Course outcomes

Werner,s Theory; Explain the structure of Co(III) ammines on the basics of Werner's theory, Experimental evidence in favor of Werner's theory Sidgwick's effective atomic number (EAN) rules, Application of EAN rules, Nomenclature of Coordination compounds. Nature of Metal legend bonding VB theory, Limitation of VB theory. Isomerism in Coordination Compounds, Structural, Conformation, Ionization, Hydrate, Coordination, Linkage, Coordination position, Ligand and Polymerization isomerism. Stereo isomerism, Geometrical isomerism and Optical isomerism.

યોગશીલ (addition) મોલેક્યુલર સંયોજનો :

બે કે તેથી વધુ સાદા ક્ષારોને આણવીય પ્રમાણ થી દ્રાવણ બનાવી મિશ્ર કરી બાશ્પાયન કરતા મળતા નવા ક્ષારને યોગશીલ સંયોજનો કહે છે.

ઉદાહરણ :

Example:

$K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O \longrightarrow K_2SO_4\ Al_2(SO_4)_3\ 24H_2O$ [Potash alum]

$Fe(CN)_2 + 4KCN \longrightarrow Fe(CN)_2\ 4KCN$ OR $K_4[Fe(CN)_6]$ [Potassium ferrocyanide]

આવા યોગશીલ સંયોજનો ને બે પ્રકારે વહેચવામાં આવે છે.

(૧) દ્વિ ક્ષાર (double salt) (૨) સંકીર્ણ ક્ષાર (complex salt)

દ્વિ ક્ષાર (double salt)	સંકીર્ણ ક્ષાર (complex salt)
બે કે તેથી વધુ સદા ક્ષારોને આણવીય પ્રમાણ થી દ્રાવણ બનાવી મિશ્ર કરી બાશ્પાયન કરતા મળતો નવો ક્ષાર તેના માત્રુ ક્ષારનાં ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે.	બે કે તેથી વધુ સદા ક્ષારોને આણવીય પ્રમાણ થી દ્રાવણ બનાવી મિશ્ર કરી બાશ્પાયન કરતા મળતો નવો ક્ષાર તેના માત્રુ ક્ષારનાં બધા ગુણધર્મો જાળવી રાખતા નથી.
પાણીમાં દ્રાવણ બનાવતા દ્વિ ક્ષારના બધા જ આયાનોનું આયોનીકરણ થાય છે.	પાણીમાં દ્રાવણ બનાવતા દ્વિ ક્ષારના બધા જ આયાનોનું આયોનીકરણ થતું નથી
બધા આયનો તેમના વ્યક્તિગત ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે.	કેટલાક આયનો તેમના વ્યક્તિગત ગુણધર્મો જાળવી રાખતા નથી છે.

ઉદાહરણ :

(૧) દ્વિ ક્ષાર (double salt)

Dissolved in water or other solvent

$K_2SO_4\ Al_2(SO_4)_3\ 24H_2O$ $\longrightarrow$ Constituent ions K^+; Al^{+3}; SO_4^{-2}

[Potash alum]

ionization

(૨) સંકીર્ણ ક્ષાર (complex solt)

Dissolved in water or other solvent

$K_4[Fe(CN)_6]$ $\longrightarrow$ Constituent ions $[Fe(CN)_6]^{-4}$ & $4K^+$

[Potassium ferrocyanide]

Other examples:

Double salts-

$KCl + MgCl_2 + 6H_2O \longrightarrow KCl\ MgCl_2\ 6H_2O$ [Carnollite]

$(NH4)_2SO_4 + FeSO_4 + 6H_2O \longrightarrow FeSO_4\ (NH4)_2SO_4\ 6H_2O$ [Mohr's salts]

Complex salts -

$NiCl_2 + 6NH_3 \longrightarrow [Ni(NH_3)_6]Cl_2$ [Hexammine nickel chloride]

$CuSO_4 + 4NH_3 \longrightarrow [Cu\ (NH_3)_4]SO_4$ [Tetraammine copper sulphate]

- **<u>સંકીર્ણ સંયોજનો અંગે સામાન્ય માહિતી</u>**

સંકીર્ણ સંયોજન એ આયાનોનું બનેલું હોય છે જેમાં

૧. ધન સંકીર્ણ અને સાદો ઋણ આયન

૨. ઋણ સંકીર્ણ અને સાદો ધન આયન

૩. ધન સંકીર્ણ અને ઋણ સંકીર્ણ

૪. તટસ્થ સંકીર્ણ

A Complex Compounds is composition of ions.

$K_4[Fe(CN)_6\ ] \xrightarrow{\text{ionization}} 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{-4}$

Simple cation + Complex anion

$[Cu\ (NH_4)_4]SO_4 \xrightarrow{\text{ionization}} [Cu\ (NH_4)_4]^{+2} + SO_4^{-2}$

Complex cation + Simple anion

$[Pt(NH_3)_4]\ [Pt(Cl)_4] \xrightarrow{\text{Ionisatio}} [Pt(NH_3)_4]^{+2} + [Pt(Cl)_4]^{-2}$

Complex cation + Complex anion

$[Ni(CO)4] \xrightarrow{\text{Do not ionized}} [Ni(CO)4]^0$ Neutral complex

સવર્ગ ક્ષેત્ર (coordination sphere) : સંકીર્ણ સંયોજનો માં ધાતુ આયન, લીગેન્ડ સાથે સવર્ગ બંધ થી જોડાય છે જેમને ચોરસ કૌંસ [ ] માં દર્શાવવામાં આવે છે જેને સવર્ગ ક્ષેત્ર કહે છે. સવર્ગ ક્ષેત્રમાં રહેલા ધાતુ આયન અને લીગેન્ડનું આયનીકરણ થતું નથી.

આયોનિક ક્ષેત્ર (Ionization sphere) : સવર્ગ ક્ષેત્રની બહાર દર્શાવેલ આયનોને આયોનિક ક્ષેત્ર કહે છે. આયોનિક ક્ષેત્રમાં રહેલ આયનોનું આયનીકરણ થાય છે.

$$[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$$

Coordination sphere   Ionization sphere

$[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2 \longrightarrow [Co(NH_3)_5Cl]^{+2} + 2Cl^{-1}$

સવર્ગઆંક(Coordination Number): ધાતુ આયન અને લીગેન્ડ વચ્ચે બનેલા સવર્ગ બંધની સંખ્યાને સવર્ગઆંક કહે છે. એક દાંતિય લીગેન્ડ માત્ર એક જ સવર્ગ બંધ બનાવે છે પરંતુ બહુ દ્ન્તીય લીગેન્ડ એક કરતા વધુ ડોનર અણુઓ ધરાવે છે આથી એક કરતા વધુ સવર્ગ બંધ બનાવે છે.

આથી સવર્ગ આંક = સવર્ગ બંધની સંખ્યા = (લીગેન્ડ ની સંખ્યા) (લીગેન્ડ ની દંત સંખ્યા)

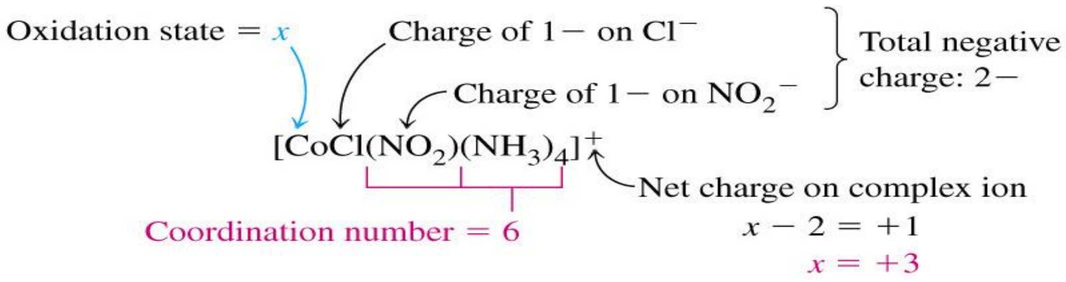
Oxidation No of CMI:- Valency of CMI is called Oxidation no of CMI

Valency of complex ion	Valency of CMI	Total valency of ligands
Oxidation no. of complex ion	Oxidation no. of CMI	(no of ligands) × (oxidation no of ligand)

$$Y=A+n(X)$$

When two or more type of ligands are present in complex ion.

$$Y=A+\sum n(X)$$



- **<u>લીગેન્ડ અને તેના પ્રકારો</u>**

સંકીર્ણ ક્ષાર માં ધાતુ આયન સાથે સવર્ગ સહસંયોજક બંધથી જોડાયેલ ઋણ કે તટસ્થ અણુ ને લીગેન્ડ કહે છે.

લીગેન્ડ નું વર્ગીકરણ ઈલેક્ટ્રોન યુગ્મ આપવાની વૃત્તિ ને લઈને વર્ગીકરણ નીચે મુજબ કરવામાં આવે છે. એક ઈલેક્ટ્રોન યુગ્મનું દાન કરે અથવા એક ઈલેક્ટ્રોન દાતા પરમાણું હોય તો તેને એકદતિય અને એક કરતા વધુ ઈલેક્ટ્રોન યુગ્મનું દાન કરે અથવા એક કરતા વધુ ઈલેક્ટ્રોન દાતા પરમાણું હોય તો તેને બહુદતિય લીગેન્ડ કહે છે.

