એકમ

4

સંકીર્ણ ક્ષારો અથવા સવર્ગ સંયોજનો

4.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

સંયોજનના નિયમ પ્રમાણે સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવી શકે તેવા બે કે તેથી વધારે ક્ષારો (સંયોજનો) ભેગા થઈ મૂળ ક્ષારોના ગુણધર્મો જાળવી રાખતો જે ક્ષાર બનાવે તેને દ્વિક્ષાર કહે છે. દા.ત., K_2SO_4 અને $Al_2(SO_4)_3$ના ક્ષારોના જલીય સંતૃપ્ત દ્રાવણોને મિશ્ર કરી તેનું સ્ફટિકીકરણ કરતાં ઍલમ (ફટકડી) $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ના સ્ફટિક મળે છે જેને દ્વિક્ષાર કહે છે. આ ઍલમના દ્રાવણનું ગુણાત્મક પૃથક્કરણ કરતાં પિક્રિક ઍસિડ સાથે પીળા અવક્ષેપ આપે છે. જે K^+ની હાજરી સૂચવે છે. NaOH સાથે ગુંદર જેવા ચીકણા અવક્ષેપ આપે છે, જે Al^{3+}ની હાજરી સૂચવે છે. અને $BaCl_2$ સાથે સફેદ અવક્ષેપ આપે છે જે SO_4^{2-}ની હાજરી સૂચવે છે. આમ, ઍલમ K_2SO_4 અને $Al_2(SO_4)_3$ના ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે તેથી તે દ્વિક્ષાર છે. તદ્ઉપરાંત ફેરસ એમોનિયમ સલ્ફેટ અને કાર્નેલાઇટ જેવા સંયોજનો દ્વિક્ષાર છે, જેના સમીકરણો નીચે દર્શાવ્યા છે :

$$K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O \rightarrow K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$$

પોટૅશિયમ ઍલમ

$$FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6H_2O \rightarrow FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$$

ફેરસ એમોનિયમ સલ્ફેટ

$$KCl + MgCl_2 + 6H_2O \rightarrow KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$$

કાર્નેલાઇટ

તે જ રીતે સંયોજનના નિયમ પ્રમાણે સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવી શકે તેવા બે કે તેથી વધુ સંયોજનોના જોડાણથી બનતાં નવા ગુણધર્મોવાળાં સંયોજનનોને સંકીર્ણ ક્ષારો અથવા સવર્ગ સંયોજનો (complex salt or co-ordination compounds) કહે છે. જેમ કે ફેરસ સાઇનાઇડ $Fe(CN)_2$ કે ફેરિક સાઇનાઇડ $(Fe(CN)_3)$માં જ્યારે KCN ઉમેરવામાં આવે ત્યારે તે બંને તેમાં દ્રાવ્ય બને છે. આ દ્રાવણમાંથી $Fe(CN)_2 \cdot 4KCN$ અને $Fe(CN)_3 \cdot 3KCN$

સૂત્રવાળા સ્ફટિકો મેળવી શકાય છે. તે અનુક્રમે પોટેશિયમ ફેરોસાઇનાઇડ $K_4[Fe(CN)_6]$ અને પોટેશિયમ ફેરીસાઇનાઇડ $K_3[Fe(CN)_6]$ તરીકે જાણીતા છે. આ બંનેમાં Fe^{2+}, Fe^{3+} કે CN^- આયનોનું ગુણાત્મક પૃથક્કરણ થઈ શકતું નથી પરંતુ નવા જ આયન $[Fe(CN)_6]^{4-}$ કે $[Fe(CN)_6]^{3-}$ મળે છે. વિદ્યુતવિભાજનમાં આ ઋણ આયન ધનધ્રુવ પર જાય છે. કેટલાંક સંકીર્ણ ક્ષારો બનાવવા માટેના સમીકરણો નીચે દર્શાવ્યા છે.

$$CuSO_4 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4$$

$$Fe(CN)_3 + 3KCN \rightarrow K_3[Fe(CN)_6]$$

$$Fe(CN)_2 + 4KCN \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$$

$$CoCl_3 + 6NH_3 \rightarrow [Co(NH_3)_6]Cl_3$$

$$PtCl_4 + 2KCl \rightarrow K_2[PtCl_6]$$

ઉપર દર્શાવેલા $CuSO_4$ અને NH_3ના સમીકરણ પરથી જણાશે કે $CuSO_4$માં Cu^{2+} અને SO_4^{2-}ની સંયોજકતા સંતોષાઈ છે, છતાં $CuSO_4$ એમોનિયાના ચાર અણુ સાથે જોડાય છે અને સંકીર્ણ ક્ષાર આપે છે.

