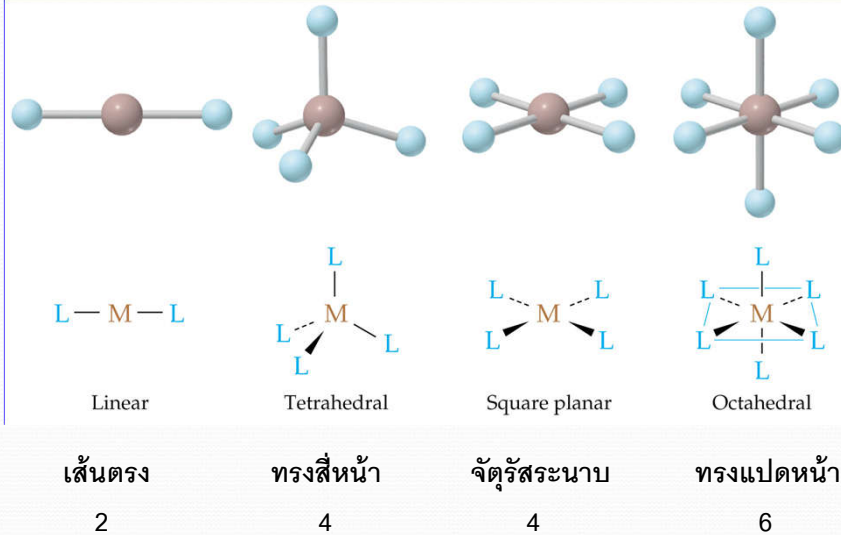
## Hexadentate ligands



Ethylenediaminetetraacetate (EDTA)

