

เอกสารประกอบการบรรยาย
คม432 เคมีโคออร์ดิเนชัน

บททวน “การอ่านชื่อสารประกอบโคออร์ดิเนชัน”
(Nomenclature of coordination complexes)

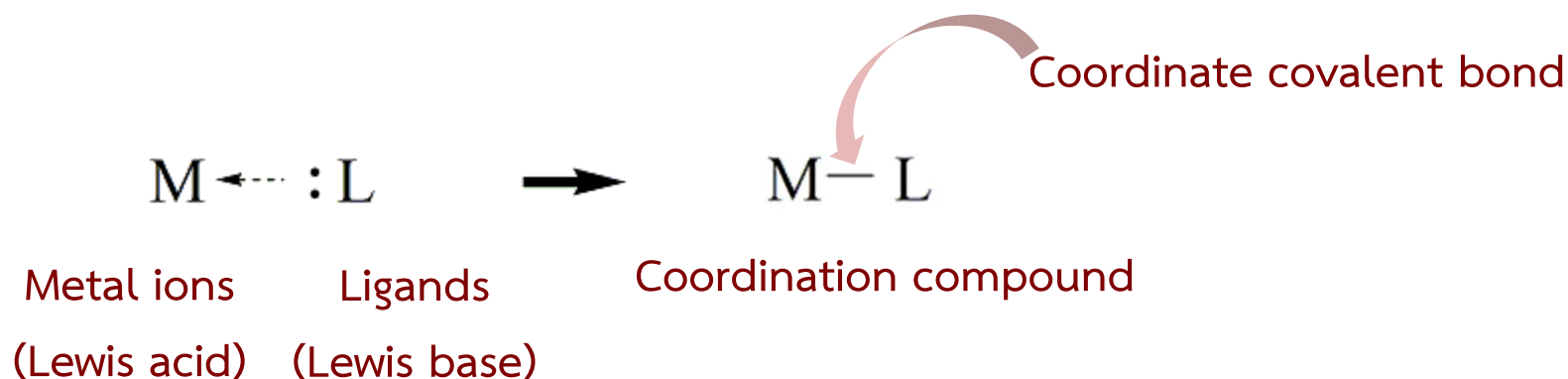
อาจารย์ ดร. วีรินทร์ดา ทะปะละ
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

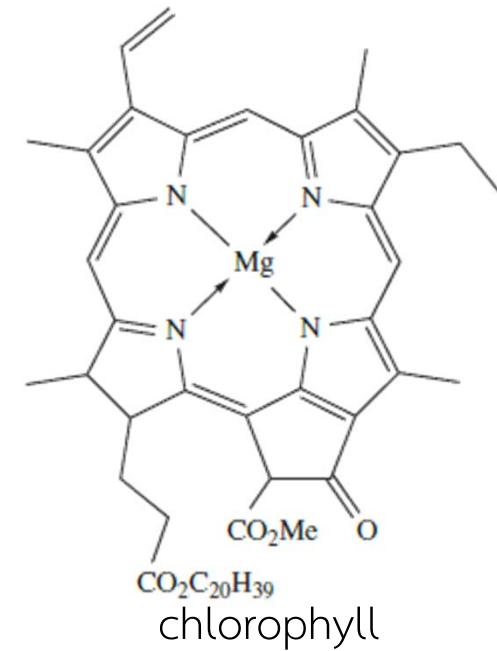
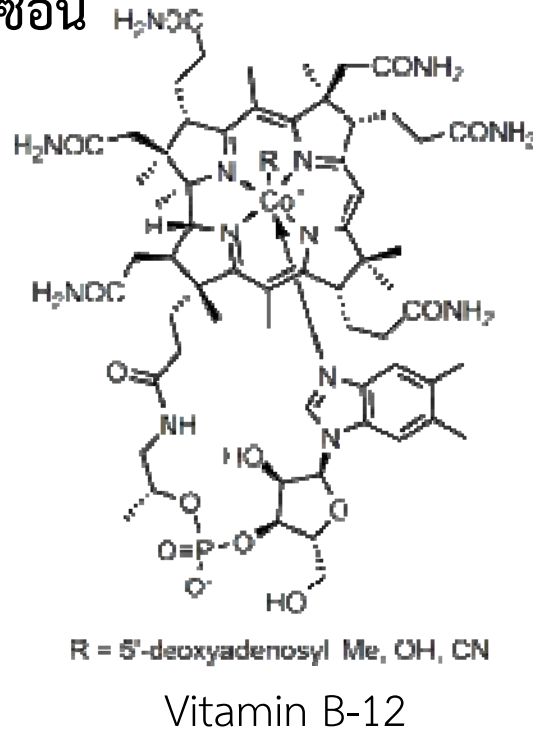
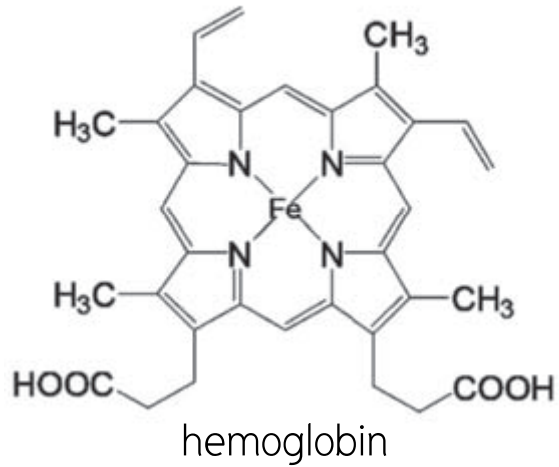
- G.A. Lawrance. **Introduction to Coordination Chemistry**, John Wiley & Sons Ltd, 2010.
- P.W. Atkins, T.L. Overton, J.P. Rourke, M.T. Weller, F.A. Armstrong. **Shriver and Atkins' Inorganic Chemistry**, 5th Edition, W. H. Freeman and Company New York, 2010.
- G.L. Miessler, D.A. Tarr. **Inorganic Chemistry**, 3th Edition, Pearson Prentice Hall, 2004.
- C.E. Housecroft, A.G. Sharpe. **Inorganic Chemistry**, 2nd Edition, Pearson Prentice Hall, 2005.
- สุกจิตรา ย้งมี. **เคมีโคออร์ดิเนชัน**, 2549.
- รัชดาภรณ์ ปันทะรส. **เอกสารประกอบการสอนเคมีอนินทรีย์ 1**. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2557