આધુનિક આવર્તકોષ્ટકના d વિભાગમાં રહેલા તત્ત્વોને સંક્રાંતિ તત્ત્વો કહે છે. આ સંક્રાંતિ તત્ત્વોમાંથી ચોથા, પાંચમા અને છઠ્ઠા આવર્તમાં રહેલા અનુક્રમે સ્કેન્ડિયમથી ઝિંક (Z = 21થી 30), યીટ્રિયમથી કેડમિયમ (Z = 39થી 48), અને લેન્થેનમથી મરક્યુરી (Z = 57થી 80) સુધીના તત્ત્વો આધુનિક અકાર્બનિક રસાયણમાં ખૂબ જ અગત્યના છે. આ તત્ત્વોના કેટલાંક ગુણધર્મો સમાન હોય છે. તેની સંયોજકતામાં ફેરફાર થાય છે અને તેના સંયોજનોના જલીય દ્રાવણો રંગીન હોય છે. આ સંક્રાંતિ તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં d-કક્ષકોમાં ક્રમશઃ ઇલેક્ટ્રૉનની ગોઠવણી થાય છે. **સંક્રાંતિ તત્ત્વના પરમાણુ અથવા આયનમાં જ્યારે પણ (n–1) d, ns અને np અથવા ns, np અને nd કક્ષકો ખાલી હોય ત્યારે આ સંક્રાંતિ તત્ત્વો ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓ પાસેથી ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ સ્વીકારીને સંયોજનો બનાવે છે, જેને સંકીર્ણ (સવર્ગ) સંયોજનો કહે છે.** આ પ્રકારના સંયોજનોમાં ધાતુતત્ત્વોના અને ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓ વચ્ચે જે બંધ બને છે તેને સવર્ગ-સહસંયોજકબંધ (co-ordinate covalent bond) કહે છે. આ સંયોજનોના અણુઓના કેન્દ્રમાં રહેતા ધાતુ-આયનની ફરતે રહેલા ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ વડે જોડાયેલા હોય છે. મોટેભાગે સંક્રાંતિ તત્ત્વો સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવવાનું વલણ વધારે ધરાવે છે.

4.2 વર્નરનો સિદ્ધાંત (Werner's Theory)

સંયોજકતા એક વખત સંતોષાયા બાદ સ્થાયી સંયોજનો અન્ય સંયોજનો સાથે કેમ સંયોજાય છે તે પ્રશ્ન ઓગણીસમી સદીની શરૂઆતમાં ખૂબ ચર્ચાનો વિષય બન્યો હતો. 1905માં સ્વિસ વૈજ્ઞાનિક આલ્ફ્રેડ વર્નરે કોબાલ્ટ ક્લોરાઇડ અને એમોનિયાના મિશ્રણથી ઘણાં નવા સંયોજનો બનાવી, તેનો ઊંડો અભ્યાસ કરી તેના વિશે નવો સિદ્ધાંત આપ્યો જે વર્નરના સવર્ગ સિદ્ધાંત તરીકે ઓળખાય છે. વર્નરના સિદ્ધાંતથી આ ક્ષેત્રમાં ઘણી સ્પષ્ટતા થઈ. **વર્નરે $CoCl_3$ અને NH_3ના જુદા જુદા સંયોજનો $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ (પીળો), $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ (જાંબલી), $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$ (જાંબલી / લીલો) અને $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ (વાદળી લીલો) જુદા જુદા રંગના પ્રાપ્ત કર્યા.** વર્નરને તેના આ કાર્ય માટે 1913માં નોબેલ પારિતોષિક મળ્યું હતું.

સંકીર્ણ ક્ષારોનાં સૂત્ર તેમજ બંધારણ માટે વર્નરે આપેલો સિદ્ધાંત "કેટલીક ધાતુઓને તેમની પ્રાથમિક સંયોજકતા ઉપરાંત દ્વિતીયક સંયોજકતા પણ હોય છે. તેના વડે તે ધાતુના આયનો તટસ્થ અણુઓ અથવા ઋણ આયનોને પોતાની સાથે પ્રથમ આકર્ષણ વર્તુળ [ ]માં મજબૂતાઈથી સંયોજિત કરે છે."

વર્નરના સિદ્ધાંત પ્રમાણે ધાતુ-આયન બે પ્રકારની સંયોજકતા ધરાવે છે : પ્રાથમિક સંયોજકતા અથવા આયનીકારક સંયોજકતા અને દ્વિતીયક સંયોજકતા અથવા બિનઆયનીકારક સંયોજકતા.

(i) પ્રાથમિક સંયોજકતા ધાતુના ઑક્સિડેશન આંક અથવા ધાતુના ધન આયનના ધન વીજભારને સમાન હોય છે, જે આયનિય બંધ રચે છે. આ સંયોજકતા વડે જોડાયેલ અન્ય ઋણ આયન સંયોજનના આયનીકરણથી મુક્ત થાય છે.

(ii) દ્વિતીયક સંયોજકતા કે જેનું આયનીકરણ થઈ શકતું નથી. દ્વિતીયક સંયોજકતા વડે જોડાયેલા ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓનું આયનીકરણ થતું નથી.

(iii) પ્રાથમિક સંયોજકતા ફક્ત ઋણ આયન વડે સંતોષાય છે જ્યારે દ્વિતીયક સંયોજકતા ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓ (લિગેન્ડ) વડે સંતોષાય છે.

(iv) ધાતુતત્ત્વોના ધાતુ-આયનની દ્વિતીયક સંયોજકતા સવર્ગ સહસંયોજકબંધ રચે છે. તેથી દ્વિતીયક સંયોજકતાને ધાતુનો સવર્ગાંક (Co-ordination number) કહે છે.

(v) ધાતુ-આયનનો સવર્ગાંક નિશ્ચિત હોય છે જે પ્રાથમિક સંયોજકતાથી સ્વતંત્ર હોય છે.

(vi) દ્વિતીયક સંયોજકતા દિશાકીય હોવાથી સંકીર્ણ સંયોજનોમાં વિવિધ પ્રકારની ભૌમિતિક રચના ઉદ્‌ભવે છે.

નોંધ : (1) કેટલાક સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ધનભારિત લિગેન્ડ જેવા કે ^{+}NO, $^{+}NO_2$ પણ જોવા મળે છે.