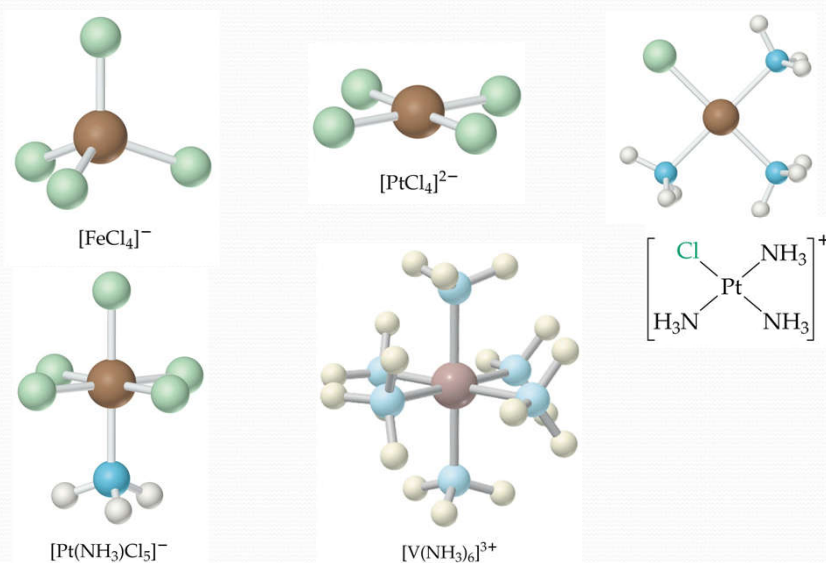
10

## รูปทรงเรขาคณิตของสารประกอบเชิงซ้อน



11

## ตัวอย่างโครงสร้างของไอออนเชิงซ้อน

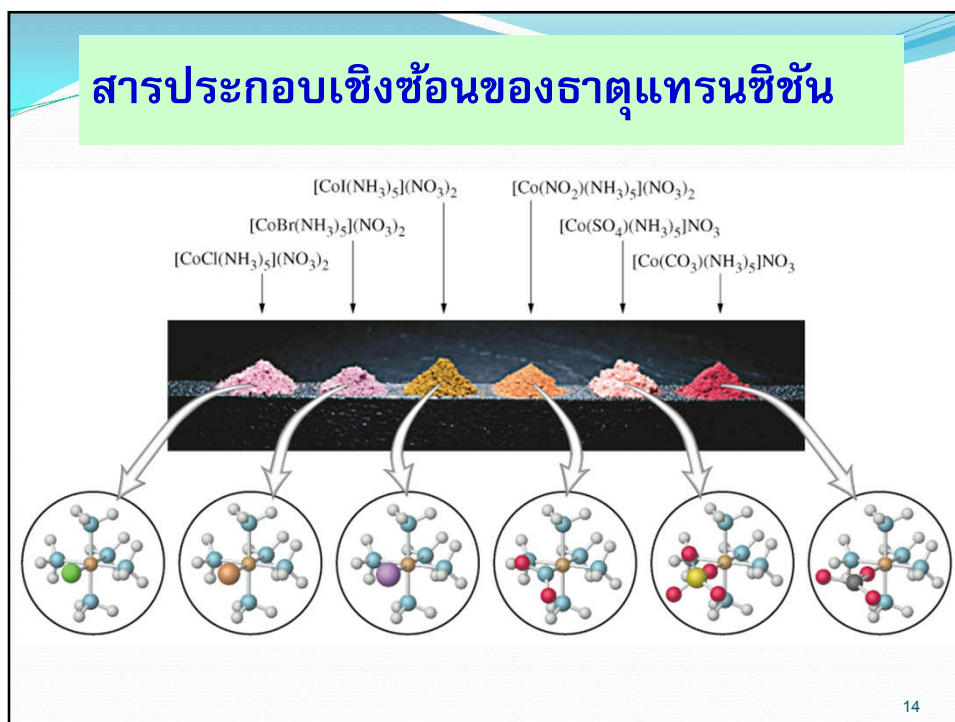


12



| ธาตุแทรนซิชันและสารเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน                                                                                       |                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ธาตุแทรนซิชัน                                                                                                                     | สารเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน                                                                                                                                                |
| เป็นโลหะทุกธาตุ และมีความสามารถเป็นตัวรีดิวซ์ได้                                                                                  | มีอะตอมหรือไอออนของธาตุแทรนซิชันอยู่ตรงกลางและมีไอออน อะตอม หรือโมเลกุล มาล้อมรอบโดยสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่างกัน                                                          |
| มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเพิ่มเข้าไปในระดับพลังงานชั้นในที่อยู่ติดกับระดับพลังงานนอกสุด                                             | อาจเป็นไอออนบวก ไอออนลบ หรือเป็นกลางก็ได้                                                                                                                                  |
| บางธาตุมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 (Cr, Cu) และบางธาตุมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 และเมื่อเป็นสารประกอบจะมีเลขออกซิเดชันหลายค่า | มักมีสี และถ้าเลขออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชันเปลี่ยน สีจะเปลี่ยน                                                                                                             |
| มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกันภายในกลุ่ม แต่เล็กกว่าโลหะหมู่ IA และ IIA ในคาบเดียวกัน                                                    | ธาตุแทรนซิชันชนิดหนึ่งอาจเกิดเป็นสารประกอบที่มีองค์ประกอบเหมือนกันได้มากกว่า 1 ชนิด แต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิด และจำนวนโมเลกุล อะตอม หรือไอออน ที่มาล้อมรอบ |

13



14

## สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน

ไอออนของโลหะแทรนซิชันมักเกิดสารเชิงซ้อนกับลิแกนด์ได้ง่าย เช่น  $\text{H}_2\text{O}$  เป็น  $[\text{M}(\text{H}_2\text{O})_6]^{n+}$  และเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสี

| M  | n | สี        | M  | n | สี        |
|----|---|-----------|----|---|-----------|
| Sc | 3 | ไม่มี     | Fe | 3 | ม่วงอ่อน  |
| Ti | 3 | ม่วงอ่อน  |    | 2 | เขียวอ่อน |
| V  | 3 | เขียวอ่อน | Co | 2 | ชมพู      |
|    | 2 | ม่วงอ่อน  | Ni | 2 | เขียว     |
| Cr | 3 | ม่วงอ่อน  | Cu | 2 | น้ำเงิน   |
|    | 2 | ฟ้า       | Zn | 2 | ไม่มีสี   |
| Mn | 2 | ชมพูอ่อน  |    |   |           |

15

## สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน

ตารางแสดงสารประกอบเชิงซ้อนบางชนิดและไอออนองค์ประกอบ

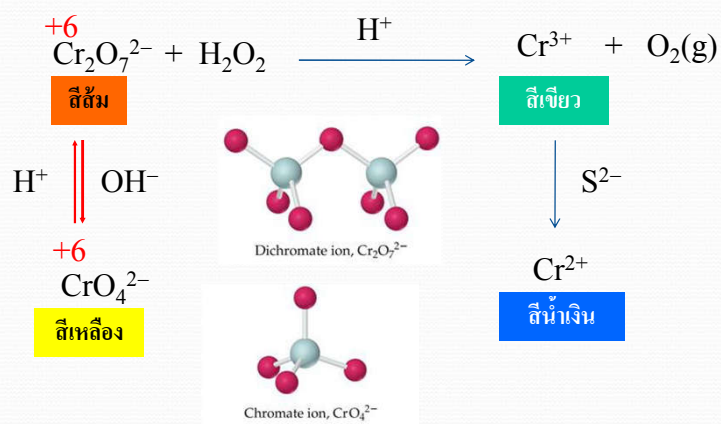
| สารประกอบเชิงซ้อน                              | ไอออนบวก                                 | ไอออนลบ                         | สีของสารประกอบ |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|----------------|
| $\text{KMnO}_4$                                | $\text{K}^+$                             | $[\text{MnO}_4]^-$              | ม่วงแดง        |
| $\text{K}_2\text{MnO}_4$                       | $2\text{K}^+$                            | $[\text{MnO}_4]^{2-}$           | เขียว          |
| $\text{PbCrO}_4$                               | $\text{Pb}^{2+}$                         | $[\text{CrO}_4]^{2-}$           | เหลือง         |
| $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$           | $3\text{K}^+$                            | $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ | ส้มแดง         |
| $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$        | $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$        | $[\text{SO}_4]^{2-}$            | คราม           |
| $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{SO}_4$ | $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ | $[\text{SO}_4]^{2-}$            | น้ำเงิน        |