Monodentate ligands

Neutral ligands	Anionic ligands
CO- Carbonyl	F, Cl, Br, I, (Floro)
CS- Thiocarbonyl	NO_2 - Nitro
NO-Nitrosyl	NO_3 -Nitrato
NS-Thionitrosyl	CN-cyno
H_20- Aquo or Aqua	NC- isocyano
NH_3 –Ammine	SCN-Thiocyanato
O_2-Dioxygen	NCS-Isothiocyanato
N_2- Dinitrogen	CH3COO- acetate
PF_3- Phosphorus trifluoride	NH2- Amido
$P(C_2H_5)_3$-Triethyl phosphine	OH-Hydroxo
$P(C_6H_5)_3$-Triphenyl phosphine	

Biodentate ligands:

Neutral ligands

H_2N-NH_2(Hydrazine)
$H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$ (en)
$H_2N-CH_2-CH-CH_2-NH_2$
(trimethylene diamine-tn)
$H_2N-CH-CH-NH_2$
CH_3 CH_3
Butylene diamine(bn)
DMG

Anionic ligands

CO_3^{-2} ; S^{-2};
SO_3^{-2}; SO_4^{-2}; $S_2O_3^{-2}$; CrO_4^{-2};
$Cr_2O_7^{-2}$;
O^{-2}(Oxo); O_2^{-2}(peroxo)
$C_2O_4^{-2}$ (oxalate)
NH^{-2}(amido)

Tridentate ligands:

Neutral ligands

$H_2N-CH_2-CH-CH_2-NH_2$
NH_2
(triaminopropane)

Anionic ligands

PO_4^{-3}; AsO_3^{-3}; AsO_4^{-3}

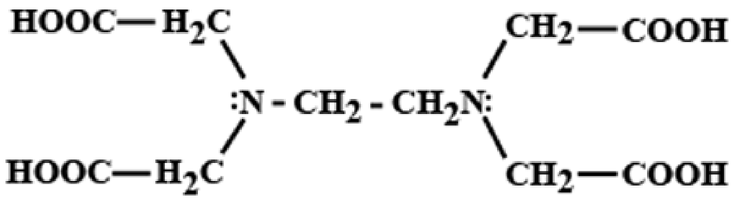
Teradentate ligands:

Neutral ligands:

$H_2N-CH_2-CH_2-NH-CH_2-CH_2-NH-CH_2-CH_2-NH_2$

(Triethylene tetraamine-trien)

Hexadentate ligands: EDTA (ethylene diamine tetraacetate ion)



stucture of EDTA

સંકીર્ણ સંયોજનો માટે વર્નર થીયરી

વર્નરનાં સંકીર્ણ

TABLE 24.1 Properties of Some Ammonia Complexes of Cobalt(III)

Original Formulation	Color	Ions per Formula Unit	"Free" Cl^- Ions per Formula Unit	Modern Formulation
$CoCl_3 \cdot 6\,NH_3$	Orange	4	3	$[Co(NH_3)_6]Cl_3$
$CoCl_3 \cdot 5\,NH_3$	Purple	3	2	$[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$
$CoCl_3 \cdot 4\,NH_3$	Green	2	1	*trans*-$[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$
$CoCl_3 \cdot 4\,NH_3$	Violet	2	1	*cis*-$[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$

વર્નર ની ધારણાઓ

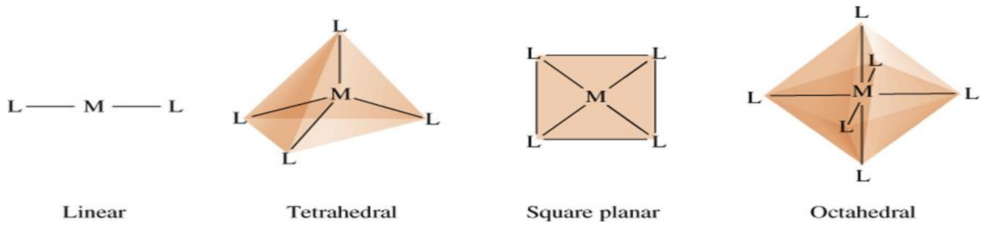
અન્ય સંયોજનો માં આયાનોની માત્ર એક જ સયોજકતા હોય છે જયારે સંકીર્ણ સંયોજનો માં રહેલ ધાતુ આયન (CMI) બે પ્રકારની સયોજકતા (Valences) ધરાવે છે અને બંને સયોજક્તાને સતોશે છે.

૧. પ્રાથમિક સયોજકતા (Primary Valences)

૨. દ્વિતિયક સયોજકતા (Secondary Valences)

1. દ્વિતિયક સયોજકતાની લાક્ષણીકતાઓ

- ધાતુ આયાનની દ્વિતિયક સયોજકતા એ સવર્ગઆંક (સવર્ગ બંધની સંખ્યા)જેટલી હોય છે.
- ધાતુ આયાનની દ્વિતિયક સયોજકતા તટસ્થ કે ઋણ લીગેન્ડ દ્વારા સંતોષાય છે.
    - $[Co(NH_3)_6]Cl_3$
      Coordination no of Co is 6 (no of NH_3ligands= 6), e.g. the S.V. =6, it is satisfying by 6NH_3.(neutral)
    - $K_4[Fe(CN)_6]$
      Coordination no of Fe is 6 (no of CN^- ligands= 6), e.g. the S.V. =6, it is satisfying by 6CN(anion).
    - $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$
      Coordination no of Co is 6 (no of 5NH_3 and Cl Ligands= 6), e.g. the S.V. =6, it is satisfying by 5NH_3 (neutral) and one Cl (anion).
- જયારે સંકીર્ણ સંયોજનોનું બંધારણીય સુત્ર લખવામાં આવે ત્યારે દ્વિતિયક સયોજકતથી જોડાયેલા ધાતુ આયન અને લીગેન્ડ સવર્ગક્ષેત્રમાં ([ ] ચોરસ કૌંસમાં) લખવામાં આવે છે.
- દ્વિતિયક સયોજકતા સંતોષતા લીગેન્ડ ધાતુ આયનની આજુબાજુ ચોક્ક્સ દિશામાં જોડાય છે. આથી સંકીર્ણ ચોક્ક્સ આકાર ધારણ કરે છે. એટલે દ્વિતિયક સયોજકતા દિશાકીય ગુણધર્મ ધરાવે છે. અને સંકીર્ણનો ચોકકસ આકાર નક્કી કરે છે. જેમકે...
  દ્વિતિયક સયોજકતા / સવર્ગઆંક= ૨ હોય તો સંકીર્ણનો આકાર રેખીય હોય
  દ્વિતિયક સયોજકતા / સવર્ગઆંક= ૩ હોય તો સંકીર્ણનો આકાર સમાંતાલીય ત્રિકોણીય હોય
  દ્વિતિયક સયોજકતા / સવર્ગઆંક= ૪ હોય તો સંકીર્ણનો આકાર ચોરસ સમતલીય અથવા સમચતુશ્ફલકીય હોય
  દ્વિતિયક સયોજકતા / સવર્ગઆંક= ૫ હોય તો સંકીર્ણનો આકાર ત્રિકોણીય પીરામીડલ હોય
  દ્વિતિયક સયોજકતા / સવર્ગઆંક= ૬ હોય તો સંકીર્ણનો આકાર ચોરસ અષ્ટફલકીય હોય



- દ્વિતિયક સયોજકતા સંતોષતા લીગેન્ડ અને ધાતુ આયનનું આયનીકરણ થતું નથી એટલે કે તેમને આયનીક સ્વરૂપ માં મેળવી શકતા નથી.

  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2 \longrightarrow [Co(NH_3)_5Cl]^{+2} + 2Cl^{-1}$ in this complex there are 5 NH3 and Cl are satisfying S.V., e.g., they can not be ionized.

  $K_4[Fe(CN)_6] \longrightarrow 4K^{+} + [Fe(CN)_6]^{-4}$

- દ્વિતિયક સયોજકતા સંતોષતા લીગેન્ડ અને ધાતુ આયનનું જોડાણ ⟶ થી દર્શાવાય છે.

2. પ્રાથમિક સયોજકતાની લાક્ષણીકતાઓ

- ધાતુ આયાનની પ્રાથમિક સયોજકતા એ ઓક્ષીડેશન નંબર જેટલી હોય છે.
- ધાતુ આયાનની પ્રાથમિક સયોજકતા ઋણ આયન દ્વારા સંતોષાય છે.

  $[Co(NH_3)_6]Cl_3$

  Oxidation no of Co is +3 (valency of CMI= +3), e.g. the P.V. =+3, it is satisfying by 3Cl.(anions)

- જયારે સંકીર્ણ સંયોજનોનું બંધારણીય સુત્ર લખવામાં આવે ત્યારે માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતથી જોડાયેલા ઋણ આયનને [ ] ચોરસ કૌંસની બહાર લખવામાં આવે છે. અને પ્રાથમિક સયોજકતા તથા દ્વિતિયક સયોજકતા સંતોષતા ઋણ લીગેન્ડ ને સવર્ગ ક્ષેત્ર ([ ] ચોરસ કૌંસ) ની અંદર લખવામાં આવે છે.
  - $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$

    Oxidation No Co is +3 0(valency of Co=+3), e.g. the P.V. =+3, it is satisfying by 2Cl which out side of the [] and one (anion ligand) Cl inside of the[].

- પ્રાથમિક સયોજકતા અને દ્વિતિયક સયોજકતા સંતોષતા ઋણ લીગેન્ડ ધાતુ આયનની આજુબાજુ ચોક્ક્સ દિશામાં જોડાય છે. જે દિશાકીય ગુણધર્મ ધરાવે છે. અને સંકીર્ણનો ચોકકસ આકાર નક્કી કરે છે. પરંતુ માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતા સંતોષતા હોય તેવા ઋણ આયનો દિશાકીય ગુણધર્મ ધરાવતા નથી એટલે કે તેઓ non directional છે. આથી માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતા સંતોસતા હોય તેવા આયનો સંકીર્ણ નો આકાર નક્કી કરતા નથી.
- પ્રાથમિક સયોજકતા અને દ્વિતિયક સયોજકતા સંતોષતા ઋણ લીગેન્ડ નું આયનીકરણ થતું નથી એટલે કે તેમને આયનીક સ્વરૂપ માં મેળવી શકતા નથી. જયારે માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતા સંતોસતા હોય તેવા આયાનોનું આયનીકરણ થાય છે. જે આયનો ionized છે.