สารประกอบโคออร์ดิเนชัน (Coordination compound)

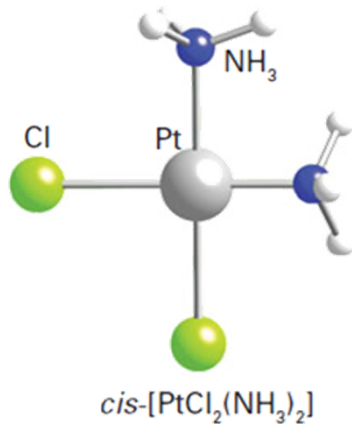
- สารประกอบโคออร์ดิเนชัน ประกอบด้วย
 1. อะตอมกลาง (central atom) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักเป็นโลหะทรานซิชัน
 2. ลิแกนด์ (Ligand) มาจากภาษาละติน “*ligare = to bind*”
ลิแกนด์ อาจเป็นโมเลกุล ไอออน หรือกลุ่มไอออน
- เกิดจากลิแกนด์ให้คู่อิเล็กตรอนแก่โลหะ
ลิแกนด์ ทำหน้าที่เป็น “electron donor atom” หรือ “Lewis base”
โลหะอะตอมกลาง ทำหน้าที่เป็น “electron acceptor atom หรือ “Lewis acid”
- พันธะที่เกิดขึ้นเรียกว่า “พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (coordinate covalent bond)”



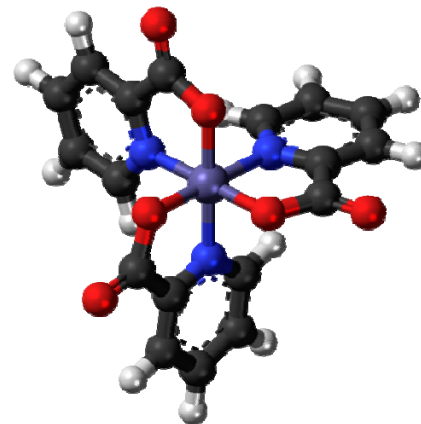
ตัวอย่างสารชีวโมเลกุลที่เป็นสารเชิงซ้อน



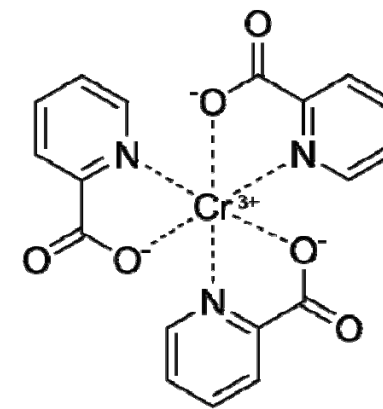
ตัวอย่างสารเชิงซ้อนที่สังเคราะห์ขึ้น



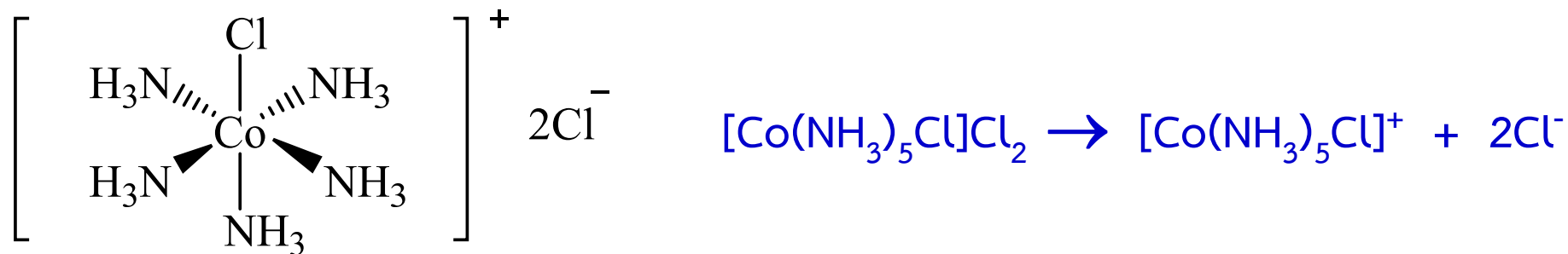
Cisplatin “chemotherapy”



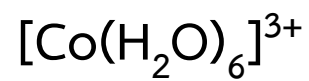
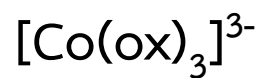
Chromium(III) picolinate



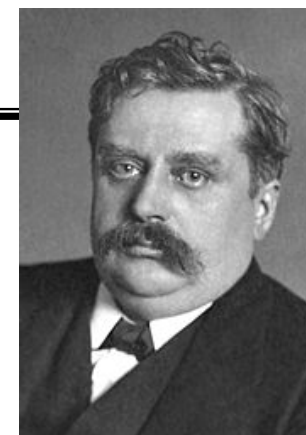
Pentaamminechlorocobalt(III) chloride



Spectrochemical series of Co(III)



การทดลองของ Werner



Alfred Werner

สารประกอบของ platinum(IV)



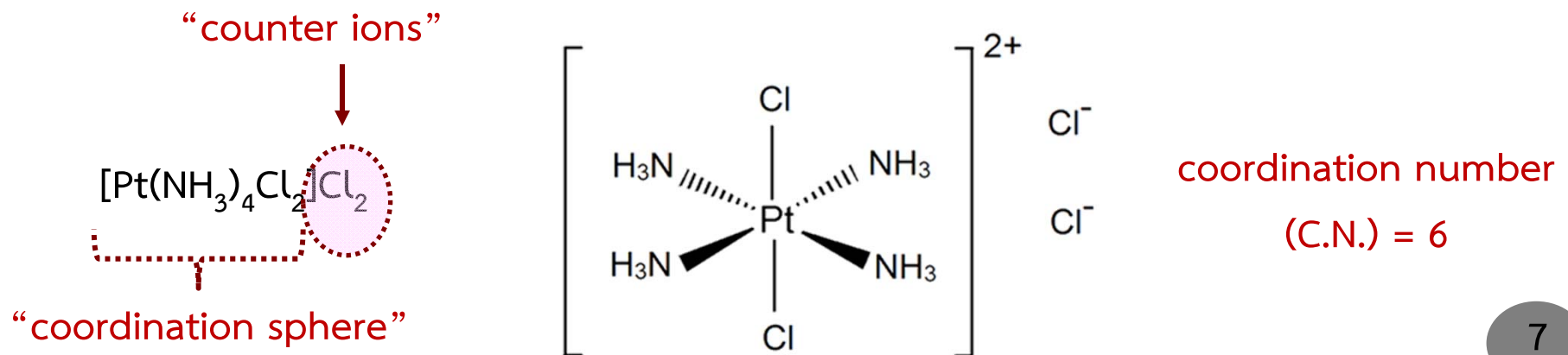
การแปลความหมายจากข้อมูลการทดลองของ Werner