16



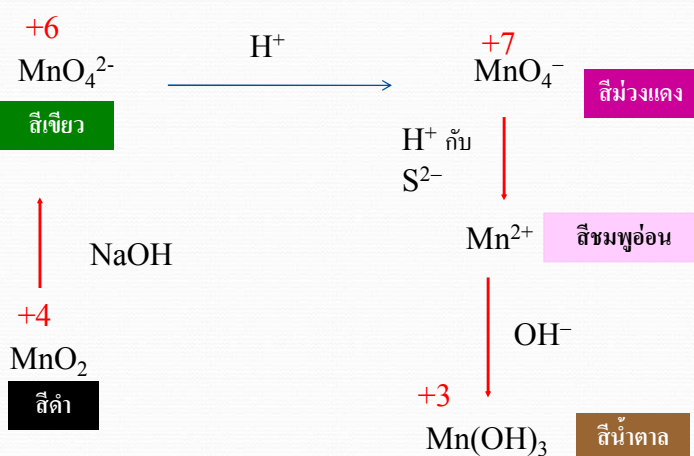
## สีของสารประกอบของโครเมียม และแมงกานีสไอออน

**Cr**



17

**Mn**



18

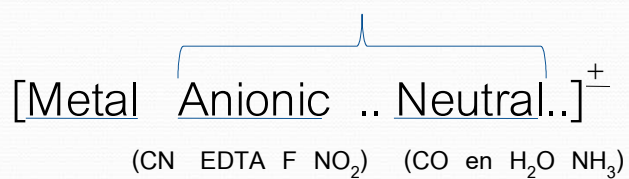
## สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน

| TM | Formula of Hydroxide Precipitate | Colour     | Excess NaOH                         | Excess Ammonia                        |
|----|----------------------------------|------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Cr | $\text{Cr(OH)}_3$                | green      | $[\text{Cr(OH)}_6]^{3-}(\text{aq})$ |                                       |
| Mn | $\text{Mn(OH)}_2$                | cream      |                                     |                                       |
| Fe | $\text{Fe(OH)}_2$                | green      |                                     |                                       |
|    | $\text{Fe(OH)}_3$                | red/brown  |                                     |                                       |
| Co | $\text{Co(OH)}_2$                | light blue |                                     |                                       |
| Ni | $\text{Ni(OH)}_2$                | green      |                                     | $[\text{Ni(NH}_3)_6]^{2+}(\text{aq})$ |
| Cu | $\text{Cu(OH)}_2$                | blue       |                                     | $\text{Cu(NH}_3)_4]^{2+}(\text{aq})$  |
| Zn | $\text{Zn(OH)}_2$                | white      | $[\text{Zn(OH)}_4]^{2-}(\text{aq})$ | $[\text{Zn(NH}_3)_4]^{2+}(\text{aq})$ |

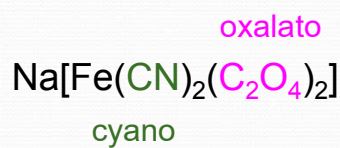
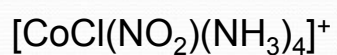
19

## การเขียนสูตรสารประกอบเชิงซ้อน

ligand



เรียงตามลำดับอักษรของสัญลักษณ์



20

## การเรียกชื่อสารประกอบเชิงซ้อน

1. สารประกอบเชิงซ้อนเรียกชื่อไอออนบวกก่อนตามด้วยไอออนลบ

$\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{NO}_2)_6]$  sodium hexanitrochromate (III)

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  diamminesilver (I) chloride

2. การเรียกชื่อไอออนเชิงซ้อน ให้เรียกชื่อลิแกนด์ก่อนแล้วตามด้วยชื่อของไอออนของธาตุแทรนซิชัน

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$   $\text{NH}_3$  เป็น ลิแกนด์

21

## การเรียกชื่อลิแกนด์

- 1) ไอออนลบที่ลงท้ายด้วย -ide เปลี่ยนเป็น -o

| ไอออนลบ         | ชื่อทั่วไป | ชื่อเมื่อเป็นลิแกนด์ |
|-----------------|------------|----------------------|
| $\text{Cl}^-$   | chloride   | chloro               |
| $\text{Br}^-$   | bromide    | bromo                |
| $\text{I}^-$    | iodide     | iodo                 |
| $\text{O}^{2-}$ | oxide      | oxo                  |
| $\text{OH}^-$   | hydroxide  | hydroxo              |