  $[Co(NH_3)_6]Cl_3 \longrightarrow [Co(NH_3)_6]^{+3} + 3Cl^{-1}$

  3Cl are satisfied only P.V. hence all 3Cl are ionized,e.g., completely ionization of P.V.

  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2 \longrightarrow [Co(NH_3)_5Cl]^{+2} + 2Cl^{-1}$

  P.V. of Co is +3, which is satisfied by three Cl

- પ્રાથમિક સયોજકતા અને દ્વિતિયક સયોજકતા સંતોષતા ઋણ લીગેન્ડ અને ધાતુ આયનનું જોડાણ solid broken line થી અને માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતા સંતોસતા ઋણ આયાનને broken line થી દર્શાવાય છે.

$$[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$$

Satisfied only S.V.
Neutral Ligand
Written inside the []
Non ionizable
Directional nature
Define geometry of complex.
Shown by solid arrow line.

Satisfied S.V. and P,V.
Dual character.
anion Ligand
Written inside the []
Non ionizable
Directional nature
Define geometry of complex.
Shown by solid –broken line

Satisfied only P,V.
Anions molecules
Written outside the []
ionizable
non directional nature
do not Define geometry of complex.
Shown by broken line

➢ Experimental evidence in favor of Werner's theory.

(વર્નર થીયરી ને અનુમોદન આપતા પ્રાયોગિક પુરાવાઓ)

Co+3 ના એમાઈન સાથેના સંકીણોનાં બંધારણ ને નીચેની પદ્ધતિઓ દ્વારા સમજાવી શકાય છે.

Complex	No of ions	ΔT	Conductance	Precipitation
$[Co(NH_3)_6]Cl_3$	4	↓	390	3AgCl
$[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$	3		262	2AgCl
$[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$	2		102	AgCl
$[Co(NH_3)_3Cl_3]$	0		0	No ppt's

[૧] Cryoscopic methods. (ઠારબિંદુ અવનયન માપન પદ્ધતિ)

આ પદ્ધતિ અનુસાર કોઈ દ્રાવણ નું ઠારબિંદુ, શુદ્ધ દ્રાવકના ઠારબિંદુ કરતા ઓછુ હોય છે. એટલે કે દ્રાવક માં દ્રાવ્ય ઉમેરતા દ્રાવણ બને છે અને દ્રાવણ માં આયાનોની સંખ્યા વધે છે. આમ આયાનોની સંખ્યા વધતાં ઠારબિંદુ અવનયન ઘટે છે.

વર્નર નાં સંકીર્નો માં સવર્ગ ક્ષેત્રની બહાર માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતાથી જોડાયેલા આયાનોનું આયનીકરણ થાય છે. આવા આયાનોની સંખ્યા જેમ વધે તેમ ઠારબિંદુ અવનયન ઘટે છે.

ઉપર દર્શાવેલા વર્નર સંકીર્નો માં જેમ જેમ [ ] કૌસાની બહાર રહેલા Cl- આયાનોની સંખ્યા ઘટે છે તેમ ઠારબિંદુ અવનયન વધે છે.

[૨] Conductance measurements. (વાહકતા માપન)

દ્રાવણ ની વાહકતા એટલે દ્રાવણમાંના આયનો નો વિદ્યુતીય ચાર્જ, દ્રાવણમાં આયનો ની સંખ્યા જેમ વધે તેમ વાહકતા પણ વધે છે.

વર્નર સંકીર્નોના દ્રાવણ બનાવામાં આવે ત્યારે માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતા થી જોડાયેલા આયાનોનું જ આયનીકરણ થઈ આયનો બને છે આમ સંકીર્નો માં [ ] કૌસની બહાર રહેલા આયનો ની સંખ્યા વધુ તેમ દ્રાવણની વાહકતા પણ વધે છે.

[૩] Precipitation method (અવક્ષેપન પદ્ધતિ)

આ પદ્ધતિ અનુસાર સયોજના ના દ્રાવણ માં કોઈ યોગ્ય પક્રીયક ઉમેરવામાં આવે તો દ્રાવણ નાં આયાનીકૃત આયનો સાથે પ્રક્રિયક પ્રક્રિયા કરી અવક્ષેપ આપે છે.

જેમકે વર્નારના સંકીર્નો ના દ્રાવણ માં AgNO3 પ્રકીયક ઉમેરવામાં આવતા સંકીર્નો ના દ્રાવણ માં રહેલા આયાનીકૃત Cl^- આયનો સાથે પક્રીયક પક્રિયા કરી AgCl ના અવક્ષેપ આપે છે. જેમ AgNO3 સાથે વધુ Cl^- આયનો જોડાય તેમ AgCl ના અવક્ષેપ નું પ્રમાણ વધે છે. આમ માત્ર પ્રાથમિક સયોજકતા થી જોડાયેલ આયાનોની સંખ્યા વધુ તેમ અવક્ષેપનું પ્રમાણ પણ વધે છે.

- $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ ===== $[Co(NH_3)_6]^{+3}$ + $3Cl^-$ ====== 3AgCl
- $[Co(NH_3)_3Cl_3]$===== do not ionized == do not gives ppt's with $AgNO_3$

➢ Effective Atomic Number (EAN) અસરકારક પરમાણું ક્રમાંક

જ્યારે સંકીર્ણમાં ધાતુ આયન સાથે લીગેન્ડ સવર્ગ બંધથી જોડાય છે ત્યારે બે ઈલેક્ટ્રોન આપીને જોડાય છે આથી સંકીર્ણ બન્યા પછી ધાતુ આયન પાસે રહેલા ખરેખરા ઈલેક્ટ્રોન ની સંખ્યા ને અસરકારક પરમાણું ક્રમાંક કહે છે.

સંકીર્ણ માં ધાતું સૌ પ્રથમ ધાતુ આયન બને છે ત્યારે તેનાં oxidation number જેટલા ઈલેક્ટ્રોન ગુમાવે છે.

આ ધાતુ આયન પ્રત્યેક લીગેન્ડ પાસેથી બે ઈલેક્ટ્રોન મેળવી સવર્ગ બંધ બનાવે છે.

$$M \longrightarrow M^{+n} + ne^-$$

(remove the ele. equal to the oxidation no of CMI)

$$M^{+n} + :L \longrightarrow [M \leftarrow L]$$

For the coordinating the CMI and Ligands, the ligand gives one lone pair of ele.(two ele.) to the CMI,

આમ સંકીર્ણ માંના ધાતું આયન પાસેના કુલ ઈલેક્ટ્રોન ની સંખ્યા એ ધાતુ આયાનનો EAN છે.

ધાતુ આયાનનો અસરકારક પરમાણું ક્રમાંક નીચે મુજબ ગણી શકાય.

Total No of ele on CMI = No of ele on CMI + No of ele. gained from the ligands.

EAN – {Atomic no of CMA} -- {Oxidation no of CMI} ' 2 {No of Ligands}

EAN નિયમ : જે સંકીર્ણ ના ધાતુ આયન નો EAN તેના નજીકના નિષ્ક્રિય વાયુ ના પરમાણુ ક્રમાંક જેટલો હોય તો તે સંકીર્ણ EAN નિયમનું પાલન કરે છે તેમ કહેવાય અને જે સંકીર્ણ ના ધાતુ આયન નો EAN તેના નજીકના નિષ્ક્રિય વાયુ ના પરમાણુ ક્રમાંક જેટલો ના હોય તો તે સંકીર્ણ EAN નિયમનું પાલન કરતો નથી.

Complex	Z	A	L	EAN	Z(N)
$[Co(NH_3)_6]Cl_3$	27	+3	6	36	Kr
$K_4[Fe(CN)_6]$	26	+2	6	36	Kr
$Na_3[Cu(CN)_4]$	29	+1	4	36	Kr
$[Pb(NH_3)_6]Cl_4$	46	+4	6	54	Xe
$[Pt(NH_3)_6]Br_4$	78	+4	6	86	Rn

ઉપરના બધા જ સંકીર્ણ EAN નિયમનું પાલન કરે છે. જયારે નીચે ના સંકીર્ણ EAN નિયમનું પાલન કરતા નથી.

Complex	Z	A	L	EAN	Z(N)
$Na_4[Co(CN)_6]$	27	+2	6	37	Kr
$K_3[Fe(CN)_6]$	26	+3	6	35	Kr
$[Cu(NH_3)_4]SO_4$	29	+2	4	35	Kr
$[Pt(NH_3)_4]Br_2$	78	+2	4	84	Rn
$[Cr(NH_3)_6]Cl_3$	24	+3	6	33	Kr
$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$	78	+2	4	84	Rn

EAN નિયમ ના ઉપયોગો :

(૧) સંકીર્ણ ની સ્થિરતા નક્કી કરવામાં.

જે સંકીર્ણ જે EAN નિયમનું પાલન કરે તે સકીર્ણ સ્થિર હોય છે અને જે સંકીર્ણ EAN નિયમનું પાલન ના કરતો હોય તો તે સ્થિર નથી. આ EAN નિયમ ને આધારે બધા સંકીર્ણ ની સ્થિરતા નક્કી કરી શકાતી નથી.

(૨) સંકીર્ણ નો ચુંબકીય ગુણધર્મ નક્કી કરવામાં.