(2) હવે એમ સાબિત થયું છે કે સંક્રાંતિ તત્ત્વોના કેટલાક ધાતુ-આયન એક કરતાં પણ વધુ સવર્ગ-આંક ધરાવે છે.

(3) ભૌમિતિક રચના સમજવા માટે સંકીર્ણ સંયોજનોનો ચુંબકીય ગુણધર્મ જાણવો અગત્યનો છે.

દ્વિતીયક સંયોજકતાથી જોડાયેલાં ધાતુ-આયન અને લિગેન્ડ વચ્ચેના બંધને સવર્ગ સહસંયોજકબંધ કહે છે. જેને $\rightarrow$થી દર્શાવવામાં આવે છે, જે સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ કરે છે. ધાતુ-આયન અને લિગેન્ડ વચ્ચે રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ ઋણ આયન અથવા તટસ્થ અણુ આપે છે.

સંકીર્ણ સંયોજનમાંના સંકીર્ણ આયનને [ ] (પ્રથમ આકર્ષણ વર્તુળ (Spherical)) કૌંસમાં દર્શાવાય છે. જ્યારે કૌંસની બહાર ડાબી બાજુએ આયનીય બંધથી જોડાયેલો ધન આયન દર્શાવાય છે. જેમ કે $K_3[Fe(CN)_6]$ સંકીર્ણ સંયોજનમાં $[Fe(CN)_6]^{3-}$ સંકીર્ણ ઋણ આયન, K^+ ધન આયન સાથે આયનીય બંધથી જોડાયેલો છે. તે જ રીતે $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$ સંકીર્ણ સંયોજનોમાં $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ સંકીર્ણ ધન આયન Cl^- ઋણ આયન સાથે આયનીય બંધથી જોડાયેલો હોય છે.

4.3 લિગેન્ડનું વર્ગીકરણ (Classification of Ligands)

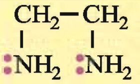
સામાન્ય રીતે લિગેન્ડ ઋણ વીજભાર ધરાવતો આયન અથવા તટસ્થ અણુ હોય છે. લિગેન્ડનું વર્ગીકરણ તેમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ દાતા પરમાણુ(Donor atom)ની સંખ્યાને આધારે કરવામાં આવે છે.

(I) એકદંતીય લિગેન્ડ : જો ઋણ આયન અથવા તટસ્થ અણુ લિગેન્ડમાંનો એક જ પરમાણુ ધાતુ-આયનને એક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપીને એક સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે તો તેને એકદંતીય (Unidentate) લિગેન્ડ કહે છે. H_2O, NH_3, CO જેવા તટસ્થ અણુઓ અને Cl^-, CN^-, F^- જેવા ઋણ આયનો એક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપીને ધાતુ-આયન સાથે જોડાય છે. જેમ કે $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$ સંકીર્ણ સંયોજનમાં દરેક એમોનિયાના અણુમાંનો નાઇટ્રોજન પરમાણુ ક્રોમિયમ ધાતુ-આયનને એક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપીને જોડાયેલ હોવાથી તેને એકદંતીય લિગેન્ડ કહે છે. $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ સંકીર્ણ સંયોજનમાં પાણીના દરેક અણુ ક્રોમિયમ ધાતુ-આયનને એક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપીને જોડાયેલો હોવાથી તેને એકદંતીય લિગેન્ડ કહે છે. આ એકદંતીય લિગેન્ડમાં એમોનિયાના અણુમાંનો નાઇટ્રોજન પરમાણુ અને પાણીમાંનો ઑક્સિજન પરમાણુ પોતાનો એક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ, ધાતુ-આયનને આપે છે. આથી **ઋણ આયન અથવા તટસ્થ અણુમાં રહેલા જે પરમાણુ ધાતુ-આયનને ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપે છે તેને લિગેન્ડનો સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ (Co-ordination sight) કહે છે.** જે $M \leftarrow L$થી દર્શાવાય છે, જ્યાં M ધાતુ-આયન છે અને L લિગેન્ડ છે.

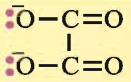
(II) દ્વિદંતીય લિગેન્ડ : જે લિગેન્ડ ધાતુ-આયનને બે ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મનું દાન કરી બે સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે તો તેને દ્વિદંતીય લિગેન્ડ (Didentate) કહે છે. આ પ્રકારના લિગેન્ડમાંના બે પરમાણુઓ બે ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપીને ધાતુ-આયન સાથે બે સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે. આમ, એક જ લિગેન્ડ ધાતુ-આયનની બે દ્વિતીયક સંયોજકતાને સંતોષે છે. જેમ કે ઇથેન-1,2-ડાયએમાઇન(ઇથિલીન ડાયએમાઇન -en)નો એક તટસ્થ અણુ તેના બે નાઇટ્રોજન પરમાણુઓ પરના

બે ઈલેક્ટ્રૉનયુગ્મ ધાતુ-આયનને આપીને બે સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે. ઑક્ઝેલેટ $(OX)^{2-}$ ઋણ આયનના બે ઑક્સિજન પરમાણુઓ પરના બે ઈલેક્ટ્રૉનયુગ્મ ધાતુ-આયનને આપીને બે સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે.

