

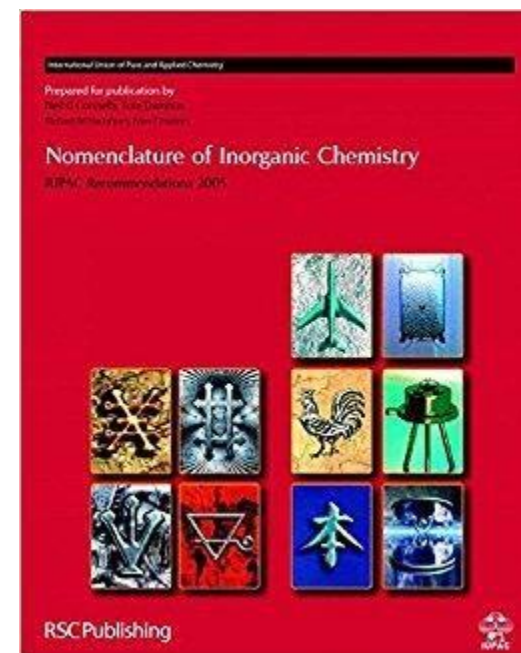
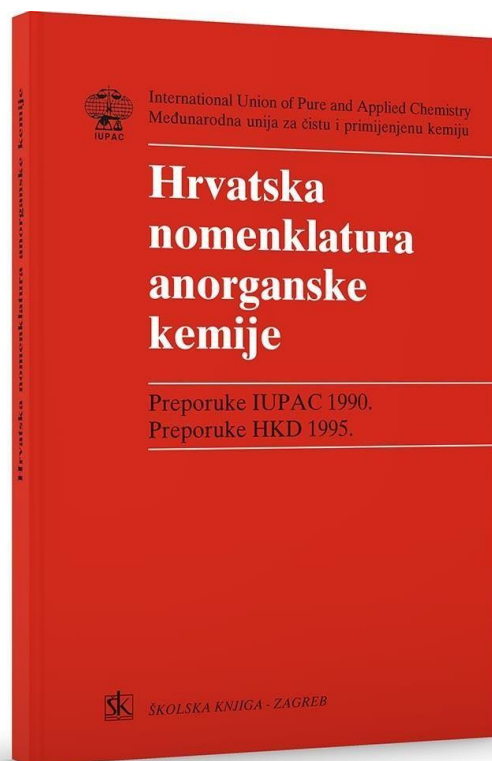
# Nomenklatura kompleksnih spojeva

10.03.2020.

Anorganska kemija 2

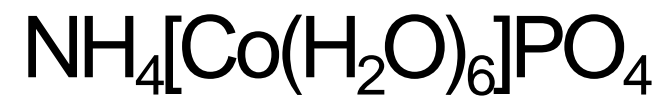
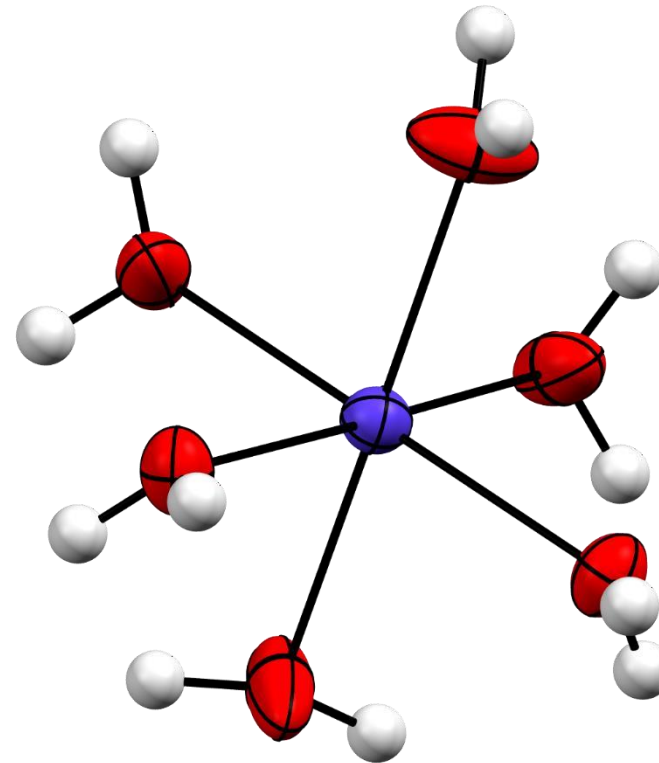
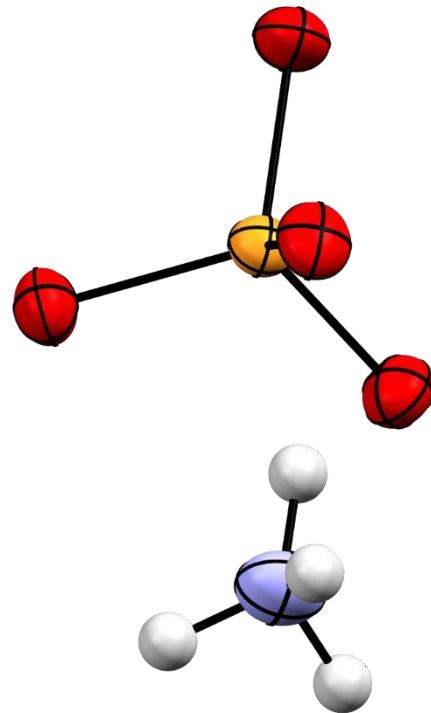
Seminar

- G. J. Leigh (ur.), V. Simeon (ur. hrv. prijevoda) „Hrvatska nomenklatura anorganske kemije”, Školska knjiga, Zagreb, 1996.
- IUPAC *Red Book*



# Koordinacijski spojevi

- Centralni metalni ion + ligandi



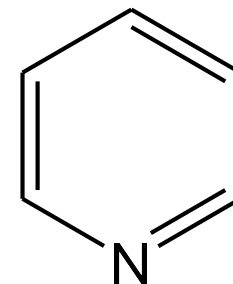
# Tipovi kompleksnih spojeva

- **Neutralni kompleksi**
  - $[\text{Cr}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_3]$
- **Kompleksni kationi**
  - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
- **Kompleksni anioni**
  - $[\text{Al}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$
- **Kompleksni kation i anion**
  - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$

# Ligandi

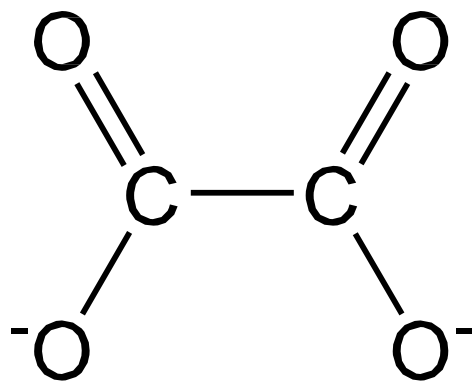
- Monodentatni ligandi

- $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{ROH}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OCN}^-$ ...

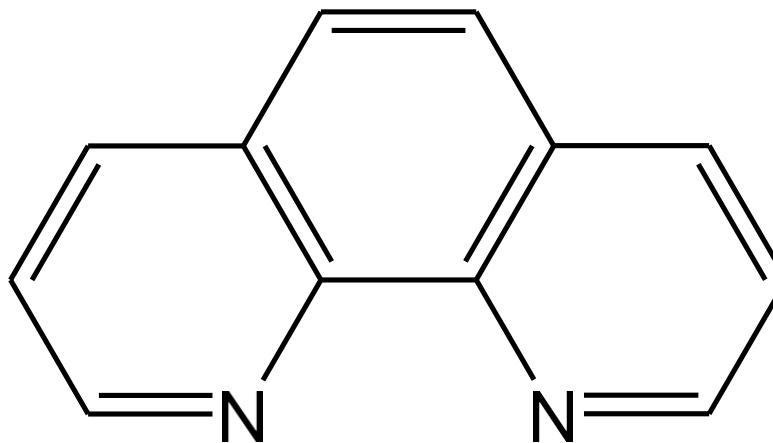


piridin  
(py)

- Didentatni ligandi

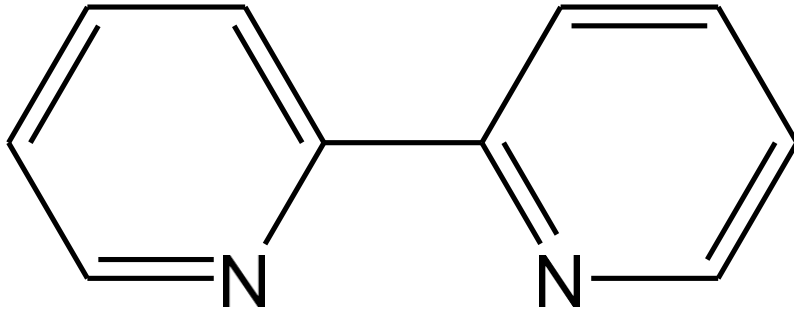


Oksalat  
(ox)

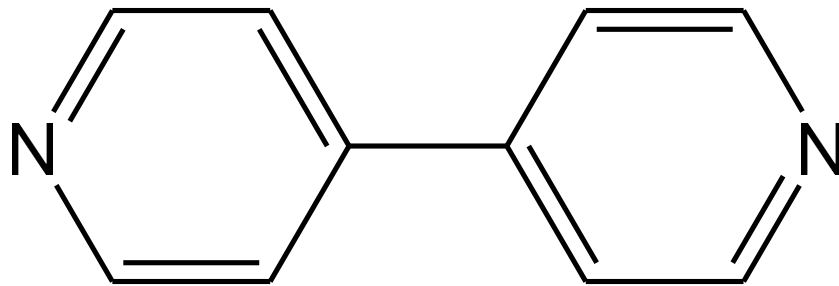


orto-fenantrolin (1,10-fenantrolin)  
(phen)