สูตร	โมล AgCl ที่ตกตะกอน ต่อหน่วยสูตร	โมลไอออนต่อหน่วยสูตร (วัดการนำไฟฟ้า)	สูตรที่แท้จริง	ไอออน
$\text{PtCl}_4 \cdot 6\text{NH}_3$	4	5	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]^{4+}, 4\text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 5\text{NH}_3$	3	4	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_3$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{3+}, 3\text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$	2	3	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^{2+}, 2\text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 3\text{NH}_3$	1	2	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]^+, \text{Cl}^-$
$\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{NH}_3$	0	0	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$	-

เทอมสำคัญในการศึกษาสารประกอบโคออร์ดิเนชัน



- **เขตโคออร์ดิเนชัน (Coordination sphere):** บริเวณที่ประกอบด้วยลิแกนด์ยึดอยู่กับไอออนของโลหะ ด้วยพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ \Rightarrow เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ []
- **เคาน์เตอร์ไอออน (Counter ion):** ไอออนที่อยู่นอก coordination sphere ทำหน้าที่ดุลประจุให้แก่สารประกอบ
- **เลขโคออร์ดิเนชัน (Coordination number):** จำนวนของพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์รอบอะตอมกลาง

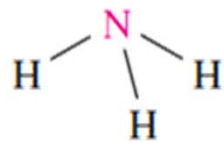


การจำแนกประเภทลิแกนด์

❖ โมโนเดนเทตลิแกนด์ (Monodentate/Unidentate ligands)

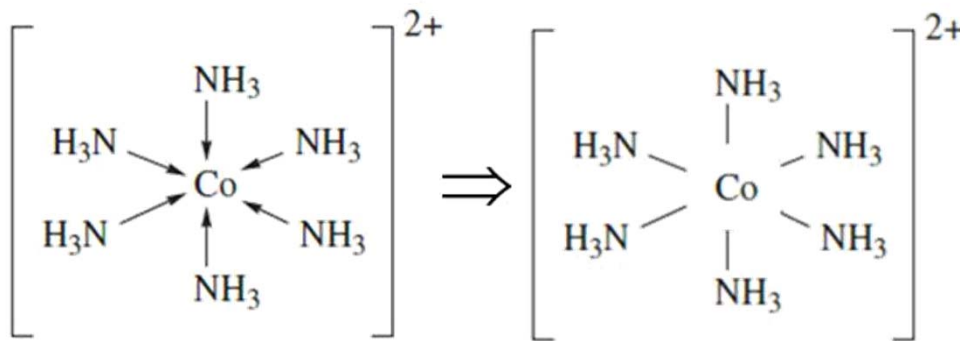
ลิแกนด์ที่ใช้ตำแหน่งโคออร์ดิเนต (coordination site) เพียง 1 ตำแหน่ง ในการสร้างพันธะกับโลหะอะตอมกลาง \Rightarrow ใช้เพียง 1 อะตอมในการให้คู่อิเล็กตรอนแก่โลหะ

ตัวอย่าง

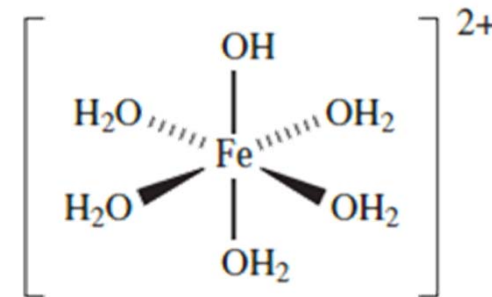


ammonia ($:\text{NH}_3$)

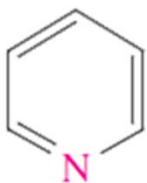
water ($:\text{OH}_2$)



C.N. = 6



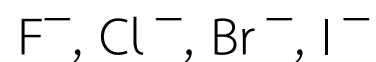
C.N. = 6



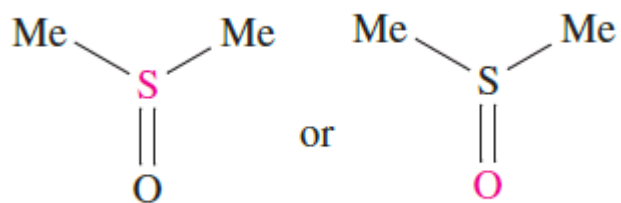
pyridine (py)



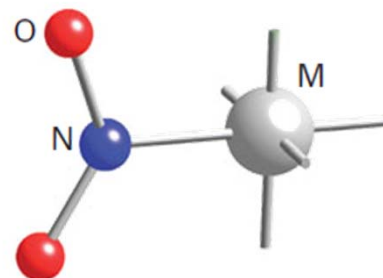
tetrahydrofuran (THF)



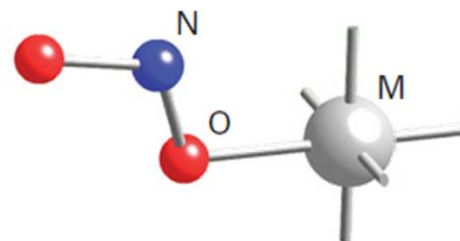
halide ions



dimethylsulfoxide (DMSO)



nitro
(nitro-**KN**)



nitrito
(nitrito-**KO**)

nitrite ion (NO_2^-)

“แอมบิเดนเทต (Ambidentate Ligand)”
ลิแกนด์ที่มีอะตอมที่สามารถสร้างพันธะกับ
โลหะอะตอมกลางมากกว่า 1 ตำแหน่ง

❖ โพลีเดนเทตลิแกนด์ (Polydentate/Multidentate ligands)