22

2) ไอออนลบที่ลงท้ายด้วย **-ite** หรือ **-ate** เปลี่ยนเป็น **-ito** ,  
**-ato**

| ไอออนลบ                     | ชื่อทั่วไป                  | ชื่อเมื่อเป็นลิแกนด์           |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| $\text{CO}_3^{2-}$          | carbonate                   | carbonato                      |
| $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ | thiosulfate                 | thiosulfato                    |
| $\text{SCN}^-$              | thiocyanate                 | -thiocyano (เกิดพันธะที่ S)    |
|                             | thiocyanate                 | -isothiocyano (เกิดพันธะที่ N) |
| $\text{NO}_2^-$             | nitrite                     | -nitro (เกิดพันธะที่ O)        |
|                             | nitrite                     | -nitro (เกิดพันธะที่ N)        |
| $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ | oxalate                     | oxalato                        |
| EDTA                        | Ethylenediaminetetraacetate | Ethylenediaminetetraacetato    |

23

3) ลิแกนด์ที่เป็นกลาง เรียกชื่อเหมือนกับโมเลกุลที่เป็นกลาง

| ลิแกนด์                                             | ชื่อเมื่อเป็นลิแกนด์ |
|-----------------------------------------------------|----------------------|
| $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ (en) | ethylenediamine      |
| $\text{CH}_2=\text{CH}_2$                           | ethylene             |
| $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}$                  | triphenylphosphine   |
| $\text{C}_6\text{H}_5$                              | phenyl               |
| $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$                      | pyridine             |
| $\text{PF}_3$                                       | trifluorophosphine   |
| $\text{O}_2$                                        | dioxygen             |

24

### ยกเว้น

| ลิแกนด์          | ชื่อเมื่อเป็นลิแกนด์ |
|------------------|----------------------|
| H <sub>2</sub> O | aqua                 |
| NH <sub>3</sub>  | ammine               |
| CO               | carbonyl             |

25

### การเรียกชื่อสารประกอบเชิงซ้อน

3. ถ้าสารประกอบเชิงซ้อนมีลิแกนด์ชนิดเดียวกันมากกว่าหนึ่ง ให้บอกจำนวนที่ซ้ำกันไว้หน้าชื่อลิแกนด์ด้วยภาษากรีก

| จำนวนลิแกนด์ที่ซ้ำกัน | เรียก | polydentate |
|-----------------------|-------|-------------|
| 2                     | di    | bis         |
| 3                     | tri   | tris        |
| 4                     | tetra | tetrakis    |
| 5                     | penta | -           |
| 6                     | hexa  | -           |

26

#### 4. การเรียกชื่อโลหะหรืออะตอมกลาง

1) โลหะในไอออนเชิงซ้อนที่มีประจุบวกและในสารเชิงซ้อนที่ไม่มีประจุ เรียกชื่อโลหะตามชื่อของธาตุนั้น และใส่เลขออกซิเดชันไว้ในวงเล็บต่อจากชื่อโลหะด้วยเลขโรมัน

$[Ag(NH_3)_2]Cl \rightarrow$  ให้เรียก  $Ag^+$  ว่า silver (I)

#### 2) ไอออนเชิงซ้อนมีประจุลบ

เรียกชื่อโลหะตามชื่อของธาตุ โดยเปลี่ยนคำลงท้ายเป็น **-ate** และใส่เลขออกซิเดชันไว้ในวงเล็บต่อจากชื่อโลหะด้วยเลขโรมัน

27

#### ตัวอย่างชื่อโลหะในไอออนเชิงซ้อนมีประจุลบ

| โลหะ | ชื่อโลหะ   | ชื่อโลหะในไอออนเชิงซ้อนที่มีประจุลบ |
|------|------------|-------------------------------------|
| Al   | aluminium  | aluminate                           |
| Cr   | chromium   | chromate                            |
| Mn   | manganese  | manganate                           |
| Ni   | nickel     | nickelate                           |
| Co   | cobalt     | cobaltate                           |
| Zn   | zinc       | zincate                             |
| Mo   | molybdenum | molybdate                           |
| W    | tungsten   | tungstate                           |