જે સંકીર્ણ EAN નિયમનું પાલન કરે છે તે સંકીર્ણ માં આયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રોન (n=0) હોતા નથી આથી આવા સંકીર્ણ પ્રતિચુંબકીય (diamagnetic, μ=0) હોય છે. જે સંકીર્ણ EAN નિયમનું પાલન નથી કરતા તે સંકીર્ણ માં આયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યા વધુ હોય છે (n > 0) આથી આવા સંકીર્ણ અનુચુંબકીય (paramagnetic, μ > 0) હોય છે.

$$\mu = \sqrt{n(n+2)}$$

No of unpaired ele.(n) = [difference between the EAN and A.N. of nearest noble gas.]
In the following complex,
$[Cu(NH_3)_4]SO_4$ EAN of Cu is 35, which is nearly equal to the A.N. of 36(Kr).
There for, n= 36-35=1, (μ=1.73).
$Na_4[Co(CN)_6]$ The EAN of Co is 37, which is nearly equal to the A.N. of 36(Kr).
There for, n= 37-36=1, (μ=1.73).

(3) ધાતુ કર્બોનીલ સંયોજનોના અણુસૂત્ર નક્કી કરવામાં.

ધાતુઓ કાર્બન મોનોક્સાઈડ (CO) સાથે જોડાઈ ને જે સંયોજનો બનાવે છે તેમને ધાતુ કર્બોનીલ સંયોજનો કહે છે. એક કેન્દ્રીય ધાતુ કર્બોનીલ સંયોજનો માં ધાતુ સાથે એક કરતા વધુ CO જોડાયેલા હોય છે. જેમને સામાન્ય સૂત્ર $M(CO)_x$ દર્શાવી શકાય જ્યાં x= CO લીગેન્ડની સંખ્યા

આવા સંયોજનો સ્થિર હોવાથી તેમનો EAN ધાતુ આયન ના નજીક ના નિષ્ક્રિય વાયુ જેટલો હોય છે.

EAN નિયમને આધારે ધાતુ કર્બોનીલ સંયોજનો માં ધાતુ સાથે જોડાયેલ CO લીગેન્ડ ની સંખ્યા જાણી શકાય છે.

EAN = ધાતુ આયાનના પરમાણું ક્રમાંકની નજીકનો પરમાણું ક્રમાંક ધરાવતા નિષ્ક્રિય વાયુનો પરમાણું ક્રમાંક

EAN = [ધાતુ આયાનાનો પરમાણું ક્રમાંક - ઓક્ષિડેસન નંબર] ×૨(CO લીગેન્ડ ની સંખ્યા)

ધાતુ કર્બોનીલ સંયોજનો માં ધાતુ આયન નો ઓક્ષિડેસન નંબર શૂન્ય હોય છે કારણ કે આ સંયોજનો તટસ્થ સંકર્ણ છે. આથી

EAN = [ધાતુ આયાનાનો પરમાણું ક્રમાંક] ×૨(CO લીગેન્ડ ની સંખ્યા)

ઉદાહરણ : $Fe(CO)_x$ માં x=_________ (CO લીગેન્ડની સંખ્યા નક્કી કરો)

Fe ની નજીકના નિષ્ક્રિય વાયુ Kr (Z=36) છે આથી આપેલ ધાતુ કર્બોનીલ નો EAN =૩૬ થાય

EAN = [ધાતુ આયાનાનો પરમાણું ક્રમાંક] ×૨(CO લીગેન્ડ ની સંખ્યા)

૩૬ = [૨૬] ×૨(CO લીગેન્ડ ની સંખ્યા)

CO લીગેન્ડ ની સંખ્યા x = ૫

આમ આપેલ ધાતુ કર્બોનીલ નું સાચું અણુસુત્ર $Fe(CO)_5$ છે.

➢ સંકીર્ણ સંયોજનો માં ધાતુ અને લેગેન્ડ બંધન:

સંકીર્ણ સંયોજનો માં ધાતુ અને લેગેન્ડનું બંધન નીચેની થીયરી ઓ દ્વારા સમજી શકાય છે.

(૧) સયોજકતા બંધન વાદ (valence bond theory)
(૨) સ્ફટિક ક્ષેત્ર વાદ (Crystal field theory)
(૩) અણુ કક્ષક વાદ (Molecular orbital theory)
(૪) લીગેનડ ક્ષેત્ર વાદ (legend field theory)

➢ સયોજકતા બંધન વાદ (valence bond theory) ને આધારે સંકીર્ણ નું બંધારણ:

આ થીયરી ને આધારે સંકીર્ણ માં ધાતુ અને લીગેન્ડ નું બંધન તથા સંકીર્ણનો આકાર અને ચુબકીય ગુણધર્મ નક્કી કરી શકાય છે.

સયોજકતા બંધન વાદની ધારણાઓ

સંકીર્ણમાં ના ધાતુ આયન પાસે ધાતુ આયાનના સવર્ગઆંક જેટલી ખાલી પરમાણું કક્ષાકો હોવી જોઈએ. આ પરમાણું કક્ષાકો જુદા જુદા આકાર અને શક્તિ ધરાવતી હોય છે.

આ પરમાણું કક્ષાકો નું સંકરણ થઇ તેટલીજ સંખ્યા માં સંકૃત કક્ષાકો બને છે જે સંપૂર્ણ ખાલી, સમાન આકાર અને સમાન શક્તિ ધરાવે છે. આ સંકૃત કક્ષકો ને આધારે સંકરણ નો પ્રકાર નક્કી કરી સંકીર્ણ નો આકાર, ભૂમિતિ જાણી શકાય છે.

$[Fe(CN)_6]^{-4}$

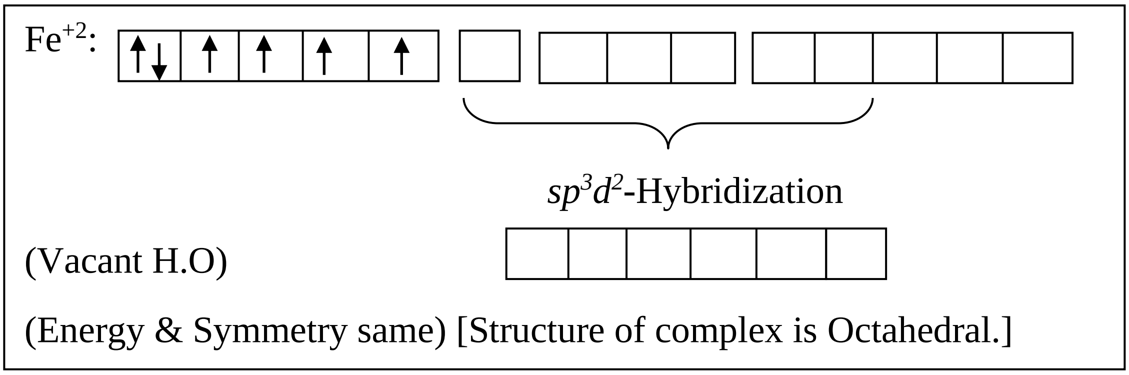
$Fe = [Ar]3d^6 4S^2 4P^0 3d^0$ $\quad Fe^{+2} = [Ar]3d^6 4S^0 4P^0 3d^0$

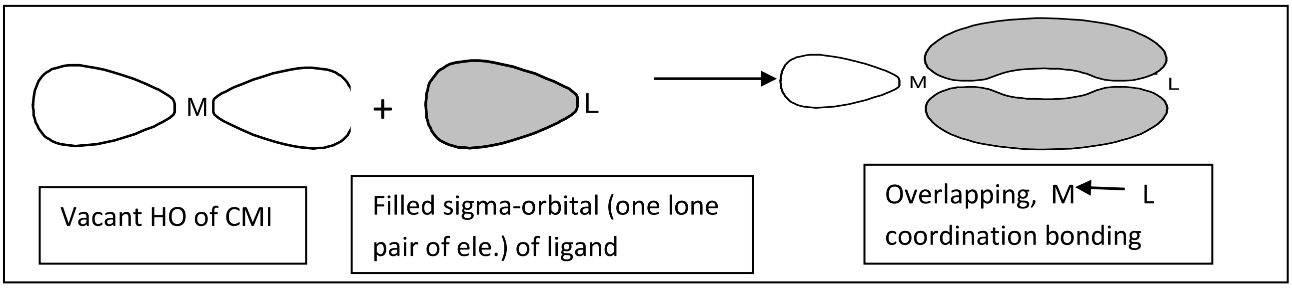
Coordination No ofFe^{+2}: 6 (S.V.)

આ સંકૃત કક્ષાકો અને લીગેન્ડ ની ભરેલી (ઈલેક્ટ્રોન યુગ્મ ધરાવતી) સિગ્મા કક્ષકૉ વચ્ચે આચ્છાદન થઇ અને સવર્ગ સહ સંયોજક બંદ બને છે.સંકીર્ણ નો ચુંબકીય ગુણધર્મ તેમાં રહેલ અબંધકારક ઈલેક્ટ્રોન (અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રોન)ની સંખ્યા ને આધારે નક્કી કરી શકાય છે.

No of unpaired ele.(n)= 0, μ=0, diamagnetic nature of complex.

No of unpaired ele.(n)>0, μ>0, paramagnetic nature of complex.