દા.ત.,



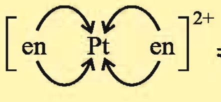
$C_2O_4^{2-}$ અથવા $(OX)^{2-}$ અથવા



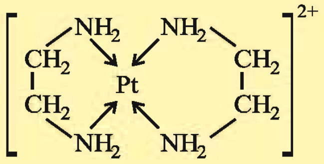
ઈથેન-1, 2-ડાયએમાઈન

(ઑક્ઝેલેટ)

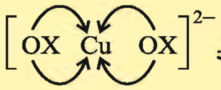
$[Pt(en)_2]^{2+}$



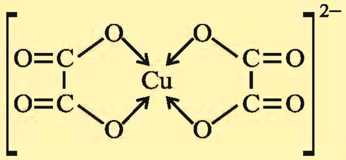
અથવા



$[Cu(OX)_2]^{2-}$

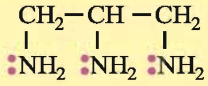


અથવા

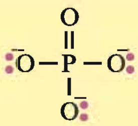


(III) ત્રિદંતીય લિગેન્ડ : જે લિગેન્ડમાં ત્રણ સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ હોય તેને ત્રિદંતીય લિગેન્ડ (Tridentate) કહે છે. આ પ્રકારના લિગેન્ડમાંના ત્રણ પરમાણુઓ ત્રણ ઈલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપીને ધાતુ-આયન સાથે ત્રણ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે. આમ એક જ લિગેન્ડ ધાતુ-આયનની ત્રણ દ્વિતીયક સંયોજકતાને સંતોષે છે. જેમ કે પ્રોપેન-1, 2, 3-ટ્રાયએમાઈન. પ્રોપીલીન ટ્રાયએમાઈન (ptn) એક તટસ્થ અણુ તેના ત્રણ નાઈટ્રોજન પરમાણુઓ પરના ત્રણ ઈલેક્ટ્રૉન યુગ્મ ધાતુ-આયનને આપીને ત્રણ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે. તે જ રીતે PO_4^{3-} ઋણ આયન ત્રિદંતીય લિગેન્ડ છે.

દા.ત.,



PO_4^{3-} અથવા

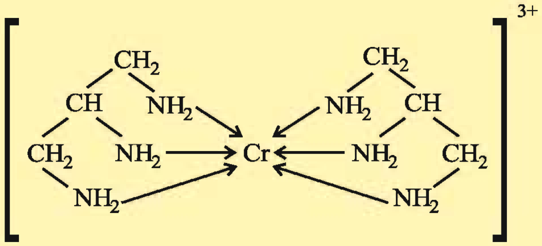


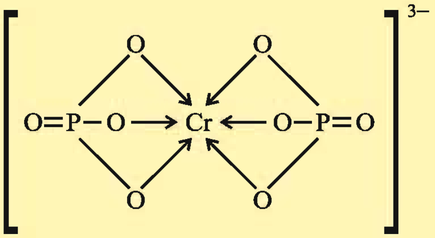
પ્રોપેન 1, 2, 3-ટ્રાયએમાઈન

(પ્રોપીલીન ટ્રાયએમાઈન - ptn)

ફૉસ્ફેટ

$[Cr(ptn)_2]^{3+}$ $[Cr(PO_4)_2]^{3-}$

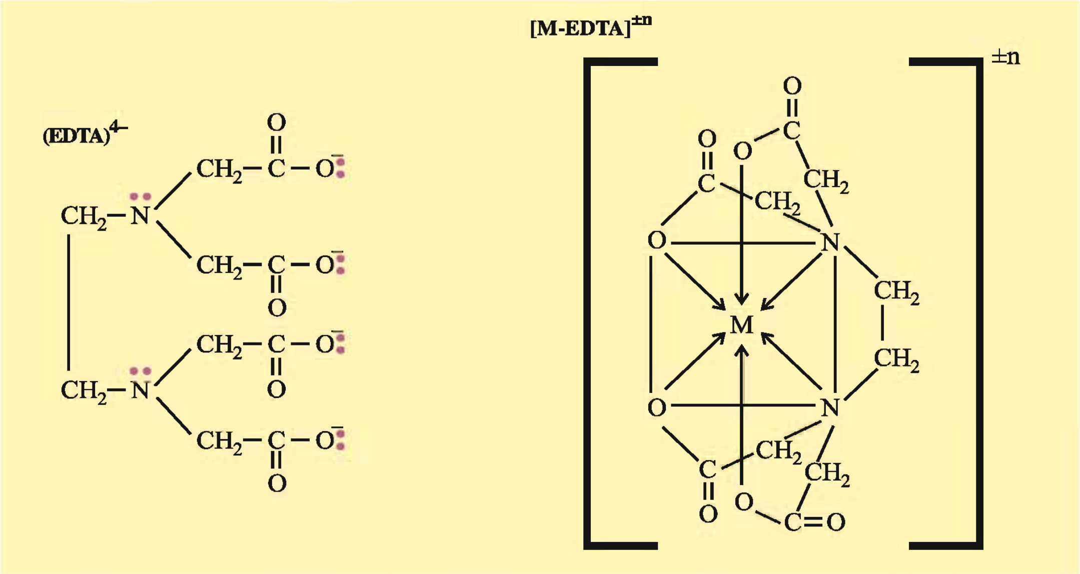




(IV) ષટ્દંતીય લિગેન્ડ : જે લિગેન્ડમાં છ સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ હોય તેને ષટ્દંતીય લિગેન્ડ (Hexadentate) કહે છે. આ પ્રકારના લિગેન્ડમાંના છ પરમાણુઓ છ ઈલેક્ટ્રૉનયુગ્મ આપીને ધાતુ-આયન સાથે છ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ

બનાવે છે. આમ એક જ લિગેન્ડ ધાતુ-આયનની છ દ્વિતીયક સંયોજકતાને સંતોષે છે, જેમ કે ઇથિલીન ડાયએમાઇન ટેટ્રા એસિટેટ(EDTA)$^{4-}$માંના ચાર ઑક્સિજન પરમાણુઓ અને બે નાઇટ્રોજન પરમાણુઓ ઉપરના છ ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ ધાતુ-આયનને આપીને છ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે.