28



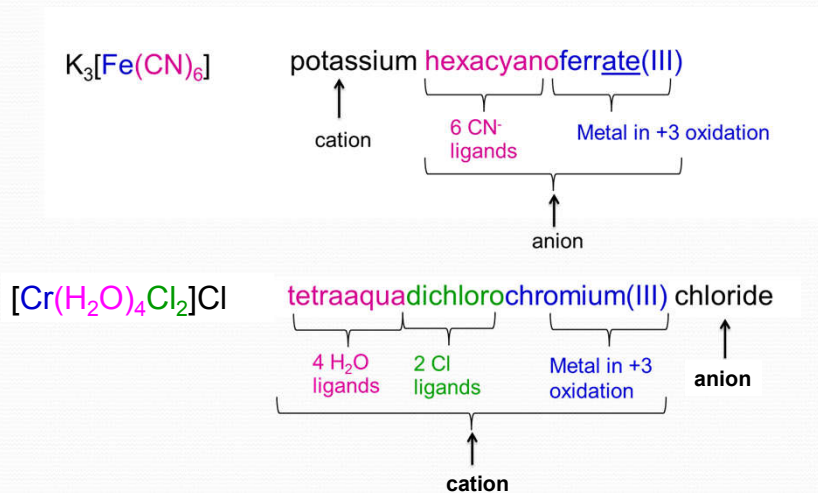
3) โลหะบางชนิดในไอออนเชิงซ้อนที่มีประจุลบ ให้เรียกชื่อเป็นภาษาละติน ลงท้ายด้วย **-ate**

| ธาตุ | ชื่อโลหะ   |           | ชื่อโลหะในไอออนเชิงซ้อน |
|------|------------|-----------|-------------------------|
|      | ภาษาอังกฤษ | ภาษาละติน | ที่มีประจุเป็นลบ        |
| Fe   | iron       | ferrum    | ferrate                 |
| Cu   | copper     | cuprum    | cuprate                 |
| Pb   | lead       | plumbum   | plumbate                |
| Ag   | silver     | argentum  | argentate               |
| Au   | gold       | aurum     | aurate                  |
| Sn   | tin        | stannum   | stannate                |

5. ในกรณีที่สารประกอบเชิงซ้อนนั้นมีลิแกนด์หลายชนิด ให้เรียกชื่อลิแกนด์เรียงตามตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a → z) ตามระบบ IUPAC

- มี space ระหว่าง cation และ anion เท่านั้น (นอกนั้นไม่ต้องมี space) ต้องเขียนเป็นอักษรตัวเล็กทั้งหมด

ตัวอย่าง การเรียกชื่อของสารประกอบเชิงซ้อนนั้นมี  
ลิแกนด์หลายชนิด



31

ตัวอย่างการเรียกชื่อสารประกอบเชิงซ้อน

- $[Co(H_2O)_6]^{2+}$  = Hexaaquacobalt (II) ion
- $[CoCl_6]^{3-}$  = Hexachlorocobaltate (III) ion
- $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$  = Tetraamminedichlorocobalt (III) ion
- $[Co(en)_3]Cl_3$  = Tris(ethylenediamine)cobalt (III) chloride
- $[Ni(CN)_4]^{2-}$  = Tetracyanonickelate (II) ion
- $[Ag(NH_3)_2]^+$  = Diamminesilver (I) ion
- $[Ag(CN)_2]^-$  = Dicyanoargentate (I) ion
- $[Cr(NH_3)_3Cl_3]$  = Triamminetrichlorochromium (III)
- $Na_3[Cr(NO_2)_6]$  = Sodium hexanitrochromate (III)

32

### ตัวอย่างการเรียกชื่อสารประกอบเชิงซ้อน

- $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  = Diamminesilver (I) chloride
- $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  = Tetraamminecopper (II) sulfate
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  = Hexaamminecobalt (III) chloride
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$  = Pentaamminechlorocobalt (III) chloride
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$  = Tetraamminedichlorocobalt (III) chloride
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$  = Tetraamminedichlorocobalt (III) ion
- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Br}]\text{Cl}$  = Triamminebromoplatinum (II) chloride
- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{BrCl}(\text{CH}_3\text{NH}_2)]$  =  
Amminebromochloromethylamineplatinum (II)

33

### ตัวอย่างการเรียกชื่อสารประกอบเชิงซ้อน

- $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  = Potassium hexacyanoferrate (III)
- $\text{K}_3[\text{CoF}_6]$  = Potassium hexafluorocobaltate (III)
- $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$  = Potassium diamminetetrachlorocobaltate (II)
- $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]\text{F}$  = Dichloro bis(ethylenediamine)cobalt (III) fluoride
- $[\text{Fe}(\text{bipy})_3]\text{Cl}_2$  = Tris(bipyridine) iron (II) chloride
- $[\text{Fe}(\text{en})_2(\text{NO}_2)_2]\text{SO}_4$  = Bis(ethylenediamine)dinitroiron (III) sulfate