Complex	A. N	O. N	Ele. configuration	H.O	Structure	n	μ
$[NiCl_4]^{-2}$	28	+2	$3d^8;4s^0;4p^0;4d^0$	Sp^3	Td	2	P.M.
$[MnCl_4]^{-2}$	25	+2	$3d^5;4s^0;4p^0;4d^0$	Sp^3	Td	5	P.M.
$[CoF_6]^{-3}$	27	+3	$3d^6;4s^0;4p^0;4d^0$	Sp^3d^2	Oh(Outer orbital)	4	P.M.
$[Cr(H_2O)_6]^{+3}$	24	+3	$3d^3;4s^0;4p^0;4d^0$	d^2Sp^3	Oh(inner orbital)	3	P.M.
$[Zn(NH_3)_6]^{+2}$	30	+2	$3d^{10};4s^0;4p^0;4d^0$	d^2Sp^3	Oh(inner orbital)	0	D.M.

<u>સયોજકતા બંધનવાદની મર્યાદાઓ:</u>

(1) સયોજકતા બંધન વાદ પ્રમાણે માત્ર ધાતુ આયન ની પ્રકૃતિ ને ધ્યાન માં લેવામાં આવે છે પરંતુ લીગેન્ડની પ્રકૃતિ ને ધ્યાન માં લેવામાં આવતી નથી.

(2) જયારે ચોક્કસ પ્રકારના લીગેન્ડ ધાતુ આયન સાથે જોડાય છે ત્યારે ધાતુ આયન ની d-કક્ષકો માં ઈલેક્ટ્રોનનું યુગ્મીકરણ શા માટે થાય છે તે સમજાવી શકાતું નથી.
$[Fe(CN)_6]^{-3}$; $[Ni(CN)_4]^{-2}$

(3) $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$ સંકીર્ણ નો આકાર સમજવવા માટે Cu^{+2} ની d-કક્ષકો માંથી એક ઈલેક્ટ્રોનનું p-કક્ષાક માં સંક્રાંતિ શા માટે થાય છે તે સમજાવી શકાતું નથી.

(4) અમુક સંકીર્ણ ના ચુંબકીય ગુણધર્મ ચોક્કસ રીતે નક્કી કરી શકાતા નથી.
$[Ni(CN)_4]^{-2}$ સયોજકતા બંધન વાદ ને આધારે આ સંકીર્ણ અનુ ચુંબકીય સંકીર્ણ છે તેમ સમજાવી શકાય છે પરંતુ આ સંકીર્ણ પ્રતિ ચુંબકીય સંકીર્ણ છે.

$[Fe(CN)_6]^{-4}$ સયોજકતા બંધન વાદ ને આધારે આ સંકીર્ણ અનુ ચુંબકીય સંકીર્ણ છે તેમ સમજાવી શકાય છે પરંતુ આ સંકીર્ણ પ્રતિ ચુંબકીય સંકીર્ણ છે.

(5) સંકીર્ણ આંતર કક્ષીય કે બાહ્ય કક્ષીય સંકીર્ણ છે ચોક્કસ રીતે નક્કી કરી શકાતું નથી.
$[Fe(CN)_6]^{-3}$ સયોજકતા બંધન વાદ ને આધારે આ સંકીર્ણ બાહ્ય કક્ષીય સંકીર્ણ છે તેમ સમજાવી શકાય છે પરંતુ આ સંકીર્ણ આંતર કક્ષીય સંકીર્ણ છે.

(6) સંકીર્ણ ના આકાર તેમજ આકારમાં વિકૃતિ ચોકકસ રીતે સમજાવી શકાતી નથી. સયોજકતા બંધન વાદ પ્રમાણે $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$ સંકીર્ણ ટેટ્રાહેડ્રલ (સમ ચતુસ્ફલકીય) આકાર છે. પરંતુ વાસ્તવિક આકાર સમચોરસતલીય છે. ઉપરાંત Cu^{+2} અને Ti^{+3} નાં સંકીર્ણ ના આકારમાં વિકૃતિ શા માટે આવે છે. તે સમજાવી શકાતું નથી.

(7) સંકીર્ણ ની રીલેટીવ સ્ટેબીલીટી સમજાવી શકાતી નથી, જેમકે Fe^{+3} ના સંકીર્ણ સમચતુસ્ફલકીય અને અષ્ટફલકીય રચના ધરાવે છે. પરંતુ Cr^{+3} ના સંકીર્ણ માત્ર અષ્ટફલકીય રચના ધરાવે છે.

(8) સંકીર્ણ ના રંગ કે વર્ણપટ પણ આ સિધ્ધાંત થી સમજી શકાતા નથી.

Complex	A. N	O. N	Ele. configuration	H.O	Structure	n	μ
$[Ni(CN)_4]^{-2}$	28	+2	$3d^8;4s^0;4p^0;4d^0$	(dsp^2)	(Sq.Planer)	0	D.M.
$[Fe(CN)_6]^{-4}$	26	+2	$3d^6;4s^0;4p^0;4d^0$	d^2Sp^3	Oh(inner orbital)	0	D.M.
$[Fe(CN)_6]^{-3}$	26	+3	$3d^5;4s^0;4p^0;4d^0$	d^2Sp^3	Oh(inner orbital)	1	P.M.
$[Cu(NH_3)_4]^{+2}$	29	+2	$3d^8;4s^0;4p^1;4d^0$	dsp^2	Sq.Planer	1	P.M.

Isomerism in Coordination compounds. (સંકીર્ણ સંયોજનોમાં સમઘટકતા)

સંકીર્ણ સંયોજનોનું અણુસુત્ર સમાન હોય પરંતુ ધાતુ આયન સાથે ધાતુ આયાનની આજુબાજુ લીગેન્ડ જુદી જુદી રીતે જોડાયેલા હોય તેમને સમઘટકો કહે છે. આ સમઘટકોના ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય છે. આ સમઘટકો આપતી ઘટનાને સમઘટકતા કહે છે. સમ ઘટકતા બે પ્રકારની હોય છે ૧. બંધારણીય (structural) અને ૨. અવકાશીય (stereo) સમઘટકતા

૧. બંધારણીય સમઘટકતા (structural isomerism):

સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ધાતુ આયનની આજુબાજુ લીગેંડની જુદીજુદી ગોઠવણને લઈને સંકીર્ણના બંધારણીય સમઘટકો મળે છે જે નીચે મુજબના હોય છે.

(a.) Conformation isomerism

આવા પ્રકારના સમઘટકોમાં સંકીર્ણના અણુંસુત્ર સમાન હોય છે પરંતુ તેમની ભૌમિતિક સંરચના અને ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય છે. જેમકે [Ni(P.Et.Ph2)2Br2] સંકીર્ણના બે સમ ઘટકો નીચે મુજબના જુદા જુદા બંધારણ ધરાવે છે જેમાં ધાતુ આયાનનો સવર્ગાંક ૪ છે.

[Ni(P.Et.Ph2)2Br2] સમ ચતુષ્ફલકીય	[Ni(P.Et.Ph2)2Br2] સમચોરસતલીય
લીલો	**બ્રાઉન**
અનુચુબકીય (paramagnetic)	**પ્રતિચુબકીય (diamagnetic)**

(b.) Ionisation Isomerism (આયનીકરણ સમઘટકતા)

સંકીર્ણ સંયોજનોનું અણુંસુત્ર સમાન હોય પરંતુ સંકીર્ણ માંના સવર્ગ ક્ષેત્ર માં રહેલા લીગેન્ડ અને સવર્ગ ક્ષેત્ર ની બહાર (આયોનિક ક્ષેત્ર) રહેલા આયનો વચ્ચે અદલા બદલી થઇ અને જે સમઘટકો પ્રાપ્ત થાય છે તેમને આયોનિક સમઘટકો કહે છે.

આ સમઘટકોના ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય છે. નીચે આપેલા સંકીર્ણની જોડ એ એક-બીજાના આયોનિક સમઘટકો છે.

(i) $[Co(NH_3)_5Br]SO_4$ and $[Co(NH_3)_5(SO_4)]Br$
(ii) $[Co(NH_3)_4Cl_2]NO_2$ and $[Co(NH_3)_4Cl(NO_2)]Cl$
(iii) $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Br_2$ and $[Pt(NH_3)_4Br_2]Cl_2$
(iv) $[Co(NH_3)_5(NO_3)]SO_4$ and $[Co(NH_3)_5(SO_4)]NO_3$
(v) $[Cr(NH_3)_4I_2]Br$ and $[Cr(NH_3)_4IBr]I$
(vi) $[Fe(NH_3)_5(CN)]SO_4$ and $[Fe(NH_3)_5SO_4]CN$.

$$\underset{(I)}{[Co(NH_3)_5Br]SO_4} + \underset{(Solution)}{BaCl_2} \longrightarrow \underset{White\ ppt.}{BaSO_4} + [Co(NH_3)_5Br]Cl_2$$

$$\underset{(I)}{[Co(NH_3)_5Br]SO_4} + \underset{(Solution)}{AgNO_3} \longrightarrow \text{No reaction}$$

$$\underset{(II)}{[Co(NH_3)_5SO_4]Br} + \underset{(Solution)}{BaCl_2} \longrightarrow \text{No reaction}$$

$$\underset{(II)}{[Co(NH_3)_5SO_4]} + \underset{(Solution)}{AgNO_3} \longrightarrow \underset{Yellow\ ppt.}{AgBr} + [Co(NH_3)_5SO_4]NO_3$$

(c.) Hydrate Isomerism (જલીય સમઘટકતા)

આ સમઘટકતા આયોનિક સમઘટકતા જેવી જ છે, જેમાં સંકીર્ણના સવર્ગ ક્ષેત્રમાં લીગેંડ તરીકે રહેલ H₂O સંકીર્ણના સવર્ગ ક્ષેત્રની બહાર રહેલા આયનોથી વિસ્થાપિત થઇ અને જે નવા સંકીર્ણ આપે છે જેમને જલીય સમઘટક કહે છે. આવા સમઘટકોના ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય છે.