ลิแกนด์ที่ใช้ตำแหน่งโคออร์ดิเนต มากกว่า 1 ตำแหน่ง ในการโคออร์ดิเนตกับโลหะอะตอมกลาง

didentate (2 ตำแหน่ง)

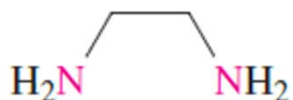
tridentate (3 ตำแหน่ง)

tetradentate (4 ตำแหน่ง)

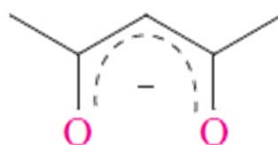
pentadentate (มี 5 ตำแหน่ง)

hexadentate (6 ตำแหน่ง)

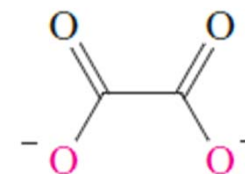
ไดเดนเทตลิแกนด์ (Didentate/bidentate ligands)



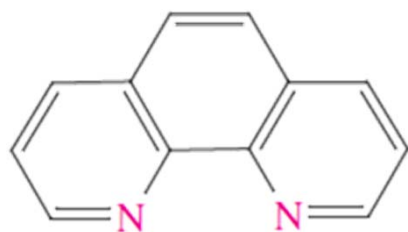
Ethylenediamine
($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$, en)



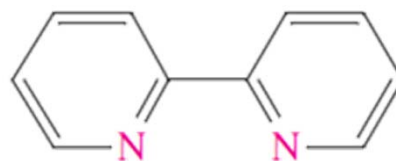
Acetylacetonate ion
(acac⁻)



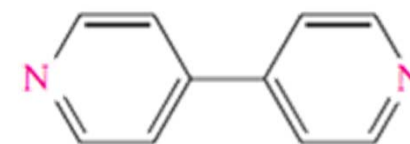
Oxalate ion
($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, ox²⁻)



1,10-Phenanthroline
(Phen)



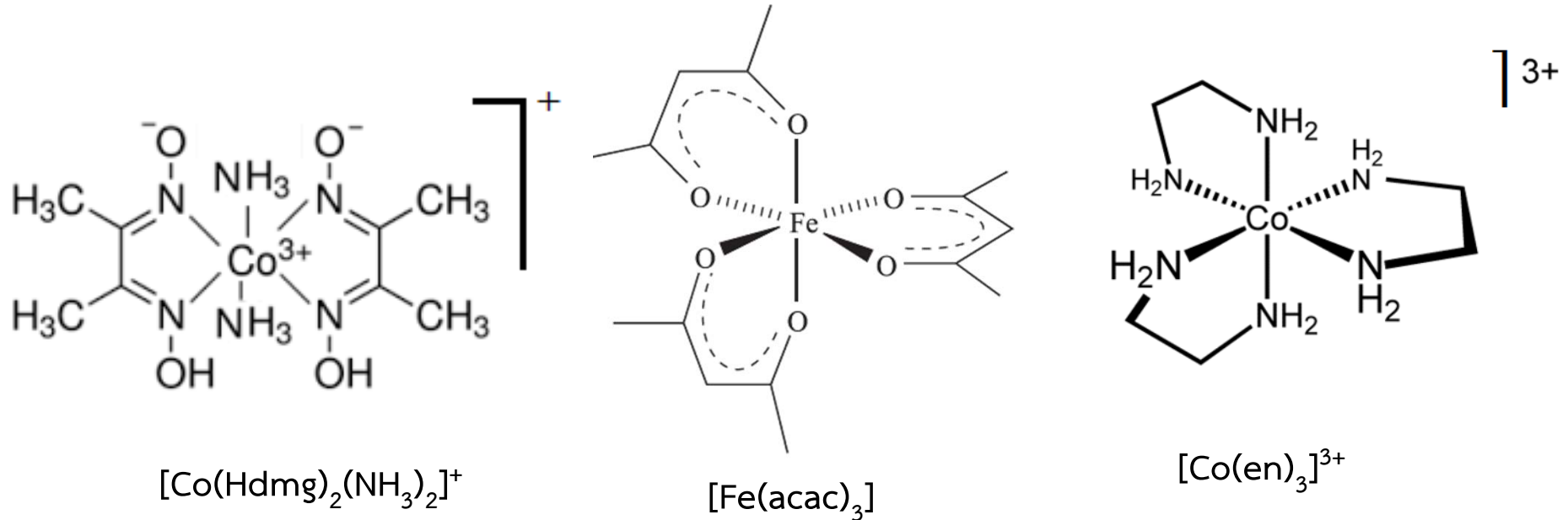
2,2'-Bipyridine
(bipy)



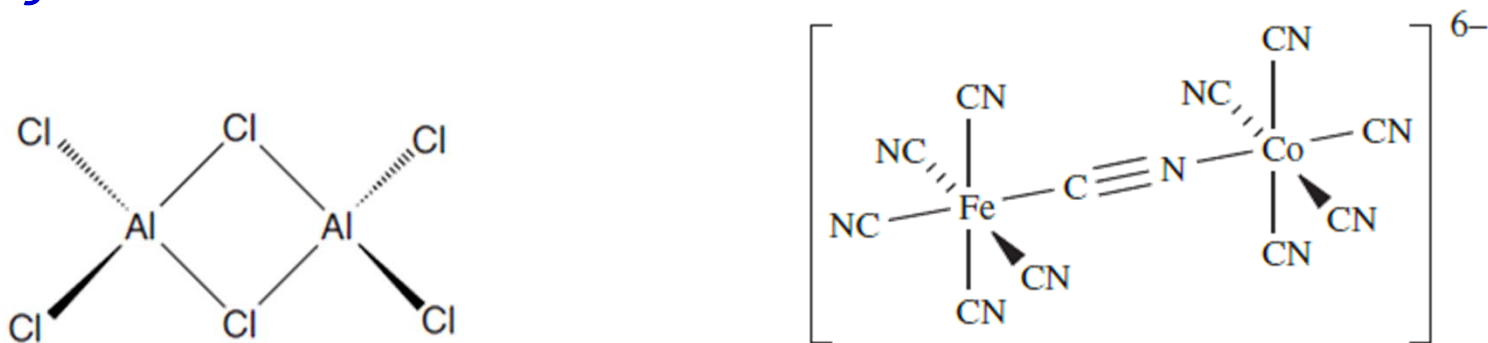
4,4'-Bipyridine
(bipy)