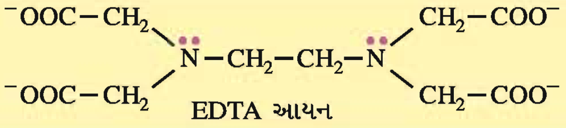
દા.ત., $[M\ EDTA]^{\pm n}$



સામાન્ય રીતે જે લિગેન્ડમાં બે કે તેથી વધુ સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ હોય અથવા જે લિગેન્ડમાં તેના બે કે તેથી વધારે પરમાણુઓ તેના ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ ધાતુ-આયનને આપીને સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે તેને બહુદંતીય લિગેન્ડ કહે છે. કોષ્ટક 4.1માં કેટલાક લિગેન્ડ અને તેના પ્રકાર દર્શાવ્યા છે.

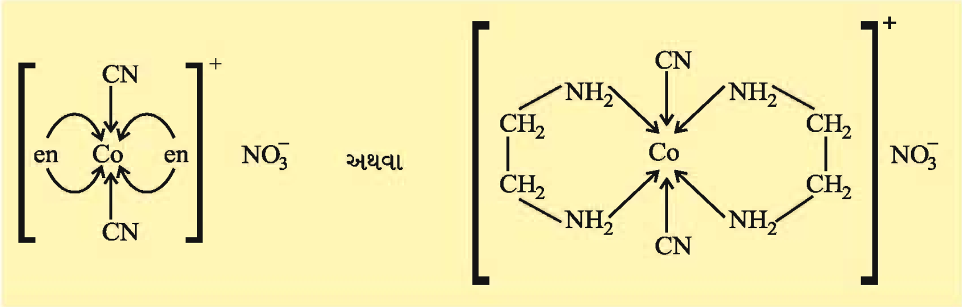
કોષ્ટક 4.1 કેટલાક લિગેન્ડ અને તેના પ્રકાર

પ્રકાર	લિગેન્ડ	વીજભાર
એકદંતીય તટસ્થ લિગેન્ડ	$H_2\ddot{O}:$, $:NH_3$, $:CO$, $:NO$, $CH_3\ddot{N}H_2$, $C_5H_5\ddot{N}$ (py)	0
એકદંતીય ઋણ આયન લિગેન્ડ	^-OH, F^-, Cl^-, Br^-, I^-, ^-CN, $^-NH_2$, NO_3^-, NO_2^-, $CH_3COO^-(AcO^-)$, O^{2-}, S^{2-}, N^{3-}	– 1
એકદંતીય ધન આયન લિગેન્ડ	^+NO, $^+NO_2$,	+ 1
દ્વિદંતીય તટસ્થ લિગેન્ડ	$H_2\ddot{N}-CH_2-CH_2-\ddot{N}H_2$ (en), $CH_2(:NH_2)-CH_2-CH_2(:NH_2)$ (pn)	0
દ્વિદંતીય ઋણ આયન લિગેન્ડ	CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, COO^-–COO^- $(OX)^{2-}$	– 2
ત્રિદંતીય તટસ્થ લિગેન્ડ	$CH_2(:NH_2)-CH(:NH_2)-CH_2(:NH_2)$ (ptn)	0

ત્રિદંતીય ઋણ આયન લિગેન્ડ	PO_4^{3-}, AsO_4^{3-}	– 3
ષટ્દંતીય ઋણ આયન લિગેન્ડ	 EDTA આયન	– 4

જ્યારે en, ox^{2-}, pn, ptn, $(EDTA)^{4-}$ જેવા બહુદંતીય લિગેન્ડ ધાતુ-આયન સાથે સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે ત્યારે સંકીર્ણ સંયોજનની રચના ચક્રીય બને છે, આ રીતે બનતા સંકીર્ણ સંયોજનને કિલેટ (Chelate) કહે છે. આવા કિલેટ સંયોજનોની સ્થિરતા સાદા સંકીર્ણ સંયોજનો (એકદંતીય લિગેન્ડથી બનતા) કરતાં વધારે હોય છે.

દા.ત., $[Co(CN)_2(en)_2]^+ NO_3^-$



4.4 સંકીર્ણ સંયોજનો બનવા માટેની જરૂરિયાતો (Requirements For Formation of Complex Compounds)

સંકીર્ણ સંયોજનો બનવા માટે કેટલીક પાયાની જરૂરિયાતો હોવી જોઈએ. સંક્રાંતિ તત્ત્વોના ધાતુ-આયનોની સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવવાની ક્ષમતા બીજાં તત્ત્વો કરતા સવિશેષ હોય છે.

પાયાની જરૂરિયાતો :

(1) લિગેન્ડ પાસે સહેલાઈથી આપી શકાય તેવા ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ હોવા જોઈએ.

(2) ધાતુ-આયનમાં લિગેન્ડના ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મનો સ્વીકાર કરવા માટે ખાલી કક્ષકો હોવી જોઈએ.