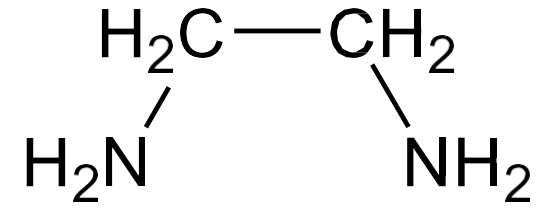
- Didentatni ligandi



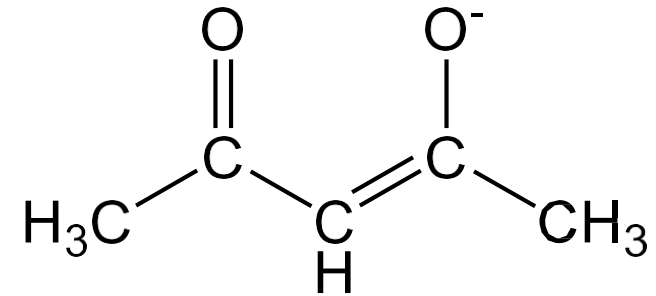
2,2'-bipiridin  
(bpy)



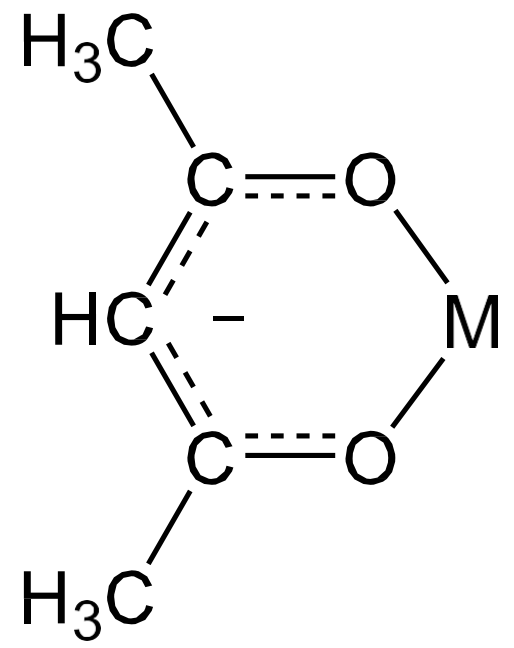
4,4'-bipiridin

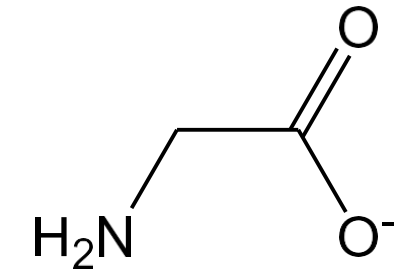
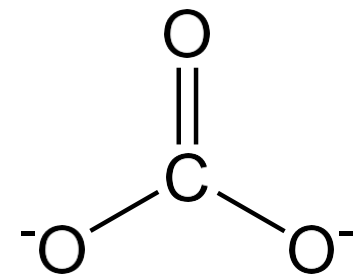
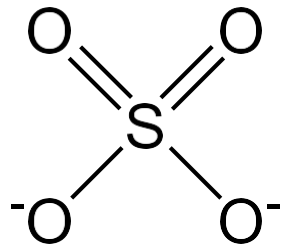


etilendiamin  
(en)



2,4-pentandionatni ion  
ili  
acetilacetonatni ion  
(acac)

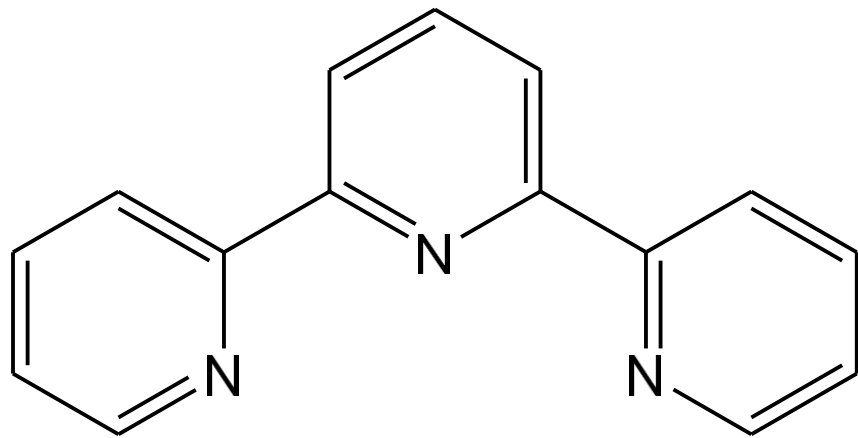




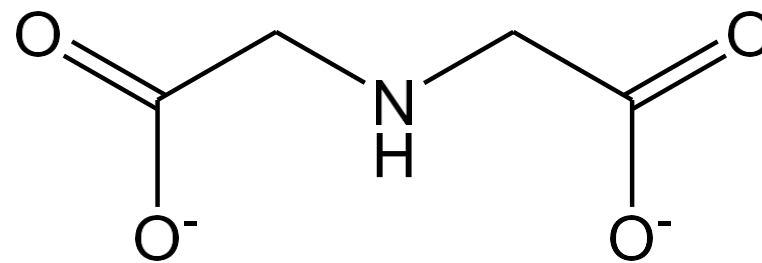
glicinatni ion  
(gly)



- Tridentatni ligandi

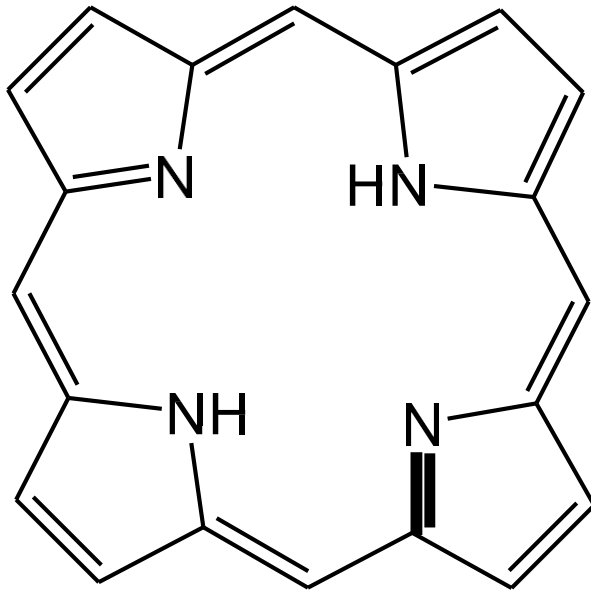


terpiridin  
(terpy)

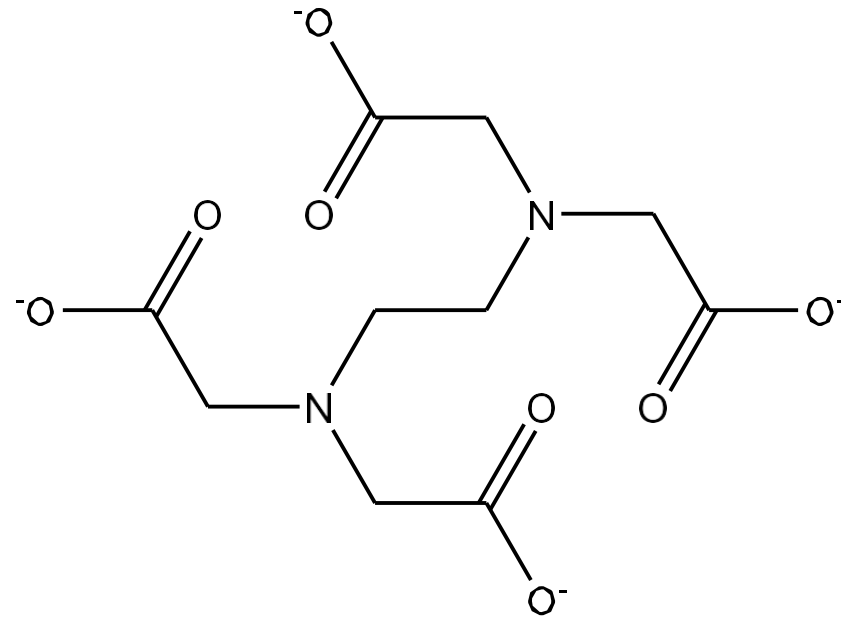


iminodiacetat  
(ida)

# Polidentatni ligandi



porfirin



etilendiamintetraacetat  
(EDTA)

# Nomenklatura - pravila

## Pisanje formula

- Prvi se piše središnji atom
- Nakon središnjeg atoma slijede anionski ligandi
- Nakon aniona slijede neutralni ligandi abecednim redom



## Imenovanje spojeva

- Ligandi se navode abecednim redom bez obzira na naboj
- Središnji atom je na posljednjem mjestu

diammindikloroplatina(II)

# Nomenklatura - pravila

- *Pri pisanju formule koordinacijska jedinka se označava uglatim zagradama.*
- *Višeatomni ligandi se pišu u oblim zagradama.*
- $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$
- $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
- $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$