Chelating ligands (chelos (Greek) = claw of a crab)

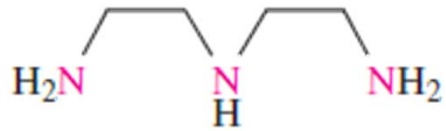
ลิแกนด์ที่มี donor atom ≥ 2 อะตอม ที่สร้างพันธะกับโลหะอะตอมกลางเพียง 1 อะตอมในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะเรียกสารประกอบที่เกิดขึ้นว่า “Chelate (คีเลต)”



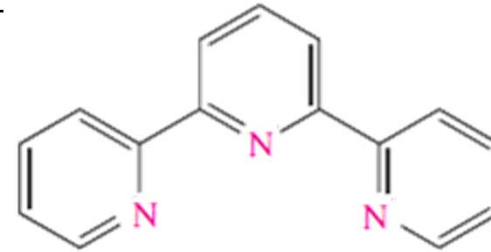
Bridging ligands: ลิแกนด์ที่สร้างพันธะกับโลหะอะตอมกลางมากกว่า 1 อะตอม



ไตรเดนเทตลิแกนด์ (Tridentate ligands)

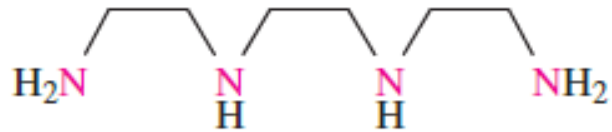


diethylenetriamine (dien)

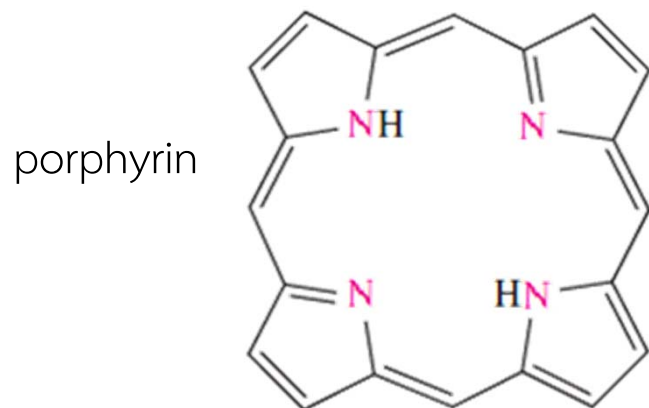


terpyridine (terpy)

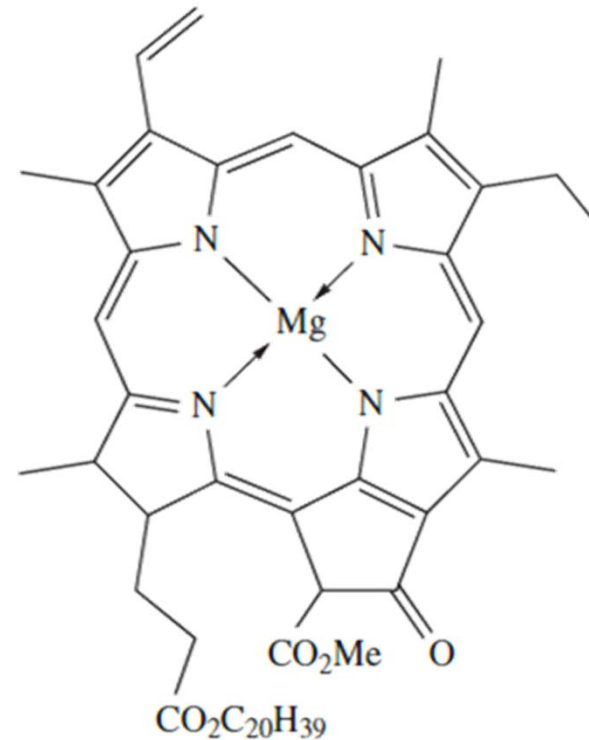
เตตระเดนเทตลิแกนด์ (Tetradentate ligands)



triethylenetetraamine (trien)

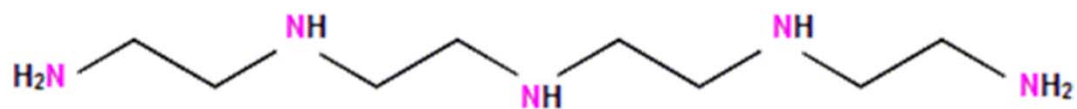


porphyrin

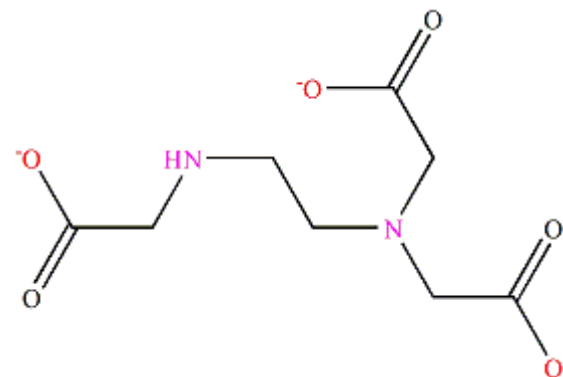


“chlorophyll a”

เพนตะเดนเทต (Pentadentate ligands)

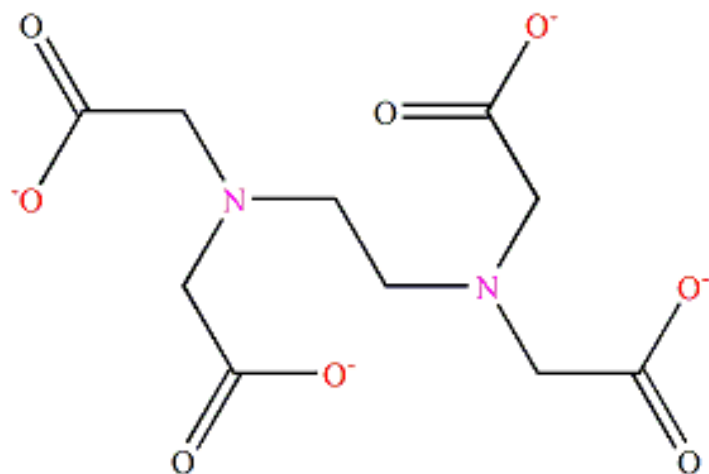


tetraethylenepentamine

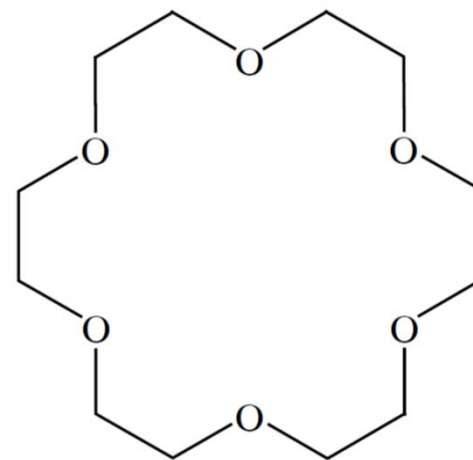


ethylenediaminetriacetate

เฮกซะเดนเทต (Hexadentate ligand)