(3) ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ ધરાવતા લિગેન્ડની કક્ષકોની જે સંમિતિ હોય તે જ સંમિતિ ખાલી કક્ષકો ધરાવતા ધાતુ-આયન પાસે હોવી જોઈએ. આથી ધાતુ-આયનની ખાલી કક્ષકો લિગેન્ડમાં ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ ધરાવતી કક્ષકો સાથે સંમિશ્રિત થઈ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ રચી શકે.

પાયાની આ જરૂરિયાતો ધાતુ-આયનો સંતોષી શકતા હોવાથી સંકીર્ણ સંયોજનો સહેલાઈથી બને છે. આમ છતાં દરેક સંક્રાંતિ તત્ત્વો એકસરખી રીતે સહેલાઈથી સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવે તેવું પણ જરૂરી હોતું નથી. ધાતુ-આયનની વિવિધ ઑક્સિડેશન-અવસ્થા પ્રમાણે સંકીર્ણ સંયોજનો બનવાની ક્ષમતામાં ફેરફાર થાય છે. તદ્ઉપરાંત જે સંકીર્ણ સંયોજનો બને છે તેની સ્થાયીતામાં પણ તફાવત રહેલો હોય છે.

4.5 સંકીર્ણ સંયોજનોની સ્થાયીતા અને લિગેન્ડની પ્રબળતા (Stability of Complex Compounds and Strength of Ligand)

વિવિધ લિગેન્ડોની સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવવાની પ્રબળતા જુદી જુદી હોવાથી વધુ પ્રબળ લિગેન્ડ ધાતુ-આયન સાથે વધુ આકર્ષણ ધરાવે છે. આથી તે વધુ નજીક આવીને વધુ મજબૂત સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે. પરિણામે વધુ પ્રબળ લિગેન્ડ ધરાવતા સંકીર્ણો વધુ સ્થાયીતા ધરાવે છે અને નિર્બળ લિગેન્ડ ધરાવતા સંકીર્ણની સ્થાયીતા ઓછી હોય છે. આથી એમ કહી શકાય કે લિગેન્ડની પ્રબળતાને આધારે સંકીર્ણોની સ્થાયીતા નક્કી થાય છે. લિગેન્ડની પ્રબળતાનો

આધાર, સમાન ધાતુ-આયન સાથે જોડાયેલા સંકીર્ણો માટે જ સ્થાયીતા નક્કી કરી શકાય છે. કેટલાક લિગેન્ડની પ્રબળતાનો ક્રમ અને તેને આધારે કેટલાક સંકીર્ણ સંયોજનોની સ્થાયીતાનો ક્રમ નીચે પ્રમાણે છે :

$Cl^- < F^- < OH^- < H_2O < NH_3 < CN^-$

$[NiCl_4]^{2-} < [NiF_4]^{2-} < [Ni(OH)_4]^{2-} < [Ni(H_2O)_4]^{2+} < [Ni(NH_3)_4]^{2+} < [Ni(CN)_4]^{2-}$

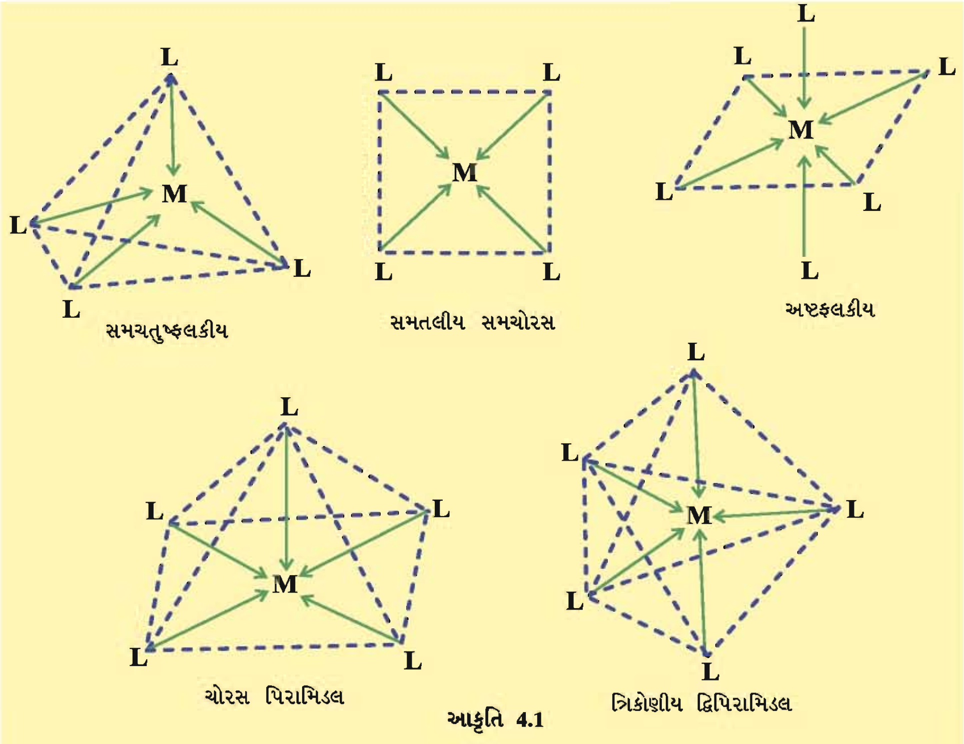
$[CuCl_4]^{2-} < [CuF_4]^{2-} < [Cu(OH)_4]^{2-} < [Cu(H_2O)_4]^{2+} < [Cu(NH_3)_4]^{2+} < [Cu(CN)_4]^{2-}$

આથી સંક્રાંતિ તત્ત્વોના ધાતુ-આયનોની સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવવાની ક્ષમતામાં વિવિધ પરિસ્થિતિ પ્રમાણે ફેરફાર જોવા મળે છે.