- **1. Ime spoja izgrađuje se oko imena središnjeg atoma**
  - **Neutralni kompleks** – uzima se osnovno ime središnjeg atoma
    - Željezo, platina, bakar, kobalt, osmij...
    - $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$  – diammindikloro**platina**(II)
  - **Kompleksni kation**
    - Posvojni pridjev se izvodi iz imena središnjeg atoma – bakrov, niklov, paladijev, molibdenov...
    - $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  - diammin**srebrov**(I) ion

- **Kompleksni anion**

- Od latinskog imena središnjeg atoma odbaci se sufiks -um/-ium, a dodaje se sufiks **-at**
- cuprum → kuprat
- argentum → argentat
- Ferat, kobaltat, cinkat, kromat, paladat...
- $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$  - tris(oksalato)ferat(III)

- **2. Oksidacijski broj** središnjeg atoma dolazi u zagradi iza njegovog imena
- **3. Ligandi**
  - Ispred imena liganda dolazi prefiks u grčkom jeziku koji označava broj ligananda
    - Mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, heksa-...
    - heksaakvabakrov(II) ion

- Ako je ligand kompleksnog sustava (npr. organski spoj) ili je u nazivu liganda već sadržan takav prefiks, ime liganda se stavlja u obliku zagradu te se ispred zagrade dodaje prefiks:
  - Bis-, tris-, tetrakis-...
  - npr. tris(2,4-pentandionato)željezo(III)



- **4. premosni ligandi** imaju prioritet u odnosu na istovrsne nepremosne ligande te se označavaju **grčkim slovom mi ( $\mu$ )**
- Višestruka premošćenja navode se opadajućim redosljedom kratnosti, a broj premoštenih atoma se označava indeksom uz slovo  $\mu$  (ako su premoštena dva atoma, ne piše se indeks)
  - $\mu_3$ -okso- $\mu$ -triokso...

- **5. Grčki simbol eta ( $\eta$ )** dolazi ispred imena liganda ili dijela liganda da bi se opisala povezanost liganda i središnjeg atoma. U superskriptu se navodi broj ligantnih atoma koji se vezuju na metal
- ammin( $\eta^2$ -eten)dikloroplatina(II)
- $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)(\text{C}_2\text{H}_4)]$

# Ligandi

Neutralni		Anionski	
$\text{NH}_3$	ammin	$\text{Cl}^-$	Kloro
$\text{H}_2\text{O}$	akva	$\text{O}^{2-}$	Okso
$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$	etilendiamin (en)	$\text{S}^{2-}$	Tio
$\text{CO}$	karbonil	$\text{CN}^-$	ci(j)ano
$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$	o-fenantrolin	$\text{OH}^-$	Hidrokso
		$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	oksalato (ox)
		$\text{O}_2^{2-}$	Perokso
		$\text{H}^-$	Hidrido
		$\text{NO}_2^- / \text{ONO}^-$	nitro (N) / nitrito (O)
		$\text{SCN}^-$	tioci(j)anato (S) / izotioci(j)anato (N)
		$\text{OCN}^-$	cijanato (N) / izocijanato (O)

# Zadatak 1.

- Napišite nazive sljedećih koordinacijskih spojeva prema anorganskoj nomenklaturi:
  - $[\text{Pb}(\text{OCOCH}_3)_4]$
  - $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{ox})_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
  - $[\text{PtCl}_2(\text{py})_2]$
  - $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$
  - $[(\text{NH}_3)_5\text{Co}-\text{O}_2-\text{Co}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_4$
  - $[\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})]_2$

# Zadatak 2.

- Napišite formule sljedećih koordinacijskih spojeva prema nazivima:
- bis( $\eta^5$ -ciklopentadienil)osmij(II)
- tetraakvadiklorokromov(III) klorid
- kalijev heksacijanoferat(III)
- $\mu$ -okso-dioksotetrakis(2,4-pentandionato)dimolibden(V)
- tetraamminkarbonatokobaltov(III) nitrat hemihidrat

# Izomerija i geometrija kompleksnih spojeva

# Tipovi izomerije u kompleksnim spojevima

- Strukturni izomeri
  - Ionizacijski izomeri
  - Solvatacijski (hidratni izomeri)
  - Koordinacijski izomeri
  - Polimerizacijski izomeri
  - Vezni izomeri
- Stereoizomeri
  - Geometrijski izomeri
  - Optički izomeri

# Ionizacijski izomeri

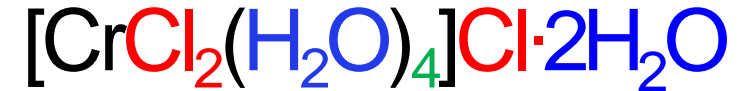
- Izmjena anionskog liganda unutar prve koordinacijske sfere s ligandom iz druge koordinacijske sfere





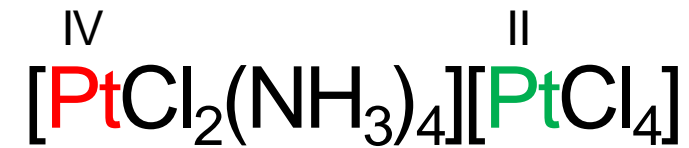
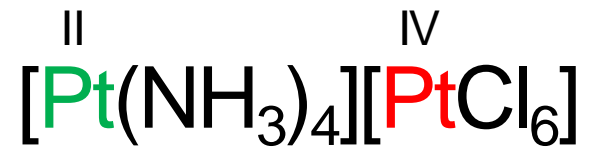
# Solvatacijski (hidratni izomeri)

- Izmjena otapala i liganda između prve koordinacijske sfere i liganada izvan koordinacijske sfere



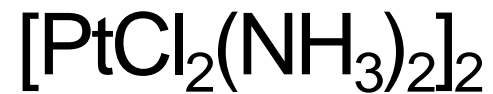
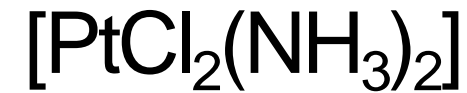
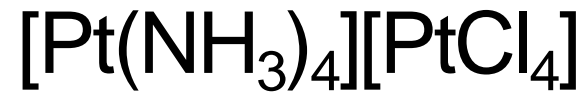
# Koordinacijski izomeri

- Samo kod soli koje sadrže kompleksni kation i anion



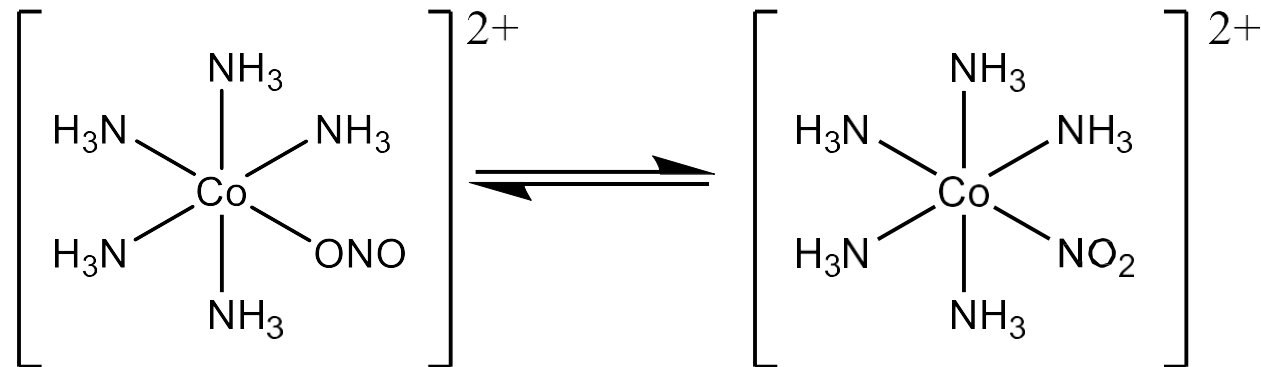
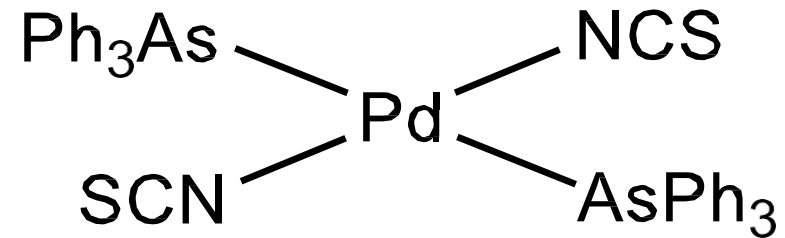
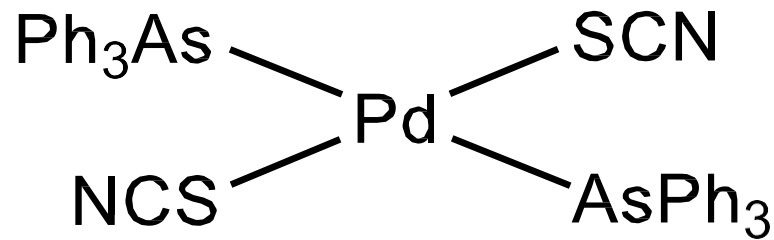
# Polimerizacijski izomeri