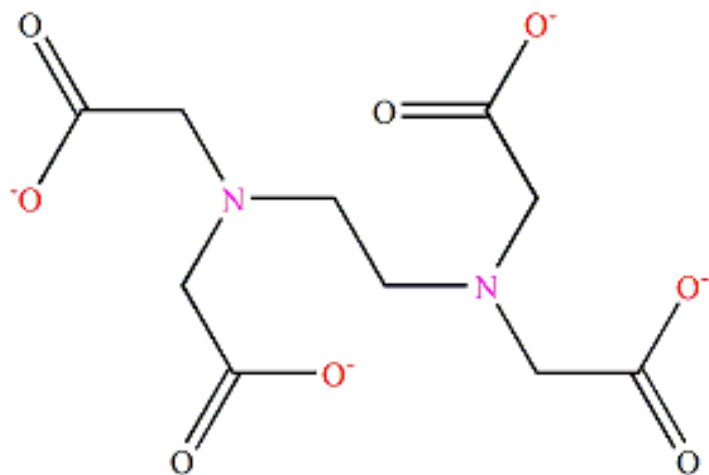


N,N,N',N'-Ethylenediaminetetraacetate ion
(EDTA⁴⁻)



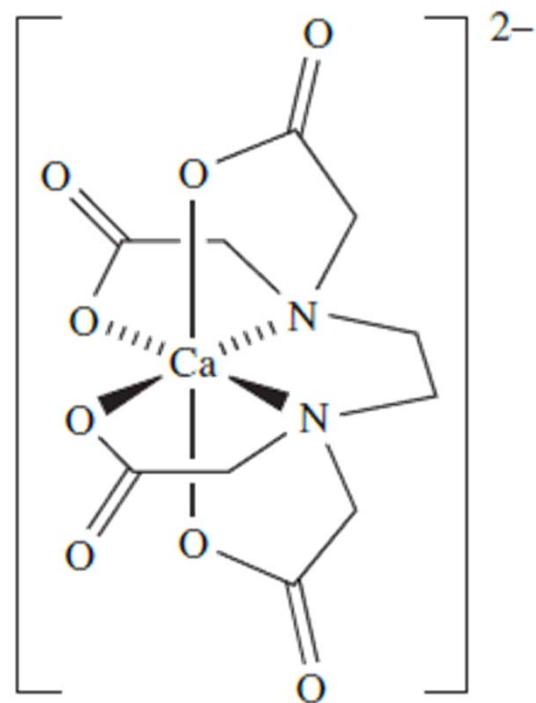
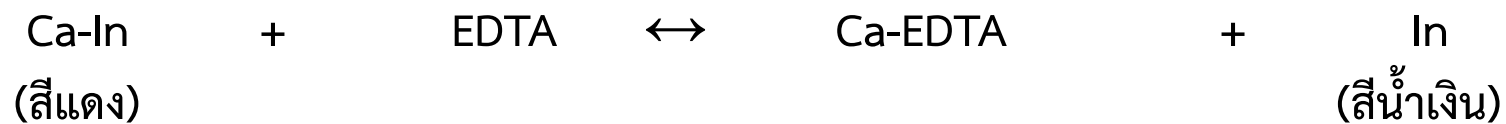
1,4,7,10,13,16-hexaoxacyclooctadecane
(18-crown-6)

Hexadentate ligand

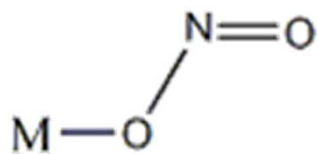


N,N,N',N'-Ethylenediaminetetraacetate ion
(EDTA⁴⁻)

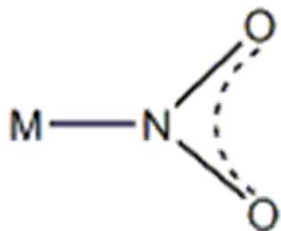
การไทเทรตหาความกระด้างของน้ำ



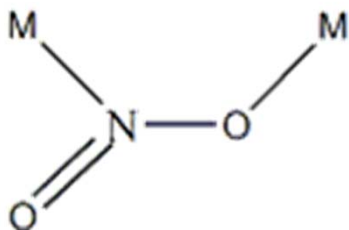
ตัวอย่าง รูปแบบการโคออร์ดิเนตของ nitrite ion (NO_2^-)



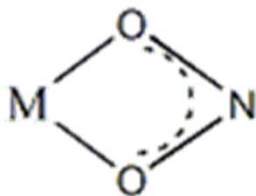
monodentate nitrito- $\mathbf{K}O \Rightarrow$ nitrito



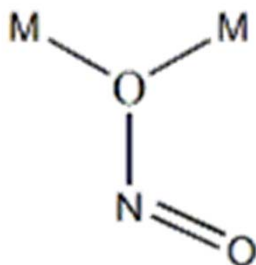
monodentate nitrito- $\mathbf{K}N \Rightarrow$ nitro



didentate bridging



didentate chelating



monodentate bridging

2. การอ่านชื่อสารประกอบโคออร์ดิเนชัน (Nomenclature)

1. อ่านชื่อไอออนบวกก่อน แล้วตามด้วยไอออนลบ และแยกกันโดยการเว้นวรรค เช่นเดียวกับ การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทั่วไป

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

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ potassium hexacyanoferrate(III)

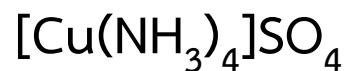
2. ในส่วนของ coordination sphere ให้อ่านชื่อลิแกนด์ก่อน (เรียงตามลำดับอักษร ไม่เกี่ยวกับ คำนำหน้าที่ใช้บอกจำนวนลิแกนด์) แล้วตามด้วยชื่อของโลหะอะตอมกลาง และในกรณีที่ลิแกนด์ ซับซ้อนให้ใส่ชื่อลิแกนด์ไว้ในวงเล็บ

3. บอกจำนวนลิแกนด์แต่ละชนิด โดยใช้คำนำหน้า di, tri, tetra, ...