$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ જાંબલી + $3AgNO_3$ = $3AgCl$ (સફેદ અવક્ષેપ)

$[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2.H_2O$ લીલો + $2AgNO_3$ = $2AgCl$ (સફેદ અવક્ષેપ)

$[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl.2H_2O$ લીલો + $AgNO_3$ = $AgCl$ (સફેદ અવક્ષેપ)

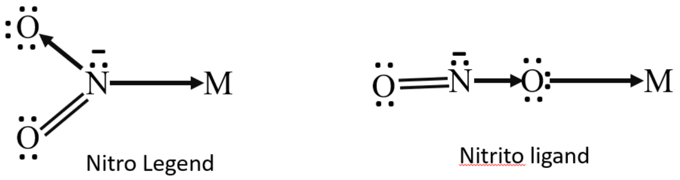
(d.) Coordination Isomerism (સવર્ગ સમઘટકતા)

આ પ્રકારની સમઘટકતા સંકીર્ણ સંયોજનો ધન સંકીર્ણ અને ઋણ સંકીર્ણના બનેલા હોય છે. એટલે કે જે સંકીર્ણ સંયોજનોમાં બે સવર્ગ ક્ષેત્રો આવેલા હોય તેમાં આવા પ્રકારની સમઘટકતા જોવા મળે છે. આવા બે સવર્ગ ક્ષેત્રો ધરાવતા સંકીર્ણમાં લીગેન્ડ એક સવર્ગ ક્ષેત્રમાંથી બીજા સવર્ગક્ષેત્રમાં ઇન્ટર એક્ષ્ચેન્જ થઇ અને જે સમઘટકો મળે છે તેમને સવર્ગ સમઘટકો કહે છે. જેમકે નીચેના સંકીર્ણમાં બે સવર્ગ ક્ષેત્રમાં રહેલા લેગેન્ડ એક સવર્ગ ક્ષેત્રમાંથી બીજા સવર્ગક્ષેત્રમાં પોતાનું સ્થાન લે છે.

(*i*) $[Cr^{3+}(NH_3)_6]^{3+}$ $[Cr^{3+}(CN)_6]^{3-}$ and $[Cr^{3+}(NH_3)_4(CN)_2]^{+}$ $[Cr^{3+}(CN)_4(NH_3)_2]^{-}$
(*ii*) $[Pt^{2+}(NH_3)_4]^{2+}$ $[Pt^{2+}Cl_4]^{2-}$ and $[Pt^{2+}(NH_3)_3Cl]^{+}[Pt^{2+}Cl_3(NH_3)]^{-}$
(*iii*) $[Co^{3+}(NH_3)_6]^{3+}$ $[Cr^{3+}(CN)_6]^{3-}$ and $[Co^{3+}(CN)_6]^{3-}$ $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$
(*iv*) $[Cu^{2+}(NH_3)_4]^{2+}$ $[Pt^{2+}Cl_4]^{2-}$ and $[Cu^{2+}Cl_4]^{2-}$ $[Pt^{2+}(NH_3)_4]^{2+}$
(*v*) $[Cr^{3+}(NH_3)_6]^{3+}$ $[Cr^{3+}(SCN)_6]^{3-}$ and $[Cr^{3+}(NH_3)_4(SCN)_2]^{+}$ $[Cr^{3+}(SCN)_4(NH_3)_2]^{-}$

(e.) Linkage isomerism (જોડાણ સમઘટકતા)

ગણા લીગેન્ડ પાસે બે કે તેથી વધુ ડોનર એટમ હોય છે. આવા લીગેન્ડના બંને ડોનર એટમ ધાતુ આયન સાથે જોડાય શકે છે આથી બે જુદા પ્રકારના સંકીર્ણ મળે છે. આવા લીગેન્ડને એમ્બીડેંટ લીગેંડ કહે છે. અને મળતા બે જુદા સંકીર્ણ ને જોડાણ સમ ઘટકો કહે છે. જેમકે NO_2^- લીગેન્ડ પાસે બે ડોનર એટમ N અને O છે જે ધાતુ આયન સાથે સવર્ગ બંધ બનાવી અને નીચે મુજબ બે સમઘટકો આપે છે.



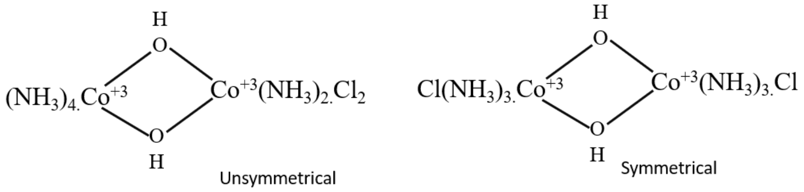
Nitro Legend   Nitrito ligand

$[Co(NH_3)_5(NO_2)]Cl_2$ Yellow brown coloured complex
$[Co(NH_3)_5(ONO)]Cl_2$ Red coloured complex

$[Pd(py)_2(SCN)]$ (Thiocyanato ligand) Orange yellow coloured complex
$[Pd(py)_2(NCS)]$ (Isothiocyanato ligand) Light yellow coloured complex

(f.) Cordination position Isomerism (સવર્ગ-સ્થાન સમઘટકતા)

જે સંકીર્ણ માં બ્રીજ બંધ બનેલા હોય એટલે કે બે ધાતુ આયન વચ્ચે બ્રીજ બંધ થી લીગેન્દ જોડાયેલા હોય તેવા સંકીર્ણમાં આવા પ્રકારની સમ ઘટકતા જોવા મળે છે. આવા સંકીર્ણ માં બ્રીજ બંધથી ના જોડાયેલા લીગેન્દ એક ધાતુ આયન થી બીજા ધાતુ આયન સાથે જોડાઈને જે સમઘટકો આપે છે તેમને સવર્ગ-સ્થાન સમઘટકો કહે છે.



(g.) Polymerisation isomerism

જે સંકીર્ણમાં ધાતુ આયન અને લીગેન્ડ સમાન પ્રકારના હોય પરંતુ તેમની સંખ્યા જુદી જુદી હોય તેવા સંકીર્ણને પોલીમર સમઘટકો કહે છે. આવા સમઘટકોમાં ધાતુ આયન અને લીગેંડની સંખ્યાનું પ્રમાણ સરખુ હોય છે.

$[Co(NH_3)_3(NO_2)_3]$ (1:3:3)

$[Co(NH_3)_6]$ $[Co(NO_2)_6]$ (2:6:6)

$[Co(NH_3)_4(NO_2)_2]$ $[Co(NH_3)_2(NO_2)_4]$ (2:6:6)

$[Co(NH_3)_5(NO_2)]_3$ $[Co(NO_2)_6]_2$ (5:15:15)

Stereo isomers (અવકાશીય સમઘટકતા)

સંકીર્ણ માં ધાતુ આયાનની આજુબાજુ ગ્રુપ કે લીગેંડ ની જુદી જુદી રીતે ગોઠવણ થઈને જે સમઘટકો પ્રાપ્ત થાય છે તેને અવકાશીય સમઘટકો કહે છે. આ ઘટનાને અવકાશીય સમઘટકતા કહે છે. આવી સમઘટકતા બે પ્રકારની હોય છે.

(૧) ભૌમિતિક સમઘટકતા અને (૨) પ્રકાશીય સમઘટકતા

(૧) ભૌમિતિક સમઘટકતા (Geometrical Isomerism)

સમાન લીગેંડ ધરાવતા સંકીર્ણ માં જ્યારે ધાતુ આયન ની આસપાસ લીગેંડની જુદી જુદી ગોઠવણ થઈને જે સમઘટકો મળે છે તેમને ભૌમિતિક સમઘટકો કહે છે. જો ધાતુ આયનની આજુબાજુ સમાન લીગેંડ એક બીજાની નજીક કે પાસ પાસે ગોઠવાયેલા હોય તો તે સમઘટક ને સીસ અને સામ સામે (opposite) સ્થાનમાં ગોઠવાયેલા હોય તો તે સમઘટક ને ટ્રાન્સ સમઘટક કહે છે.

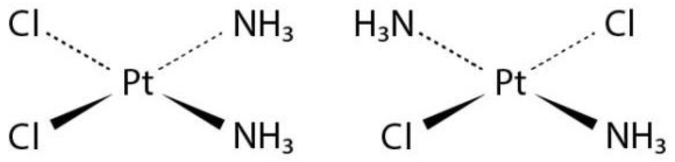
સંકીર્ણ માં ધાતુ આયનનો સવર્ગાંક ૨ કે ત્રણ હોય તેવા સંકીર્ણ માં આવા સીસ અને ટ્રાન્સ સમ ઘટકો જોવા મળતા નથી કારણ કે આવા પ્રકારના સંકીર્ણ માં સમાન લીગેંડ એક બીજાની નજીક જ ગોઠવાયેલા હોય છે.

સવર્ગાંક ૪ હોય તેવા સંકીર્ણ બે પ્રકારના હોય છે જેમાં સમ ચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણમાં ચાર લીગેન્દ સમિતીય રીતે ગોઠવાયેલા હોવાથી સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો મળતા નથી જ્યારે સમચોરસતલીય સંકીર્ણમાં બે પ્રકારની સંરચના જોવા મળે છે.