- Kompleksi iste empirijske, ali različite molekulske formule



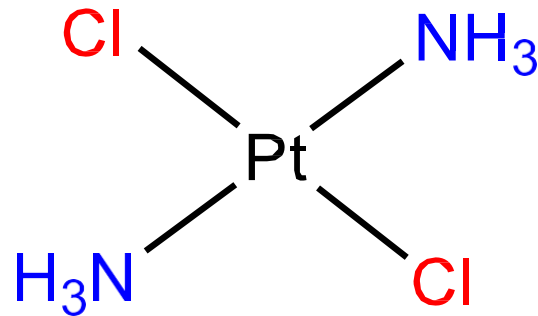
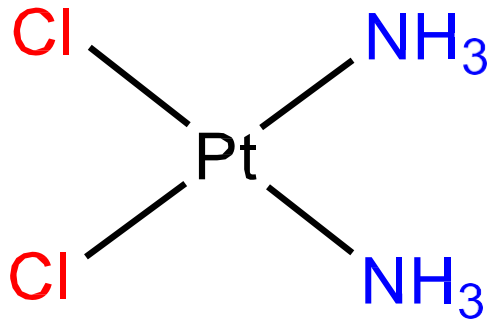
# Vezni izomeri

- Jedan ili više liganada se vežu preko različitih atoma
- **Ambidentatni ligandi – npr.  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{OCN}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  ...**

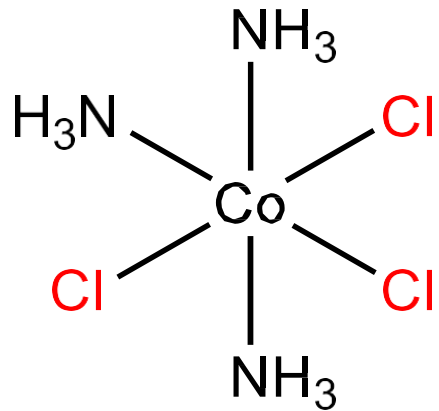


# Geometrijski izomeri

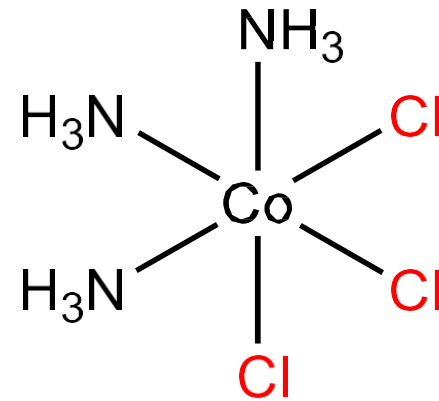
- *cis* i *trans*
- Kvadratni kompleksi



- Facial (*fac*) i meridional (*mer*) izomeri

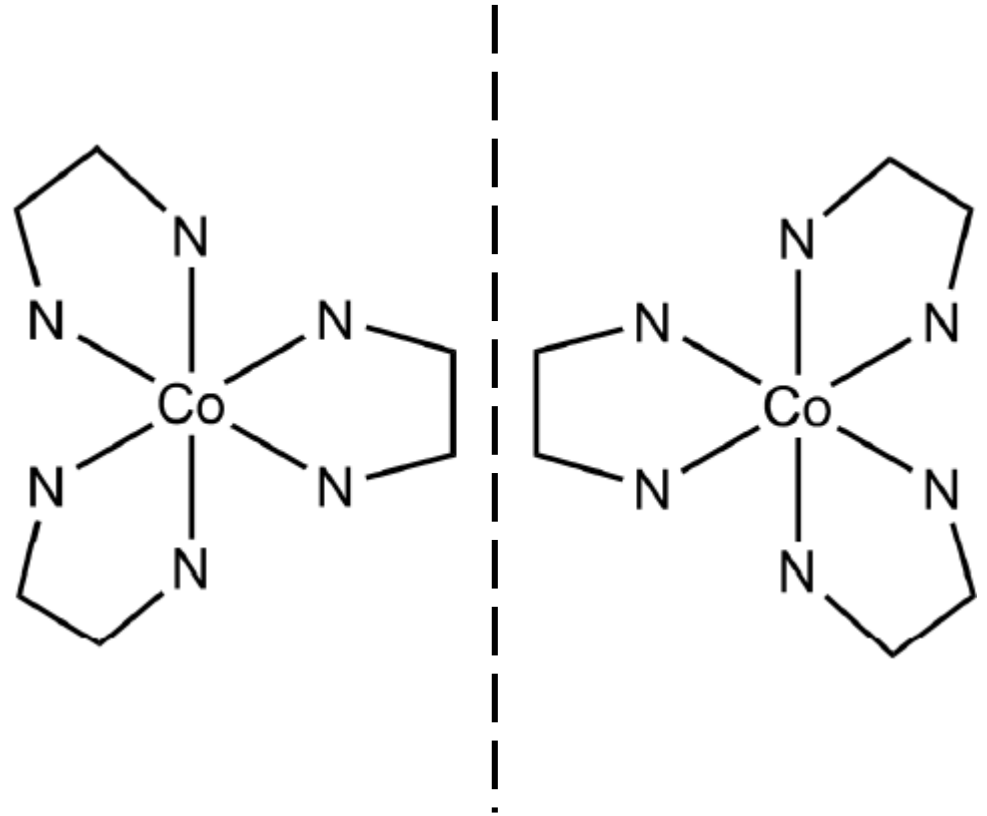
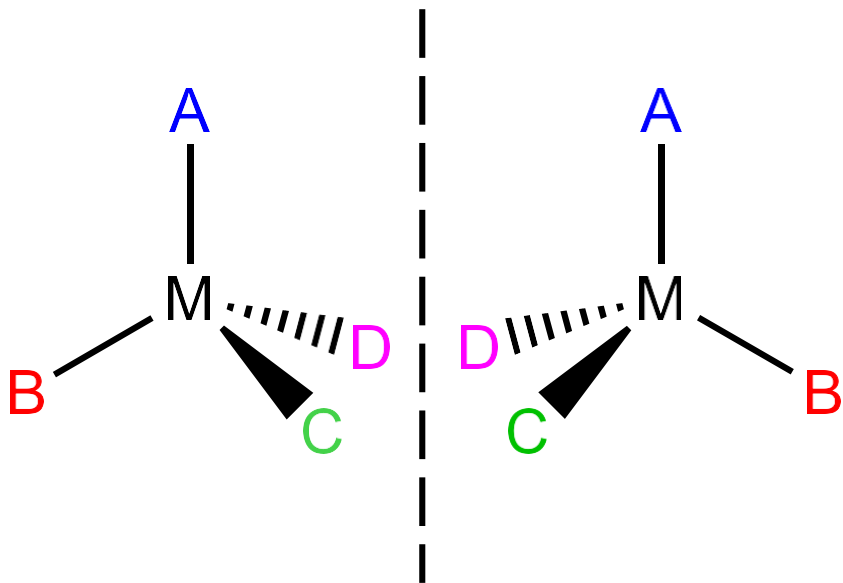


*mer*-[CoCl<sub>3</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]



*fac*-[CoCl<sub>3</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]

# Optički izomeri



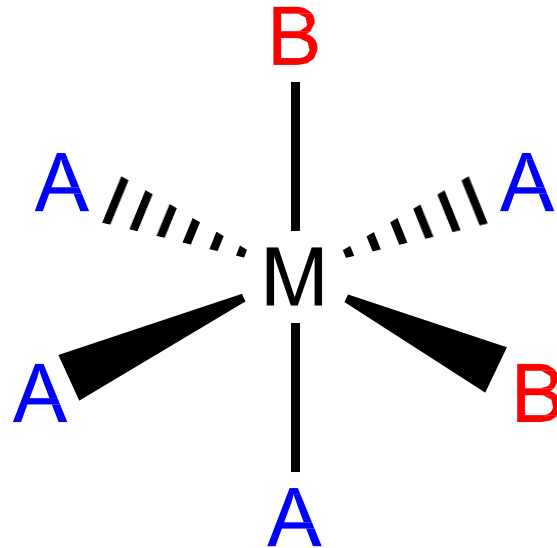
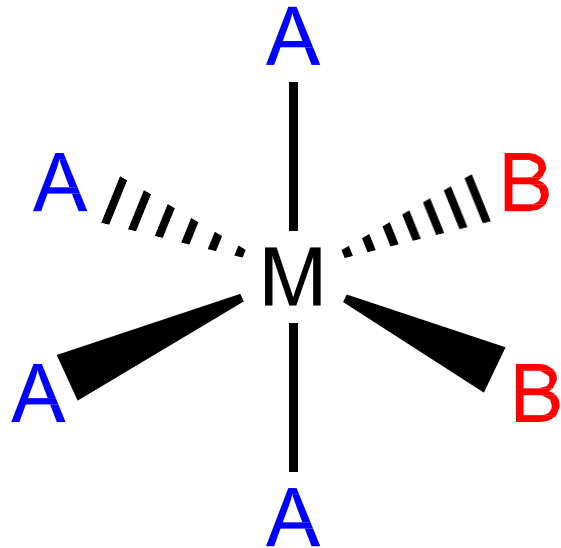
# Oktaedarski kompleksi

Formula	Broj izomera
$MA_6$	1
$MA_5B$	1
$MA_4B_2$	2
$MA_4BC$	2
$MA_3B_3$	2
$MA_3B_2C$	3
$MA_3BCD$	5
$MA_2B_2C_2$	6
$MA_2B_2CD$	8
$MA_2BCDE$	15
$MABCDEF$	30