34

## ตัวอย่าง การเรียกชื่อสารประกอบเชิงซ้อน

| สารประกอบเชิงซ้อน       | ไอออนบวก | ไอออนลบ | เลขโคออร์ดิเนชัน | อ่านชื่อ |
|-------------------------|----------|---------|------------------|----------|
| $K_3[Fe(CN)_6]$         | .....    | .....   | .....            | .....    |
| $[Cu(NH_3)_4]SO_4$      | .....    | .....   | .....            | .....    |
| $[Cr(H_2O)_4Cl_2]ClO_4$ | .....    | .....   | .....            | .....    |
| $Na_3[Cr(NO_2)_6]$      | .....    | .....   | .....            | .....    |
| $Fe_2[Fe(CN)_6]$        | .....    | .....   | .....            | .....    |
| $[Ni(NH_3)_6]Br_2$      | .....    | .....   | .....            | .....    |

35

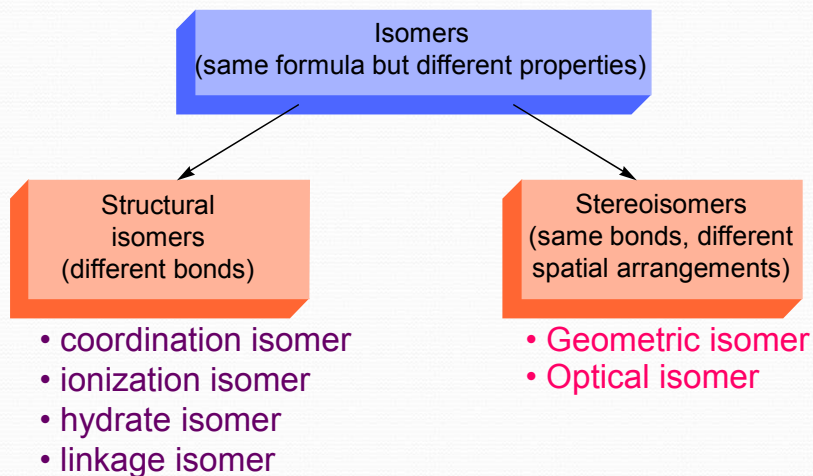
## ไอโซเมอร์ของสารประกอบเชิงซ้อน

สารประกอบต่างชนิดที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่สูตรโครงสร้างต่างกัน

- **Structural isomerism:** สูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่โครงสร้างแตกต่างกัน หรือ มีการเกิดพันธะที่แตกต่างกัน
- **Stereoisomerism:** สูตรโมเลกุลเหมือนกัน และมีโครงสร้างเหมือนกัน แต่มีการจัดเรียงตัวของตำแหน่งลิแกนด์แตกต่างกัน เช่น มีการจัดเรียงตัวตามรูปทรงเรขาคณิต

36

## ไอโซเมอร์ของสารเชิงซ้อน



37

## Structural isomerism

### 1. โคออร์ดิเนชันไอโซเมอร์ (coordination isomer)

=> สารประกอบที่มีแคตไอออนและแอนไอออนเชิงซ้อน ซึ่งทั้งสองไอออนสามารถแลกเปลี่ยนตำแหน่งกันได้

เช่น  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Cr}(\text{CN})_6]$  และ  $[\text{Co}(\text{CN})_6][\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]$

$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6][\text{Cr}(\text{SCN})_6]$  และ

$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4(\text{SCN})_2][\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_4]$

38



## Structural isomerism

### 2. ไอออนไนเซชันไอโซเมอร์ (ionization isomer)

เป็นไอโซเมอร์ที่เกิดการแตกตัวเป็นไอออนต่างกันหรือจากการสลับที่ของลิแกนด์กับไอออนที่อยู่นอก complex ion

เช่น  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$  และ  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Br}]\text{NO}_2$  และ  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{NO}_2]\text{Br}$

ในสารละลายแตกเป็นไอออน

- $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4 \rightarrow [\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
  - $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br} \rightarrow [\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]^+ + \text{Br}^-$
- $\text{BaCl}_2$  ไอออนใดเกิดตะกอน ?

39

## Structural isomerism

### 3. ไฮเดรตไอโซเมอร์ (hydrate isomer)

เป็นไอโซเมอร์ที่เกิดจากการแตกตัวของน้ำ สารเชิงซ้อนมีสีต่างกัน เช่น

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ , violet

$[\text{CrCl}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , blue-green

$[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dark green

$[\text{CrCl}_3(\text{H}_2\text{O})_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , yellow green

40

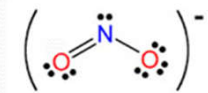
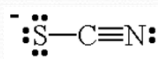
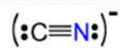