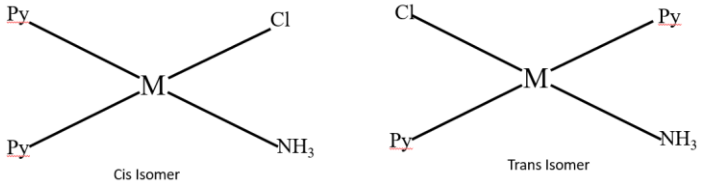
[ML4] સમચોરસતલીય સંકીર્ણ સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો મળતા નથી

[ML3A] સમચોરસતલીય સંકીર્ણ સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો મળતા નથી

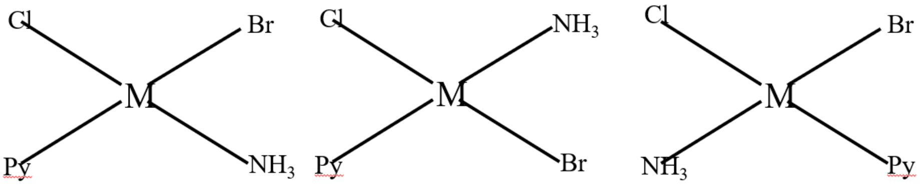
[ML2A2] સમચોરસતલીય સંકીર્ણ સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો નીચે મુજબ મળે છે. [Pt(NH_3)$_2$$Cl_2$]



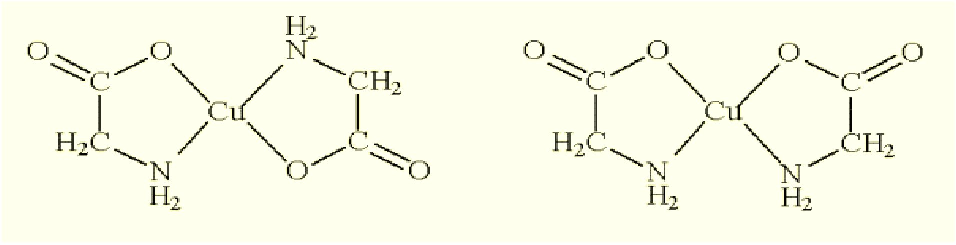
[ML2AC] સમચોરસતલીય સંકીર્ણ સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો નીચે મુજબ મળે છે. [Pt(Py)2(NH_3)Cl]$^+$



[M(ABCD)] સમચોરસતલીય સંકીર્ણમાં સમઘટકો નીચે મુજબ મળે છે. [Pt(Py)(NH_3)ClBr]



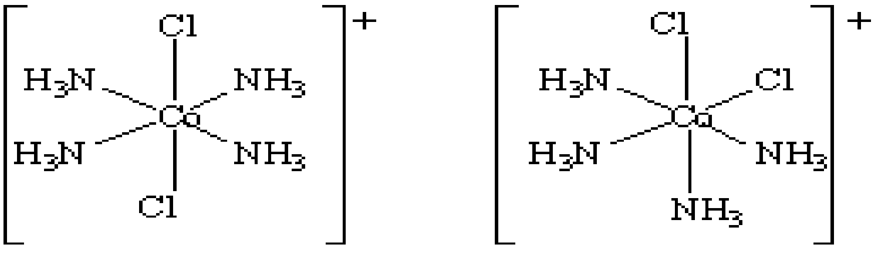
[M(A-B)2)] સમચોરસતલીય સંકીર્ણમાં સમઘટકો નીચે મુજબ મળે છે. [Cu(gly)2] gly: $NH_2.CH_2COO^-$



સવર્ગાંક ૬ હોય તેવા સંકીર્ણમાં ભૌમિતિક સમઘટકો

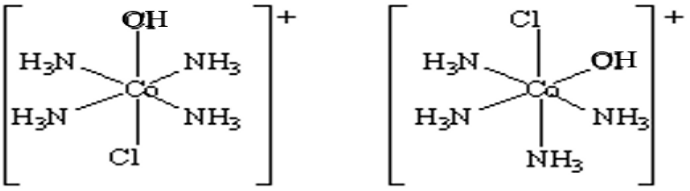
[MA6], [MA5B],[M(A-A)3] પ્રકારના સંકીર્ણ માં ભૌમિતિક સમઘટકો મળતા નથી.

[MA4B2] માં બે સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો મળે છે

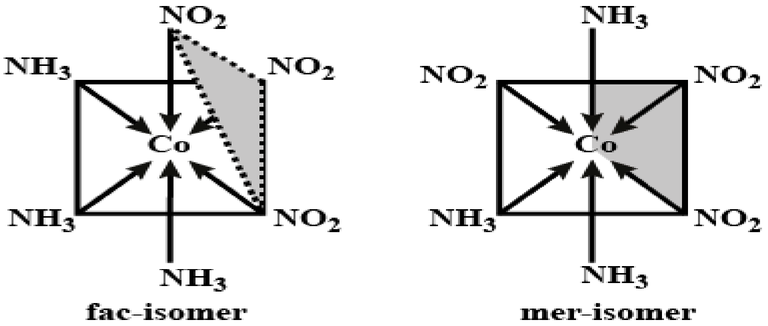


Trans - [Co(NH_3)$_4$$Cl_2$]$^+$ *Cis* - [Co(NH_3)$_4$$Cl_2$]$^+$

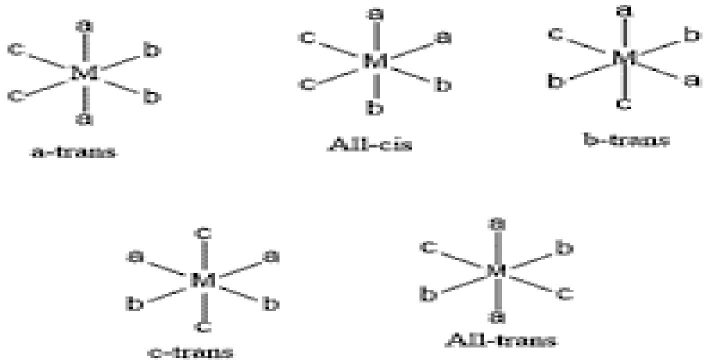
[MA4BC] માં બે સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો મળે છે [Co(NH3)4Cl.OH]



[MA3B3] માં બે સમઘટકો મળે છે જેમાં એક જ પ્રકારના લીગેંડ અષ્ટફલકીયના એક જ સમતલ માં હોય તો એ સમઘટકને **fac** અને સમાન લીગેંડ અષ્ટફલકીયના શીરોબિંદુ(ટોચ) ઉપર હોય તો તેને **mer** સમઘટક કહે છે. **$[Co(NO_2)_3(NH_3)_3]$**

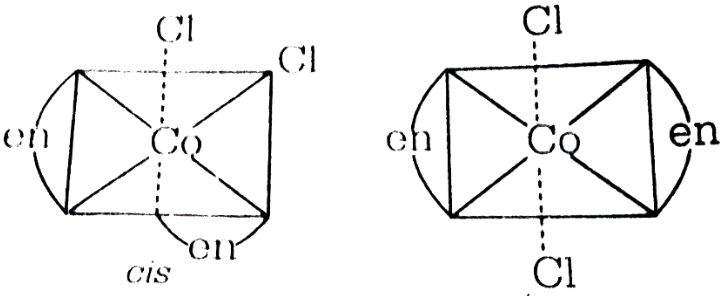


[MA2B2C2] માં ધાતુ આયનની આજુબાજુ ત્રણ પ્રકારના લીગેંડની પાંચ રીતે ગોઠવણ કરી શકાય છે આથી ૫ સમઘટકો મળે છે. **$[Pt(NH_3)_2(py)_2Cl_2]^{+2}$**

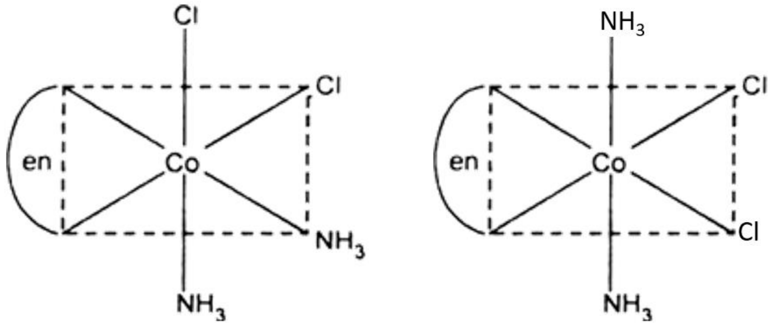


[M(ABCDEF)] આવા અષ્ટફલ્કીય સંકીર્ણ માં અસમાન ૬ લીગેંડની ધાતુ આયન ની આજુબાજુ ૧૫ રીતે ગોઠવણ કરી શકાય છે આથી ૧૫ સમઘટકો આપે છે.

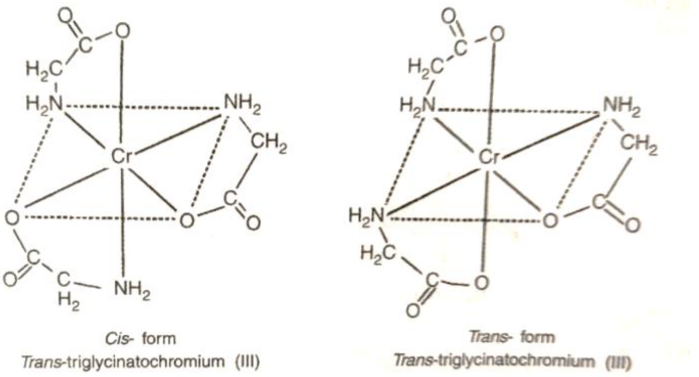
[M(A-A)2B2] Or $[Co(en)_2(Cl)_2]$માં સમઘટકો **{ en= NH_2-CH_2-CH_2-NH_2}**



[M(A-A)B2C2] Or [Co(en)(NH3)$_2$(Cl)$_2$]માં સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો



[M(A-B)3] Or [Cr(gly)$_3$]માં સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો gly: $NH_2.CH_2COO^-$



(૨) પ્રકાશીય સમઘટકતા (Optical Isomerism/ *d-l* or mirror image)

જે સંકીર્ણ નું દ્રાવણ ધ્રુવીય પ્રકાશ ના સમતલનું ભ્રમણ કરે છે તે સંકીર્ણ પ્રકાશ ક્રિયાશીલ હોય છે.