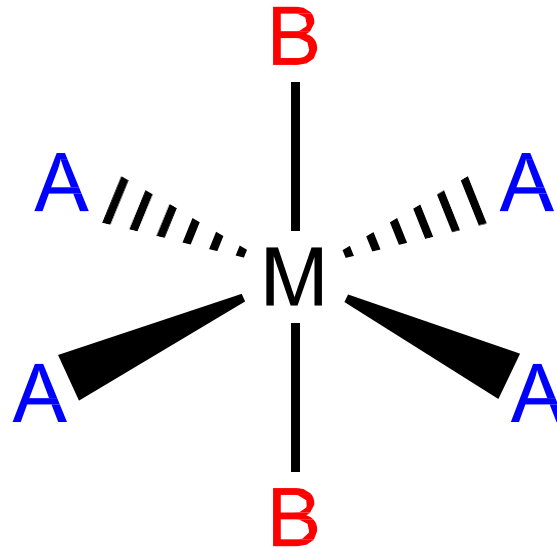
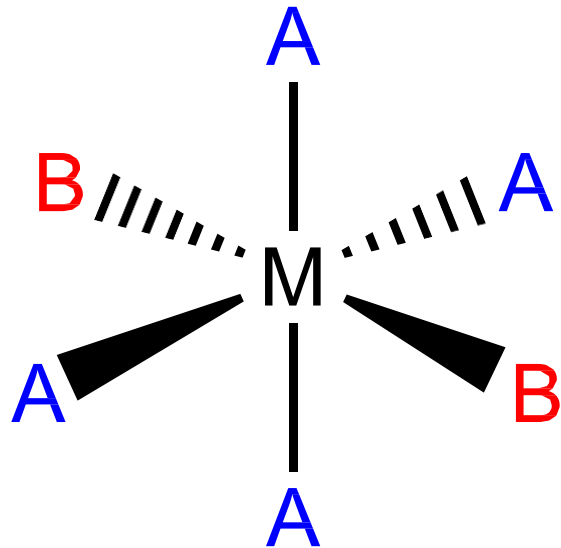
# Oktaedarski kompleksi - $MA_4B_2$