## Structural isomerism

### 4. ไอโซเมอร์พันธะ (linkage isomer)

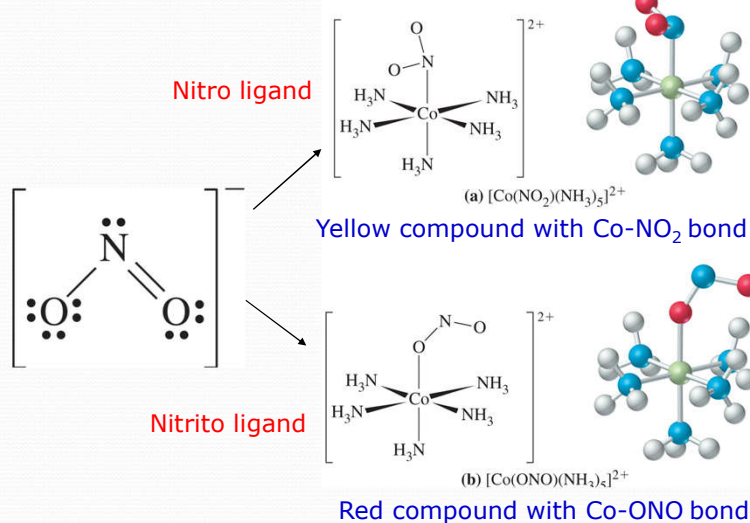
=> เป็นไอโซเมอร์ที่เกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนที่มีลิแกนด์ซึ่งสามารถเกิดพันธะเคมีกับอะตอมของโลหะได้หลายแบบ

เช่น



41

### ไอโซเมอร์พันธะ (linkage isomer)

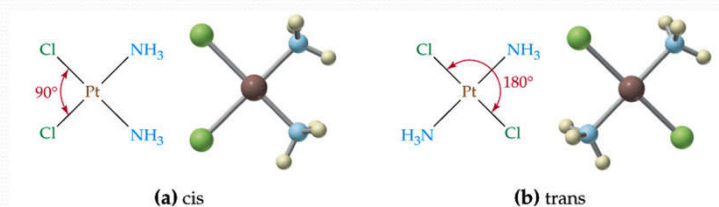


42

## Stereoisomers

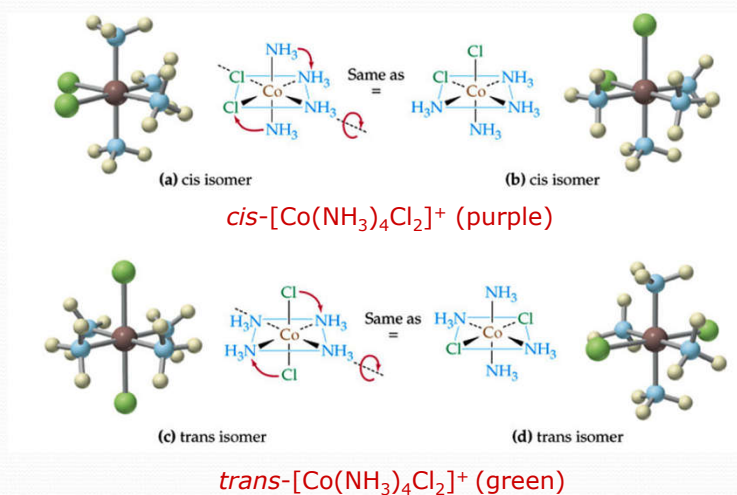
- ไอโซเมอร์เชิงเรขาคณิต (Geometrical isomerism):  
เป็นไอโซเมอร์ที่มีองค์ประกอบเหมือนกันแต่มีการ  
จัดเรียงตัวของตำแหน่งลิแกนด์ต่างกัน คือ *cis-isomer*  
(ลิแกนด์ที่เหมือนกันอยู่ติดกัน หรือด้านเดียวกัน) และ  
*trans-isomer* (ลิแกนด์ที่เหมือนกันอยู่ตรงกันข้าม)

เช่น



43

## Geometric Isomers of $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$

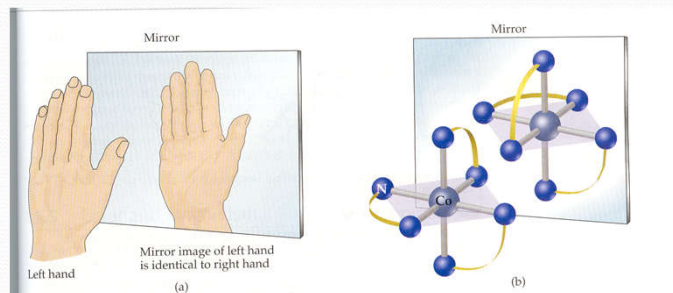


44

## Stereoisomers

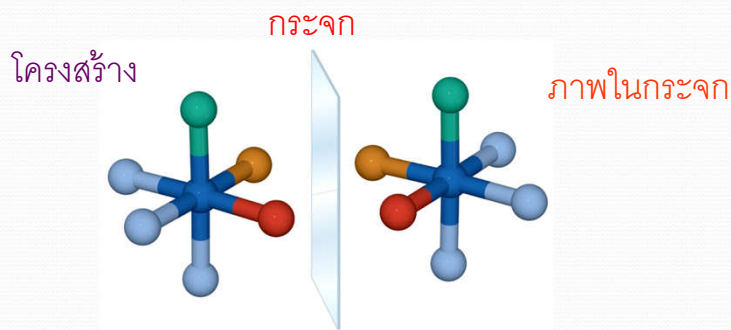
### 2. ไอโซเมอร์เชิงแสง (optical isomerism):