આવા પ્રકાશ ક્રિયાશીલ સંકીર્ણ જો ધ્રુવીય પ્રકાશ ના સમતલનું ભ્રમણ clock wise જમણી દિશામાં કરે તો તે સમઘટક ને Dextro (d) (+) સમઘટક અને ધ્રુવીય પ્રકાશના સમતલનું ભ્રમણ AntiClock wise ડાબી દિશામાં કરે તો તે સમ ઘટકને Levo (l) (-) સમઘટક કહે છે.

જો સંકીર્ણ ના d અને l સમ ઘટકો ધ્રુવીય પ્રકાશના સમતલનું ભ્રમણ કરે તો તે સંકીર્ણ પ્રકાશ ક્રિયાશીલ હોય છે અને તેઓ એક બીજાના પ્રકાશીય સમઘટકો હોય છે. આવા પ્રકાશીય સમઘટકોના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે પરંતુ ધ્રુવીય પ્રકાશના સમતલ ઉપર જુદી જુદી અસર દર્શાવે છે.

સંકીર્ણ ના d અને l સમ ઘટકો એક બીજાના પ્રતિબિંબ (mirror image) હોય છે. જો d અને l પ્રતિબિબ એક બીજા ઉપર આધ્યારોપિત (superimposed) થતા હોય તો તેમને પ્રતિબિંબ સમઘટકો અથવા ઈનાન્શીઓમર (enantiomers) કહે છે.

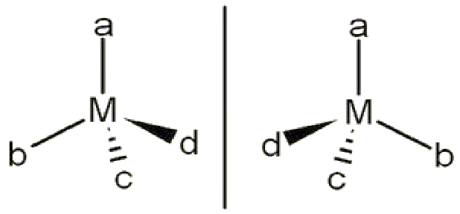
જે સમ ઘટકો ધ્રુવીય પ્રકાશના સમતલનું ભ્રમણ કરતા નથી આવા સંકીર્ણ ને પ્રકાશ અક્રિયાશીલ કહે છે. આવા સમઘટકોને મેસો સમઘટકો કહે છે. જેમને રેસેમિક મિશ્રણ dl(+-) પણ કહે છે. જેમાં ૫૦% d અને ૫૦% l સમઘટક હોય છે.

જે સંકીર્ણમાં સમિતિ સમતલ ના હોય તેવા સંકીર્ણ પ્રકાશ ક્રિયાશીલ હોય છે અને d અને l સમઘટકો આપે છે.

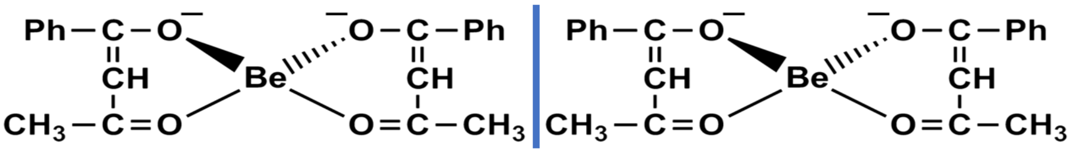
૪-સવાર્ગાંક ધરાવતા સમચતુષ્ફલકીય(Td) સંકીર્ણના પ્રકાશીય સમઘટકો

[Ma_4], [Ma_3b] પ્રકારના સંકીર્ણો પ્રકાશીય સમઘટકો આપતા નથી.

[Mabcd]



[Be($C_6H_5CoCHCH_3CO)_2$] bis benzoylacetonato beryllium(II) પણ પ્રકાશ કીર્યશીલ છે અને d અને l સમ ઘટકો આપે છે.



૪-સવાર્ગાંક ધરાવતા સમચોરસ તલીય (sqare planer) સંકીર્ણના પ્રકાશીય સમઘટકો

સમચોરસ તલીય સંકીર્ણમાં ચારેય લીગેન્ડ જુદા જુદા હોય તો પણ પ્રકાશીય સમઘટકો આપતા નથી કારણ કે સમચોરસ તલીય સંકીર્ણોમાં લીગેંડ અને ધાતુ આયન એક જ સમતલમાં હોય છે અને જેમાં સમિતિ અક્ષ આવેલી હોય છે. કેટલાક દ્વિ દન્તીય લીગેન્દ ધરાવતા સંકીર્ણ પ્રકાશીય સમઘટકો આપે છે જેમકે

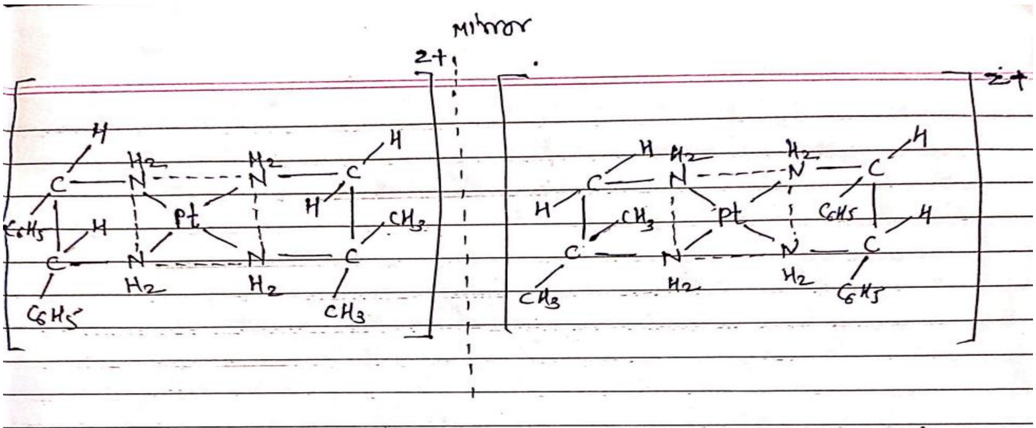
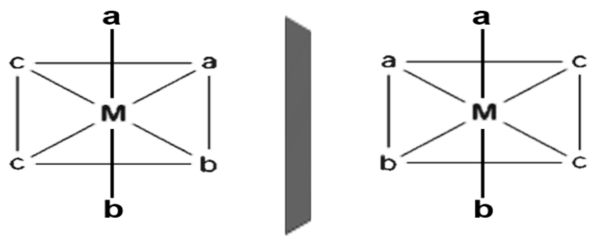


Fig : optical isomers of [Pt (NH₂-CH (C₆H₅)-CH (C₆H₅)-NH₂) (NH₂-CH₂ - C(CH₃)₂- NH₂)]²⁺ ion.

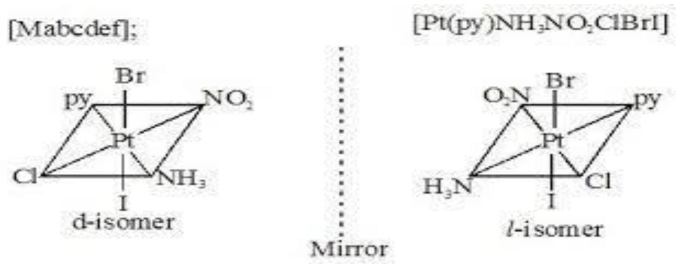
દ-સવાર્ગાંક ધરાવતા અષ્ટફલકીય (Oh) સંકીર્ણના પ્રકાશીય સમઘટકો

[Ma4b2] and [Ma3b3] આવા પ્રકારના અષ્ટફલકીય સંકીર્ણ સમિતીય હોવાથી પ્રકાશીય સમઘટકો આપતા નથી.

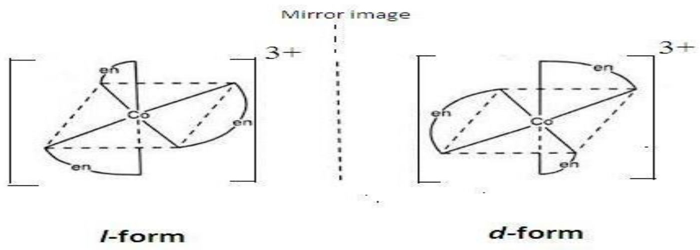
[Ma2b2c2] $[Pt(NH_3)_2(Py)_2(Cl)_2]^{+2}$



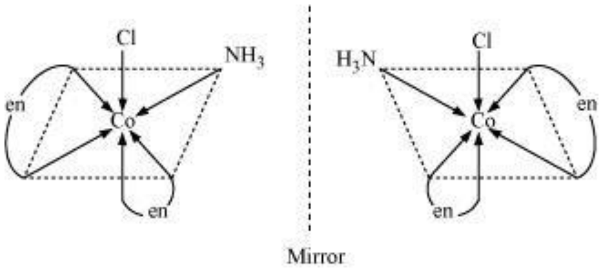
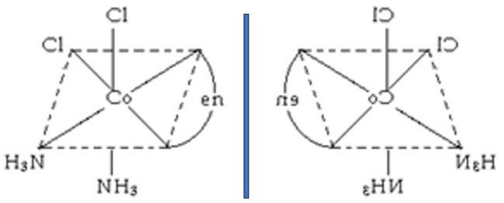
[Mabcdef] [Pt(NH3)(Py)(Cl)NO2.Br.I]



[M(a-a)3] $[Co(en)_3]^{+3}$



[M(a-a)2ab] $[Co(en)_2Cl.NH_3]^{+2}$



[M(a-a)a2b2] $[Co(en)(Cl)_2(NH_3)_2]^{+2}$