- *cis*

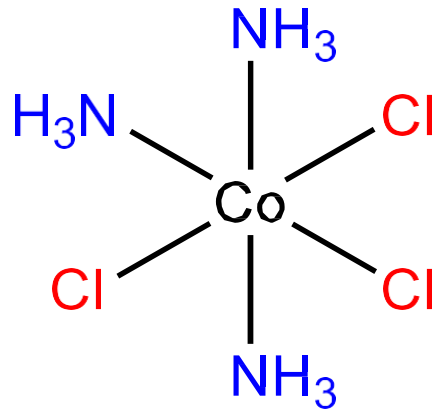


# Oktaedarski kompleksi - $MA_4B_2$

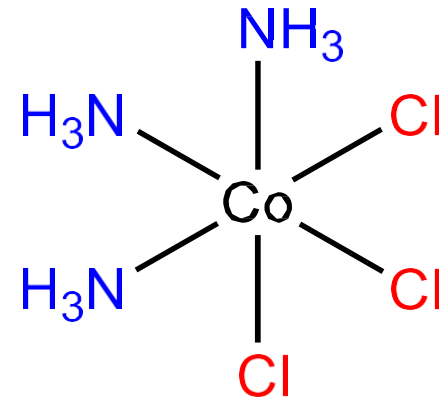
- *trans*



# Facial (*fac*) i meridional (*mer*) izomeri - oktaedarski kompleksi $MA_3B_3$



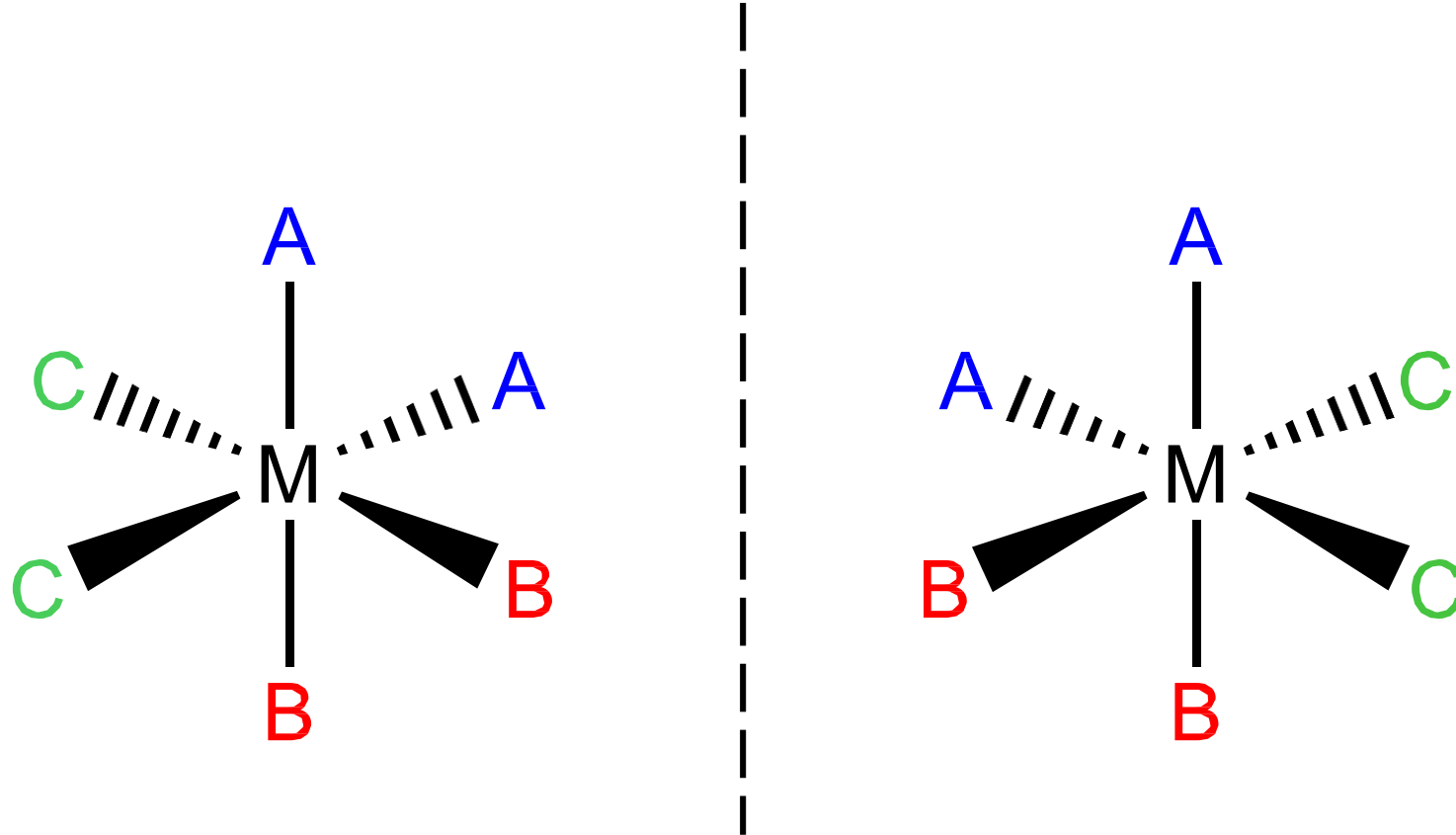
*mer*- $[CoCl_3(NH_3)_3]$



*fac*- $[CoCl_3(NH_3)_3]$

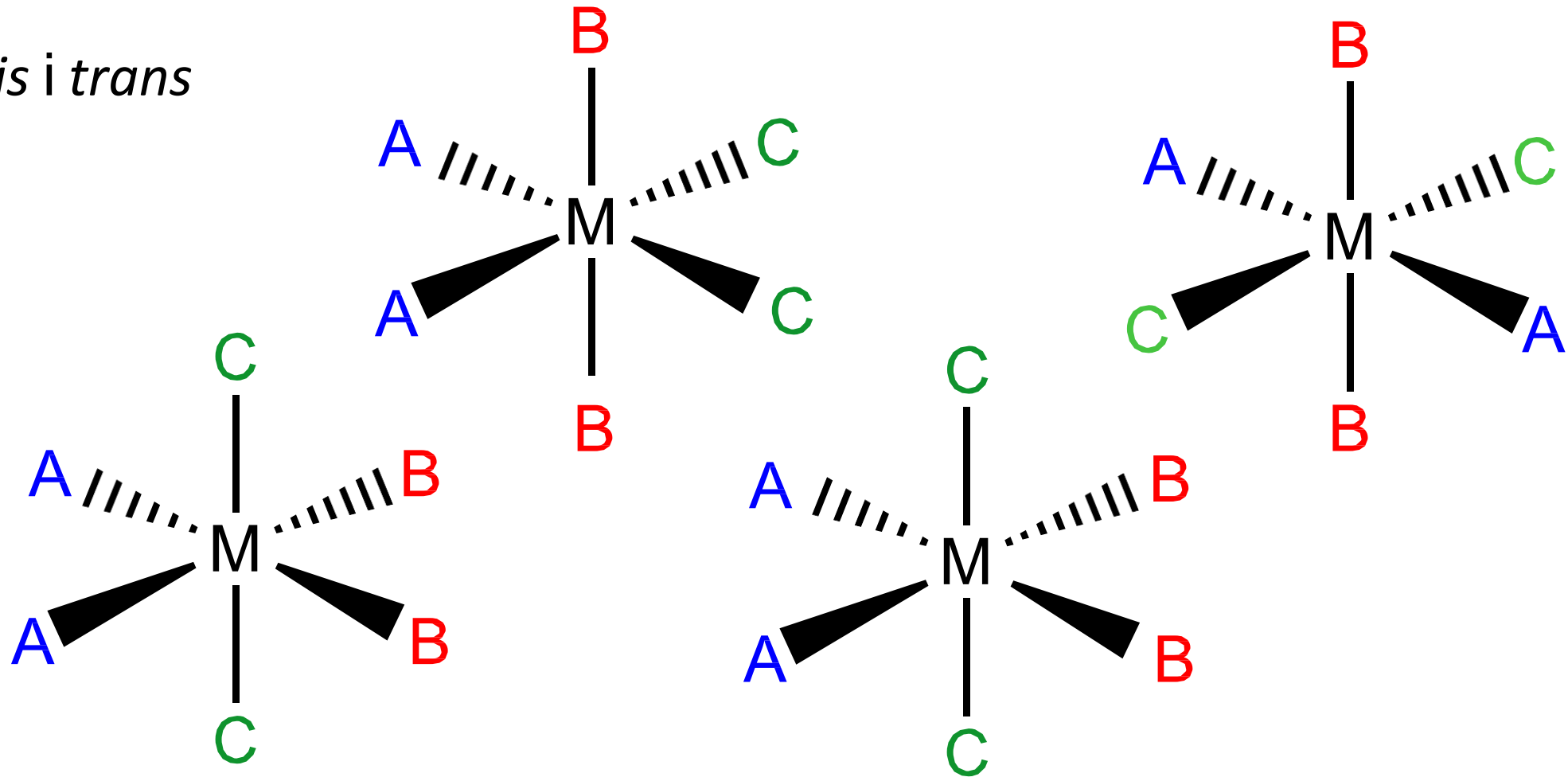
# Oktaedarski kompleksi - $MA_2B_2C_2$

- $\Delta i \Lambda$

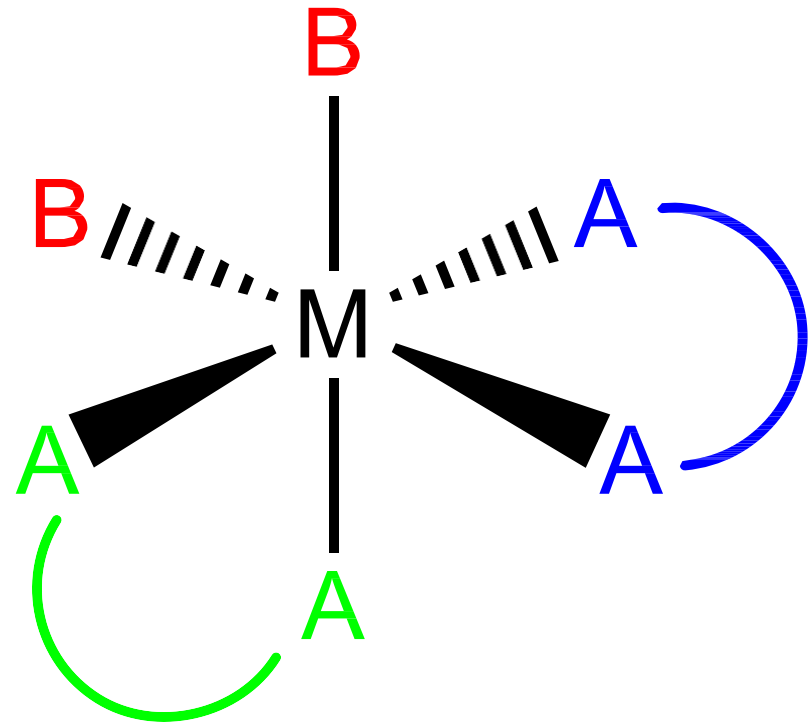
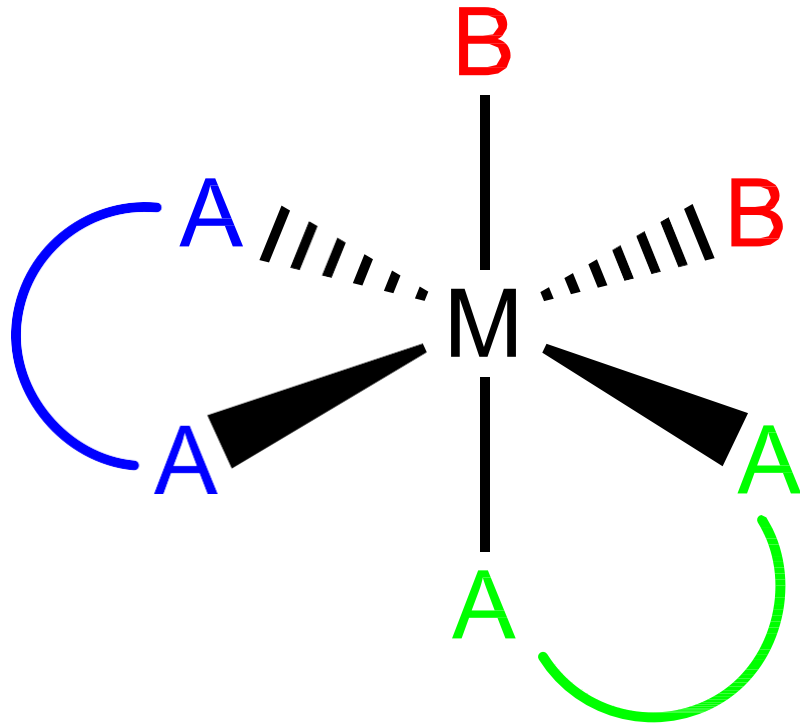


# Oktaedarski kompleksi - $MA_2B_2C_2$

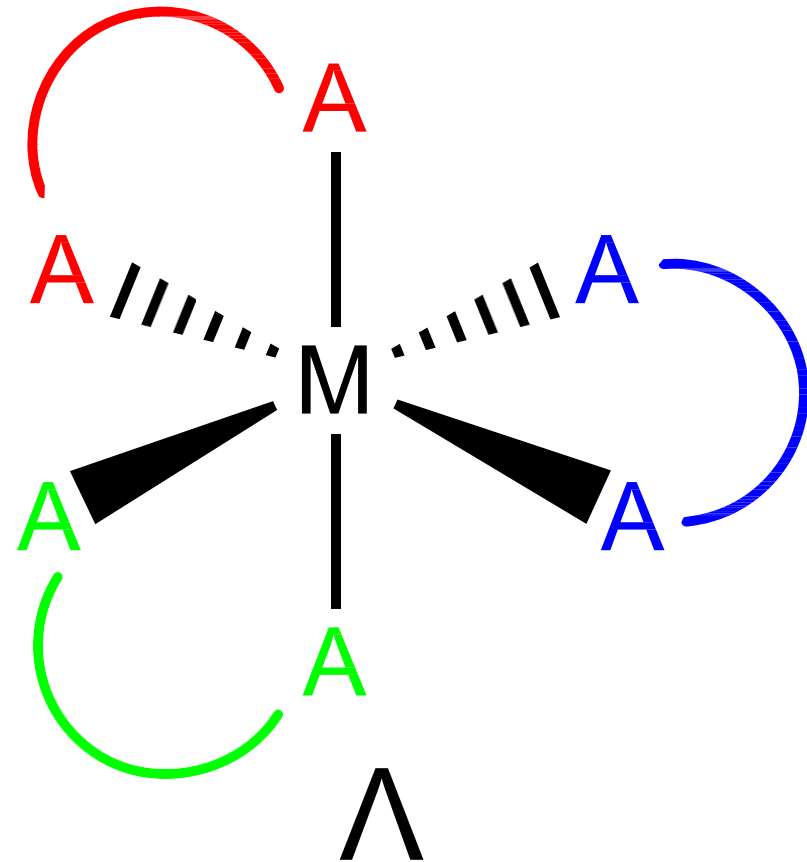
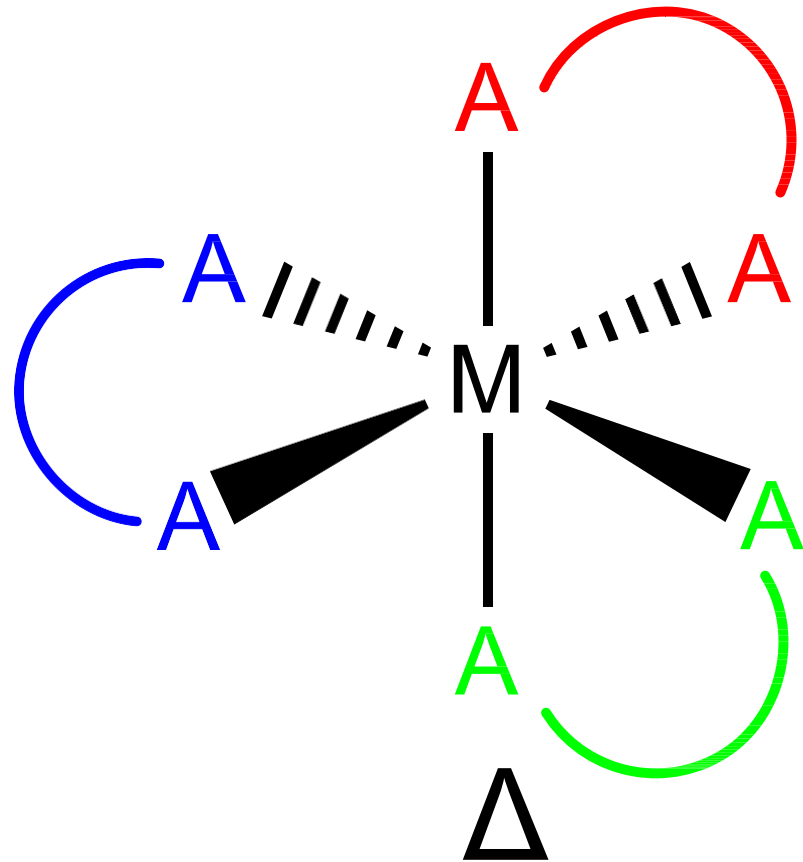
- *cis* i *trans*