เป็นไอโซเมอร์ที่เป็นภาพในกระจกซึ่งกันและกัน (mirror image) ไม่สามารถนำมาซ้อนทับกันสนิทได้ (superimposable) และหมุนระนาบของแสงโพลาไรซ์ได้

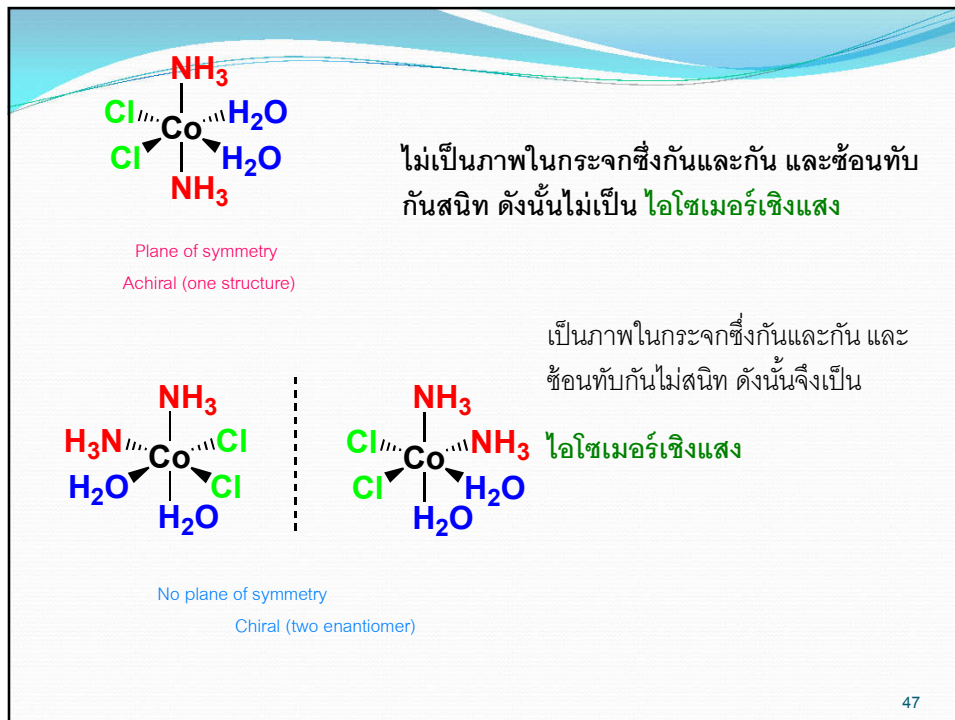


45

ทั้งสองสารเป็นภาพในกระจกซึ่งกันและกัน เรียกแต่ละสารว่า chiral structures และเรียกว่าคู่ **Enantiomers** ไม่มีระนาบสมมาตร (plane of symmetry)



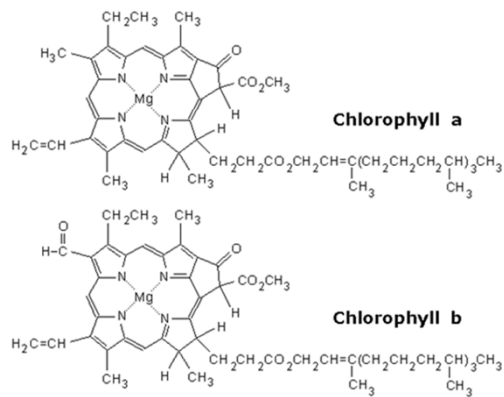
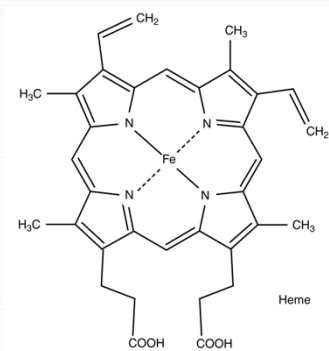
46



## ประโยชน์

1. ทำสีย้อมและเม็ดสี
2. ทางเคมี ใช้วิเคราะห์หาไอออน ตกตะกอนไอออน ทดสอบไอออน ไทเทรตหาปริมาณไอออนเช่น  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  โดยใช้ EDTA
3. แยกโลหะจากแร่ธาตุ โดยทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร เช่น โลหะเงิน (Ag) โลหะทอง (Au) กับไซยาไนด์ (CN<sup>-</sup>)
4. ใช้เป็นยารักษาโรค
5. ใช้จับโลหะหนักในเลือด เป็นองค์ประกอบในฮีโมโกลบิน คลอโรฟิลล์ วิตามิน

48



ฮีโมโกลบิน