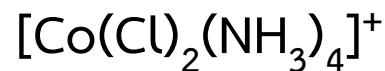
ในกรณีที่ลิแกนด์ที่มีชื่อขึ้นต้นด้วย di, tri, tetra, ... หรือเป็นลิแกนด์ที่ซับซ้อน การบอกจำนวนให้ ใช้ bis, tris, tetrakis, ...

คำที่ใช้ในการบอกจำนวนลิแกนด์

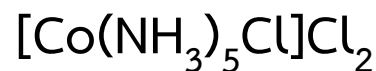
No. of ligands	1 st prefix	2 nd prefix
2	di	bis
3	tri	tris
4	tetra	tetrakis
5	penta	pentakis
6	hexa	hexakis
7	hepta	heptakis
8	octa	octakis
9	nona	nonakis
10	deca	decakis



tetraamminecopper(II) sulfate



tetraamminedichlorocobalt(III)

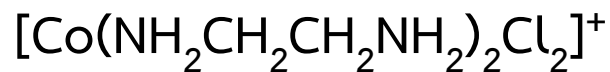


pentaamminechlorocobalt(III) chloride



trioxalatocobaltate(III) /

tris(oxalate)cobaltate(III)



dichloridobis(ethylenediamine)cobalt(III)

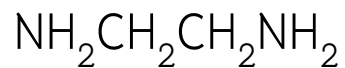
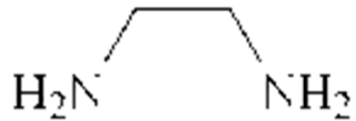
4. การอ่านชื่อลิแกนด์

4.1 กรณีลิแกนด์มีประจุลบ

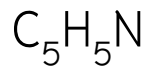
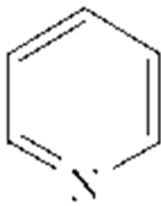
- ลิแกนด์ที่มีชื่อลงท้ายด้วย -ide ให้ตัด -ide แล้วเติม “o”
- ลิแกนด์ที่ชื่อลงท้ายด้วย -ide, -ite, -ate ให้ตัด “e” และเติม “o”

Free ion	Coordinated ion	Free ion	Coordinated ion
Cl^- , chloride	chloro / chlorido	NO_2^- , nitrite	nitrito
Br^- , bromide	bromo / bromido	NO_3^- , nitrate	nitrato
OH^- , hydroxide	hydroxo / hydroxido	SCN^- , thiocyanate	thiocyanato
CN^- , cyanide	cyano / cyanido	CH_3COO^- , acetate	acetato
O^{2-} , oxide	oxo / oxido	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, oxalate	oxalato
Hdmg^- : dimethylglyoximato		CO_3^{2-} , carbonate	carbonato
$\text{CH}_3\text{COCHCOCH}_3^-$ (acac $^-$) : acetylacetonato		SO_4^{2-} , sulfate	sulfato
EDTA^{4-} , ethylenediaminetetraacetate \Rightarrow ethylenediaminetetraacetato			

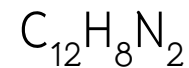
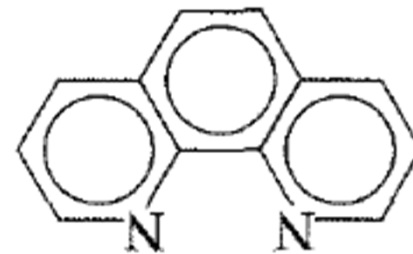
4.2 กรณีลิแกนด์มีประจุบวก หรือเป็นโมเลกุลที่ไม่มีประจุ ให้อ่านชื่อตามเดิม



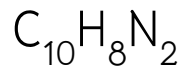
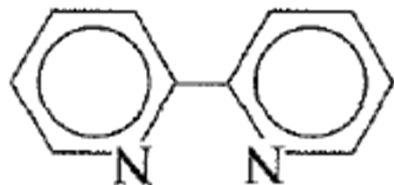
Ethylenediamine (en)



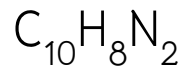
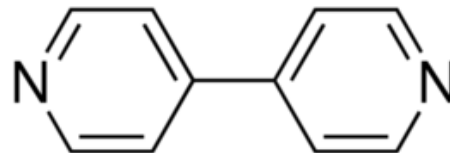
pyridine (py)



1,10-phenanthroline (phen)



2,2'-bipyridine (2,2'- bipy)

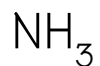


4,4'-bipyridine (4,4'- bipy)

4.3 ลิแกนด์ที่มีชื่อเฉพาะ



aqua



ammine



carbonyl



nitrosyl



phosphine

4.4 กรณีที่ลิแกนด์เป็น “ambidentate ligand”

- เรียกตามชื่อเฉพาะของลิแกนด์

nitro \Rightarrow N เป็น donor atom ($\underline{\text{N}}\text{O}_2^-$)

nitrito \Rightarrow O เป็น donor atom ($\underline{\text{O}}\text{NO}^-$)

thiocyanato \Rightarrow S เป็น donor atom ($\underline{\text{S}}\text{CN}^-$)

isothiocyanato \Rightarrow N เป็น donor atom ($\underline{\text{N}}\text{CS}^-$)

- ให้ระบุชนิดของอะตอมที่ใช้ในการโคออร์ดิเนตไว้ข้างหลังชื่อลิแกนด์ด้วย โดยเขียนกำกับด้วยสัญลักษณ์ “ κ (kappa)”

nitrito- κN \Rightarrow $\underline{\text{N}}\text{O}_2^-$ ที่ใช้ N เป็น donor atom