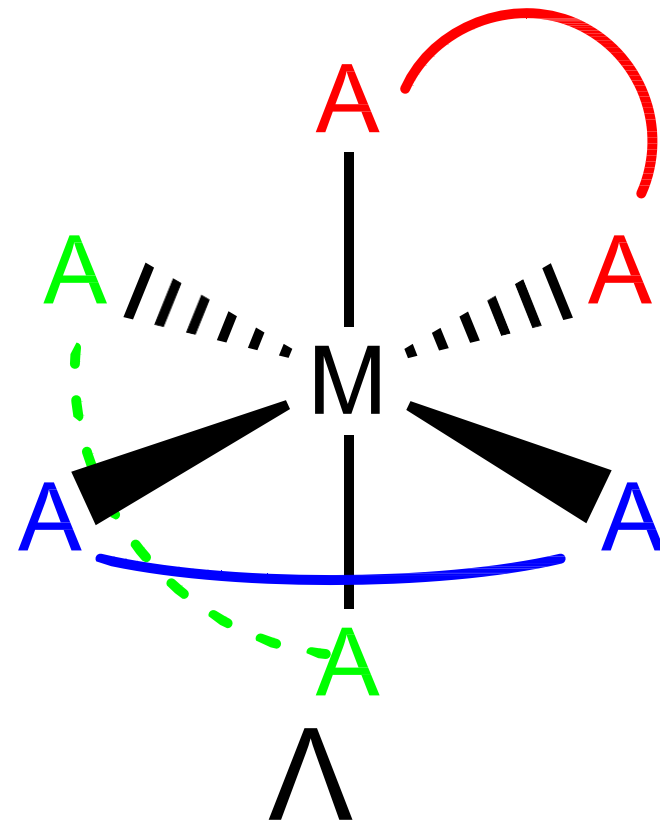
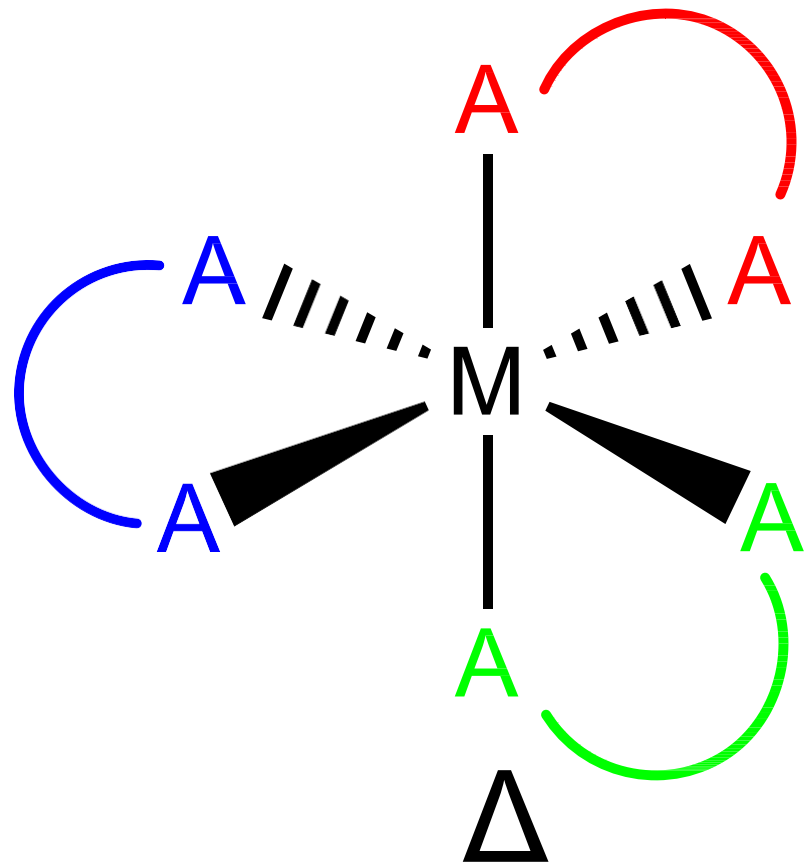
# Oktaedarski kompleksi - cis - $M(AA)_2B_2$



# Oktaedarski kompleksi - $M(AA)_3$



# Oktaedarski kompleksi - $M(AA)_3$





# Zadatak 3.

- Kojem tipu izomerije pripadaju sljedeći spojevi? Imenujte ih prema pravilima nomenklature anorganske kemije.
- $[\text{Co}(\text{SO}_4)(\text{NH}_3)_5]\text{Br}$  i  $[\text{CoBr}(\text{NH}_3)_5]\text{SO}_4$
- $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  i  $[\text{CrCl}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

# Zadatak 4.

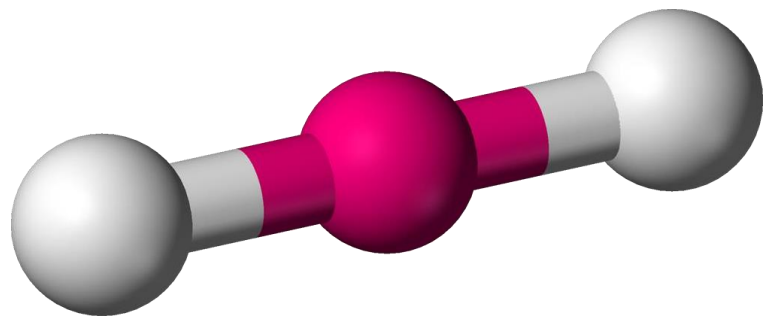
- Prikažite sve geometrijske izomere sljedećih kompleksa te ih imenujte prema pravilima nomenklature anorganskih spojeva:
- $[\text{Co}(\text{gly})_3]$
- $[\text{PtCl}_2(\text{py})_2]$
- $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$
- $[\text{Co}(\text{en})_3]\text{Cl}_3$

# Koordinacijski broj

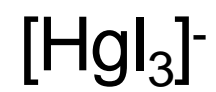
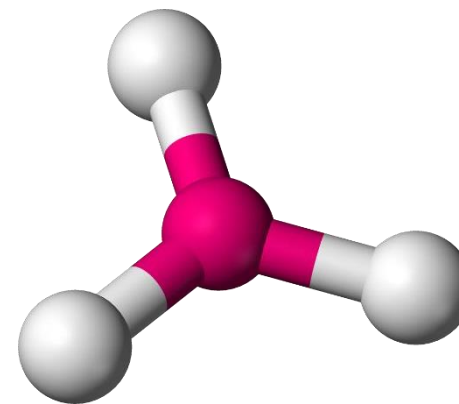
K.B.	Koordinacijski poliedar
2	Linearan
3	Trigonski, trigonska piramida
4	Tetraedar, kvadrat
5	Trigonska bipiramida, kvadratna piramida
6	Oktaedar, trigonska prizma
7	Pentagonska bipiramida, trigonska prizma s dodatnim vrhom, oktaedar s jednim dodatnim vrhom
8	Dodekaedar, kvadratna antiprizma, heksagonska bipiramida, kocka, trigonska prizma s dva dodatna vrha
9	Trigonska prizma s tri dodatna vrha

...

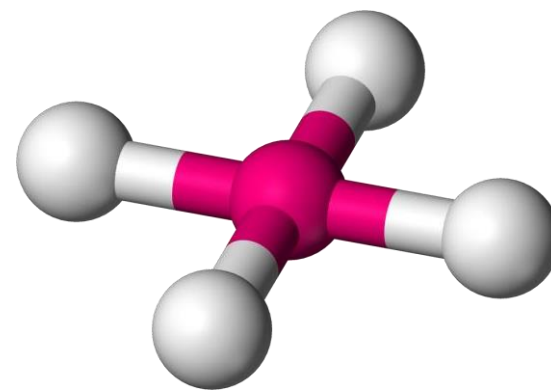
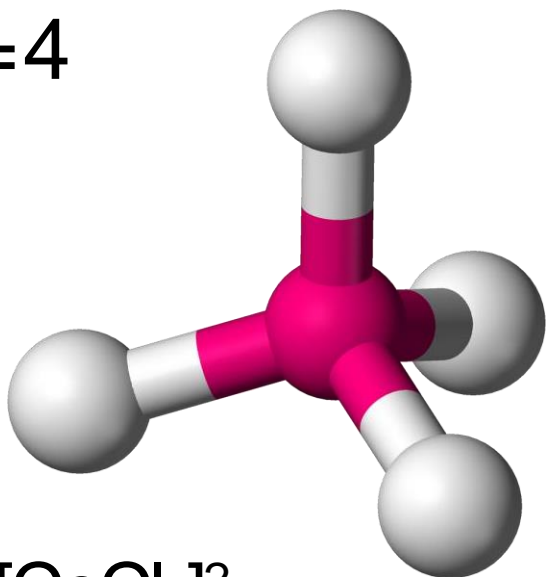
KB=2