કોઈ એક ધાતુ-આયનનાં સંકીર્ણ સંયોજનો એક જ પ્રકારના લિગેન્ડથી બને તેવું પણ જરૂરી હોતું નથી. કેટલીક વખત વિવિધ પ્રકારના લિગેન્ડ ધાતુ-આયન સાથે સંકીર્ણ સંયોજન બનાવે છે. આ પ્રકારનાં સંકીર્ણ સંયોજનોને મિશ્ર લિગેન્ડ સંકીર્ણ સંયોજનો (Mixed ligand complex compounds) કહે છે. જેમ કે $[Cr(NH_3)_4(CN)_2]NO_3$ સંકીર્ણમાં ચાર એમોનિયાના અણુ અને બે સાયનાઇડ આયન મળીને કુલ છ એકદંતીય લિગેન્ડ જોડાયેલા છે. જો એક જ પ્રકારના લિગેન્ડ હોય તો તેને સાદા સંકીર્ણ સંયોજન કહે છે.

જેમ મિશ્ર લિગેન્ડ સંકીર્ણ સંયોજનમાં બે અથવા વધુ પ્રકારના લિગેન્ડ જોડાઈને સંકીર્ણ સંયોજન બનાવે છે, તેમ જો કોઈ પણ સંકીર્ણ સંયોજનમાં એક જ ધાતુ-આયન હોય તો તેને એકકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજન (Unicentered complex compound) કહે છે. દા.ત., $K[MnO_4]$. **જો કોઈ પણ સંકીર્ણ સંયોજનમાં એક કરતાં વધુ ધાતુ-આયન હોય તો તેને બહુકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજન (Polycentered complex compound) કહે છે.** દા.ત., $K_2[Cr_2O_7]$.

એકકેન્દ્રિય અથવા બહુકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ધાતુ-આયનને જોડાયેલા લિગેન્ડની ત્રિપરિમાણીય ગોઠવણી દિશાકીય હોવાથી સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ઉદ્ભવતી વિવિધ ભૌમિતિક રચનાને સવર્ગ બહુફલકીય (co-ordination poly-hedral) કહે છે. મોટેભાગે આ ભૌમિતિક રચનાનો આકાર સમચતુષ્ફલકીય, સમતલીય સમચોરસ, અષ્ટફલકીય, ચોરસ પિરામિડલ અને ત્રિકોણીય દ્વિપિરામિડલ હોય છે.



આકૃતિ 4.1

4.6 સંકીર્ણ આયનોની ભૌમિતિક રચના (Geometry of Complex Ions)

ધાતુ-આયનનો સવર્ગ-આંક અને સંકીર્ણ આયનોની ભૌમિતિક રચના ચુંબકીય ગુણધર્મોના અને સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદના સિદ્ધાંતના (Crystal field theory) અભ્યાસ પરથી જાણી શકાય છે. હંમેશા એવું જરૂરી નથી કે ધાતુ-આયન એકસમાન સવર્ગ-આંક ધરાવે અને એક જ ચોક્કસ પ્રકારની ભૌમિતિક રચના ધરાવતા સંકીર્ણ આયનો બનાવે. કેટલીક વખત એવું પણ બને છે કે ધાતુ-આયન એક કરતાં વધુ સવર્ગ-આંક ધરાવતા હોય છે અને સવર્ગ-આંક સમાન હોવા છતાં પણ વધુ પ્રકારની ભૌમિતિક રચના ધરાવતા સંકીર્ણ આયનો બનાવી શકાય છે. મોટાભાગનાં ધાતુ-આયનના સંકીર્ણ આયનમાં સવર્ગ-આંકની સંખ્યા ચાર અને છ ખૂબ જ સામાન્ય હોય છે અને આ સવર્ગ-આંક દર્શાવતા સંકીર્ણ આયનો પણ પ્રમાણમાં વધુ સંખ્યામાં જોવા મળે છે.

સવર્ગ-આંક 4 : સવર્ગ-આંક 4 ધરાવતા ધાતુ-આયનો બે પ્રકારની ભૌમિતિક રચના ધરાવતાં સંકીર્ણો બનાવે છે :

(i) સમચતુષ્ફલકીય રચના ધરાવતા સંકીર્ણ આયનો અને (ii) સમતલીય સમચોરસ રચના ધરાવતા સંકીર્ણ આયનો.

(i) **સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણ આયનો (Tetrahedral complex ions) :** ધાતુ-આયનો સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણ આયનો બનાવે છે અને તે ખાસ પરિસ્થિતિમાં સ્થાયી હોય છે. મોટાભાગના સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણ આયનો ઋણ આયન સ્વરૂપે મળે છે. જેમ કે, MnO_4^-. જ્યારે $[Ni(CO)_4]$ જેવો સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણ તટસ્થ અણુ સ્વરૂપે મળે છે.