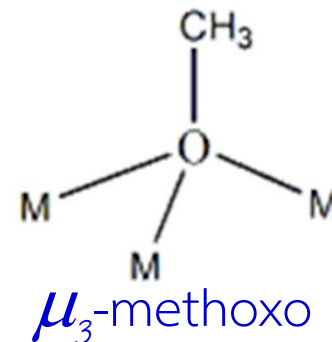
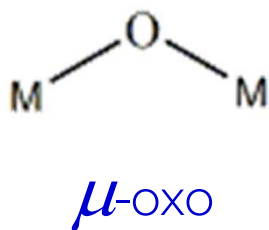
nitrito- κO \Rightarrow $\underline{\text{O}}\text{NO}_2^-$ ($\underline{\text{O}}\text{NO}^-$) ที่ใช้ O เป็น donor atom

thiocyanato- κS \Rightarrow $\underline{\text{S}}\text{CN}^-$ ที่ใช้ S เป็น donor atom

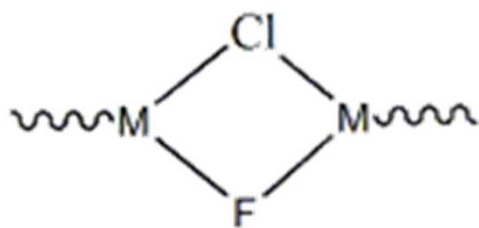
thiocyanato- κN \Rightarrow $\underline{\text{N}}\text{CS}^-$ ($\underline{\text{N}}\text{CS}^-$) ที่ใช้ N เป็น donor atom

4.5 กรณีที่ลิแกนด์เป็น “bridging ligand”

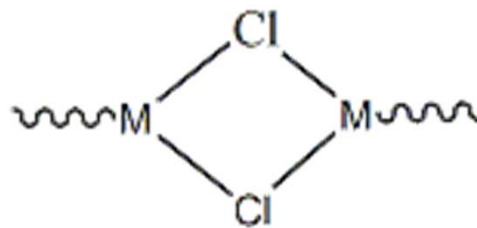
ให้เขียนกำกับด้วยสัญลักษณ์ “ μ (mu)” ไว้หน้าลิแกนด์นั้น และในกรณีที่ลิแกนด์ทำหน้าที่เชื่อมโลหะมากกว่า 2 อะตอมขึ้นไป ให้ระบุจำนวนของโลหะด้วยตัวห้อย $n \Rightarrow \mu_n$



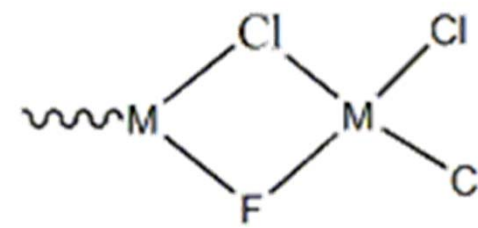
- กรณีที่ bridging ligand มีมากกว่า 1 ตัว ให้บอกจำนวน และเรียงชื่อตามลำดับอักษร เช่นเดียวกับการอ่านชื่อลิแกนด์ทั่วไป และหากลิแกนด์ชนิดเดียวกันเป็นทั้ง bridging และ non-bridging ให้อ่านชื่อ bridging ligand ก่อน



μ -chloro- μ -fluoro



di- μ -chloro



μ -chlorodichloro- μ -fluoro

5. การอ่านชื่อโลหะอะตอมกลาง (ให้ระบุเลขออกซิเดชันของโลหะด้วย)

5.1 กรณีเขตโคออร์ดิเนชันเป็นกลาง หรือ มีประจุบวก

อ่านชื่อโลหะตามภาษาอังกฤษปกติ

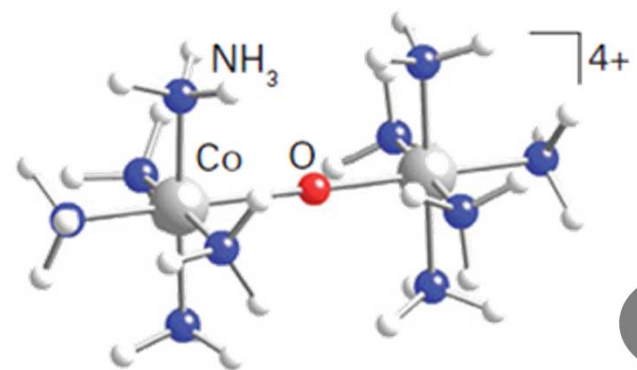
5.2 กรณีเขตโคออร์ดิเนชันเป็นประจุลบ

ให้อ่านชื่อภาษาอังกฤษของโลหะแล้วลง
ท้ายด้วย -ate แต่มีโลหะบางตัว จะใช้ชื่อ
ภาษาละติน ลงท้ายด้วย -ate

โลหะ	ชื่อโลหะ	ชื่อโลหะในไอออน เชิงซ้อน <u>ประจุลบ</u>
Al	aluminium	aluminate
Co	cobalt	cobaltate
Zn	zinc	zincate
Cr	chromium	chromate
Mn	manganese	manganate
Mo	molybdenum	molybdate
Ni	nickel	nickelate
W	tungsten	tungstate
Fe	iron	ferrate (ละติน)
Pb	lead	plumbate (ละติน)
Au	gold	aurate (ละติน)
Cu	copper	cuprate (ละติน)
Sn	tin	stannate (ละติน)
Ag	silver	argentate (ละติน)

ตัวอย่าง จงอ่านชื่อของสารประกอบโคออร์ดิเนชันต่อไปนี้

1. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
2. $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$
3. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
4. $[\text{Fe}(\text{OH}_2)_5(\text{NCS})]^{2+}$
5. $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$
6. $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$
7. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}]\text{Cl}_2$
8. $[\text{Co}(\text{Hdmg})_2(\text{NH}_3)_2]^+$
9. $[\text{Pt}^{\text{IV}}(\text{NH}_3)_4][\text{Pt}^{\text{II}}\text{Cl}_6]$
10. $[(\text{H}_3\text{N})_5\text{CoOCo}(\text{NH}_3)_5]^{4+}$



ตัวอย่าง จงเขียนสูตรอ่านชื่อของสารประกอบโคออร์ดิเนชันต่อไปนี้

1. hexaaquairon(III) nitrate
2. sodium hexanitroferrate(III)
3. tris(ethylenediamine)cobalt(III) chloride
4. tetraamminechloronitrocobalt(III) chloride
5. sodium amminebromochloronitritoplatinate(I)
6. μ -hydroxidobis(pentaamminechromium(III)) chloride