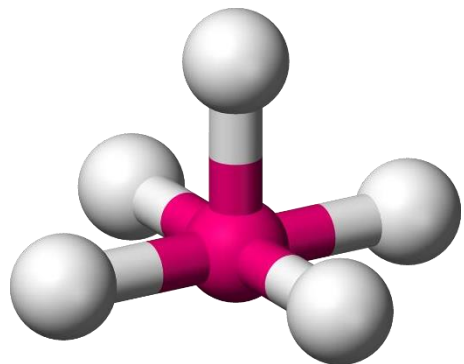
KB=3



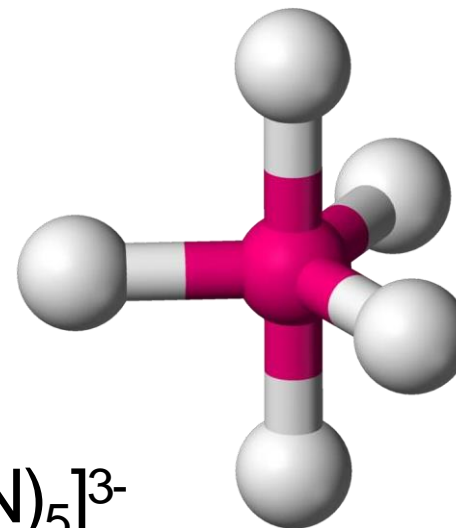
KB=4



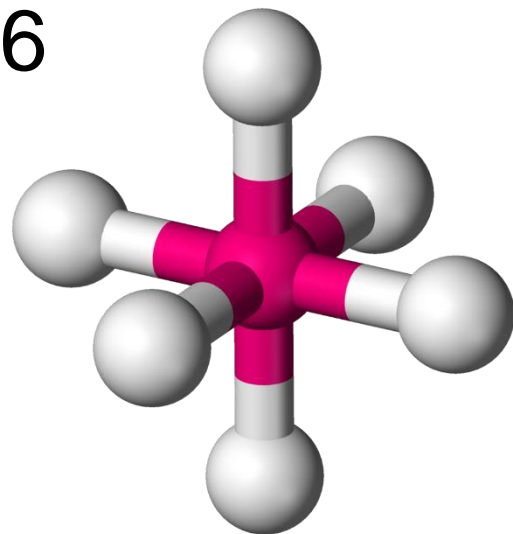
KB=5



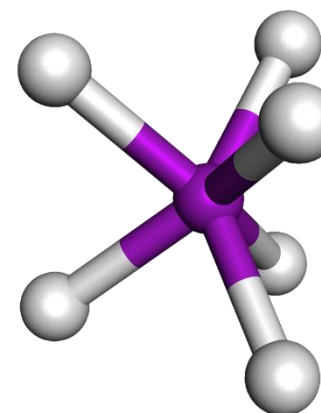
KB=5



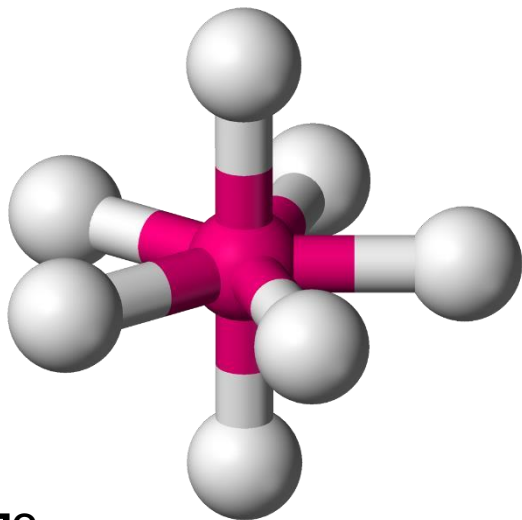
KB=6



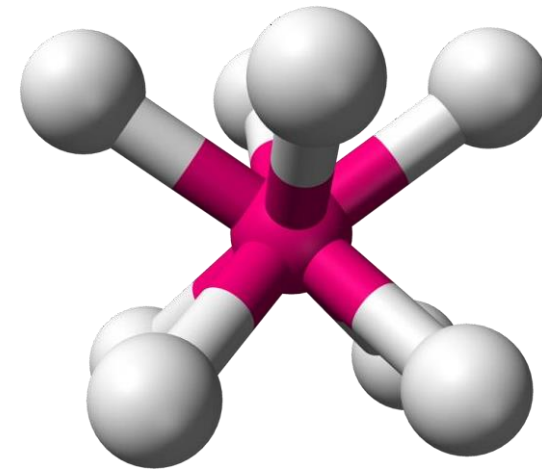
KB=6



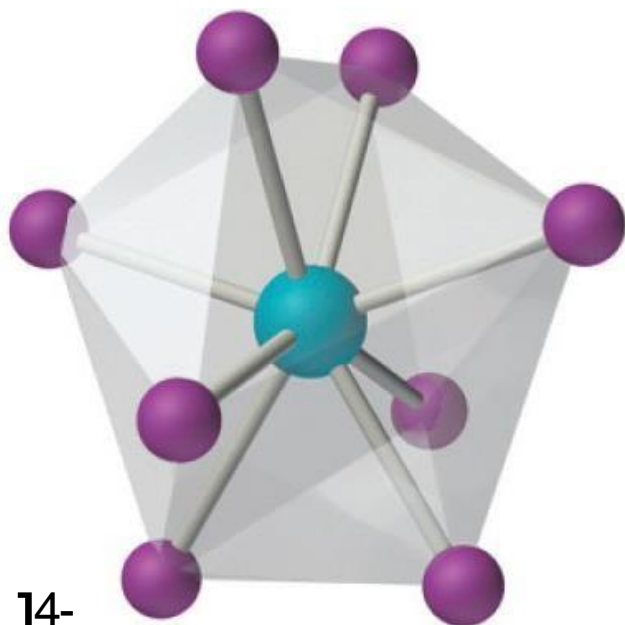
KB=7



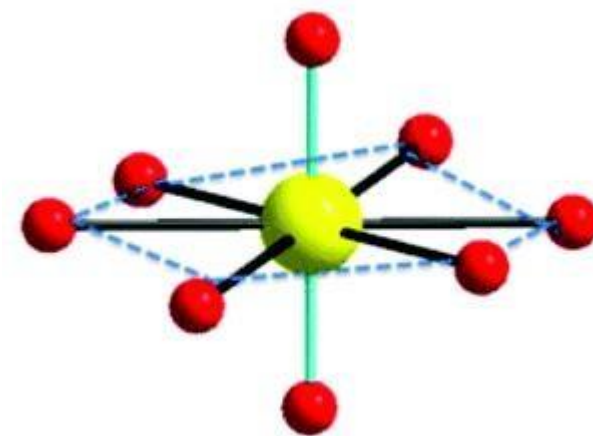
KB=8



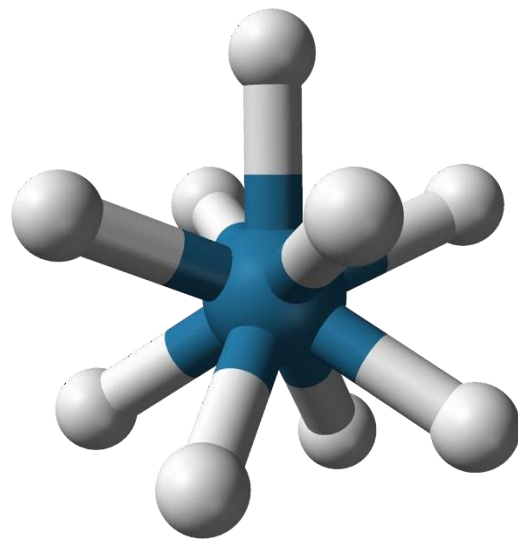
KB=8



KB=8



$KB=9$



$[\text{ReH}_9]^{2-}$

# Zadatak 5.

- U otopinu tetraakvadiklorokobalta(II) dihidrata dodana je otopina etilendiamina te je smjesa miješana uz zagrijavanje. Tijekom tog procesa, dolazi do reakcije kompleksa s kisikom iz zraka što se može uočiti promjenom boje otopine. Nakon 40 minuta dodana je koncentrirana klorovodična kiselina. Nakon hlađenja, produkt je profiltriran i ispiran klorovodičnom kiselinom ( $c = 6 \text{ mol dm}^{-3}$ ) do potpunog prelaska u zelenu boju. Zeleni produkt je potom podvrgnut analizi. Mjerenjem vodljivosti utvrđeno je kako je kompleksni spoj 1:1 elektrolit. U sklopu elementne analize, 1,5500 g zelenog produkta spaljeno je u struji kisika te je dobiveno 0,9555 g ugljikovog(IV) oksida i 0,7825 g vode. Utvrđeno je kako spoj sadrži još 37,3% klora, 20,6% kobalta, a ostatak je dušik. Odredite empirijsku formulu spoja.
- Kako su vezani kloridni ioni u kristalnoj strukturi?
- Nacrtajte sve moguće izomere kompleksne vrste. Koja je to vrsta izomerije?



# Zadatak 6.

- Otapanjem bakrovog(II) klorida dihidrata u 4-aminopiridinu uz dodatak koncentrirane klorovodične kiseline nastaje žuti kompleks bakra(II), **A**. Ustanovljeno je da se radi o kompleksnoj soli u kojoj su kationi koordinirani na ion bakra. Na taj način koordinacijska sfera oko iona bakra je  $4+2$ . Kemijskom analizom je ustanovljeno da kompleksni anion sadrži 69,06% klora, a razlika do 100% odgovara sadržaju bakra. Kompleks analognog sastava **B**, ali s amonijevim ionom kao kationom strukturno se razlikuje od kompleksa **A**. Koordinacijski broj bakra u kompleksu **B** je 4.
- Nacrtajte strukturne formule kompleksa **A** i **B** te ih imenujte prema pravilima nomenklature anorganskih spojeva.

# Zadatak 7.

- Kod kompleksa heksaakvakobaltovog(III) heksacijanokromata(III) ustanovljena je izomerija. Napišite strukturne formule svih izomera te ih nazovite po pravilima anorganske nomenklature.