(ii) **સમતલીય સમચોરસ સંકીર્ણ આયનો (Square planar complex ions) :** થોડાંક જ સંક્રાંતિ તત્ત્વોના ધાતુ-આયનો સમતલીય સમચોરસ સંકીર્ણો બનાવે છે. Ni^{2+} ધાતુ-આયન સાથે ઋણ આયન અને / અથવા તટસ્થ અણુ લિગેન્ડ જોડાઈને સમતલીય સમચોરસ સંકીર્ણો બને છે. જેમ કે, $K_2[Ni(CN)_4]$ અને $[Ni(NH_3)_2Cl_2]$.

કોષ્ટક 4.2માં ચોથા આવર્તમાં રહેલાં કેટલાંક સંક્રાંતિ તત્ત્વોના સવર્ગ-આંક 4 ધરાવતા સમચતુષ્ફલકીય અને સમતલીય સમચોરસ સંકીર્ણોનાં કેટલાંક ઉદાહરણો દર્શાવ્યાં છે.

કોષ્ટક 4.2 સંક્રાંતિ તત્ત્વોનો સવર્ગ-આંક 4 ધરાવતા કેટલાંક સંકીર્ણો

સંક્રાંતિ તત્ત્વો	ઑક્સિડેશન અવસ્થા	3d-કક્ષકના ઈલેક્ટ્રૉન	સંકીર્ણ સંયોજનો	ભૌમિતિક રચના
Mn	+7	$3d^0$	$K[MnO_4]$	સમચતુષ્ફલકીય
Co	+2	$3d^7$	$K_2[CoCl_4]$	સમચતુષ્ફલકીય
Ni	0	$3d^{10}$	$K_4[Ni(CN)_4]$	સમચતુષ્ફલકીય
	+2	$3d^8$	$K_2[NiCl_4]$	સમચતુષ્ફલકીય
	+2	$3d^8$	$K_2[Ni(CN)_4]$	સમતલીય સમચોરસ
	+2	$3d^8$	$[Ni(NH_3)_2Cl_2]$	સમતલીય સમચોરસ

સવર્ગ-આંક 6 : સવર્ગ-આંક 6 ધરાવતા ધાતુ-આયનોનાં સંકીર્ણ સંયોજનો ખૂબ જ સામાન્ય પ્રમાણમાં મળે છે. આ સંકીર્ણ સંયોજનોની ભૌમિતિક રચના અષ્ટફલકીય હોય છે. જો કે આ અષ્ટફલકીય રચનામાં વિવિધ લિગેન્ડ પ્રમાણે કેટલીક વખત વિકૃતિ થયેલી જોવા મળે છે. જેમ કે, $[CrCl_2(en)_2]NO_3$ અને $[Co(NH_3)_4CO_3]Cl$.

કોષ્ટક 4.3માં ચોથા આવર્તમાં રહેલાં કેટલાંક સંક્રાંતિ તત્ત્વોના સવર્ગ-આંક 6 ધરાવતા અષ્ટફલકીય સંકીર્ણોના કેટલાંક ઉદાહરણો દર્શાવ્યા છે.

સંક્રાંતિ તત્ત્વો	ઑક્સિડેશન અવસ્થા	3d-કક્ષકના ઈલેક્ટ્રૉન	સંકીર્ણ સંયોજનો (અષ્ટફલકીય રચના)
Cr	0	$3d^6$	$[Cr(CO)_6]$
	+1	$3d^5$	$K_4[Cr(CN)_5(NO)]$
	+3	$3d^3$	$K[Cr(NH_3)_2(CO_3)_2]$
	+4	$3d^2$	$K_2[CrF_6]$
Mn	+2	$3d^5$	$[Mn(H_2O)_6]Cl_2$
	+3	$3d^4$	$[Mn(en)_3]Cl_3$
Fe	+2	$3d^6$	$K_4[Fe(CN)_6]$
	+3	$3d^5$	$Na_3[Fe(OX)_3]$
Co	+2	$3d^7$	$Na_4[Co(NO_2)_6]$
	+3	$3d^6$	$[Co(NH_3)_6]Cl_3$
	+4	$3d^5$	$K_2[CoF_6]$
Ni	+2	$3d^8$	$[Ni(H_2O)_6]Cl_2$
	+3	$3d^7$	$K_3[Ni(CN)_6]$
	+4	$3d^6$	$K_2[NiF_6]$

4.7 સંકીર્ણ સંયોજનોના ધાતુ-આયનની કક્ષકોનું સંકરણ અને ચુંબકીય ગુણધર્મ (Hybridization of Orbitals of Metal Ions of Complex Compounds and Magnetic Properties)

મોટાભાગનાં ધાતુ-આયનની ભૌમિતિક રચના સમચતુષ્ફલકીય, સમતલીય સમચોરસ અથવા અષ્ટફલકીય હોય છે. આ ભૌમિતિક રચના સમજવા માટે ધાતુ-આયનની કક્ષકોનું સંકરણ અને ચુંબકીય ગુણધર્મ ખૂબ જ ઉપયોગી થાય છે.

sp^3 સંકરણ : જ્યારે ધાતુ-આયનની એક 4s-કક્ષક અને ત્રણ $4p_x$, $4p_y$, $4p_z$ કક્ષકો એકબીજા સાથે સંમિશ્રિત થઈ સંકરણ કરે છે ત્યારે નવી ચાર સંકર કક્ષકો ઉત્પન્ન થાય છે. આ ચાર સંકર કક્ષકોને sp^3 સંકર કક્ષકો કહે છે. આ ચાર સંકર કક્ષકોની શક્તિનું મૂલ્ય સમાન હોય છે અને તે સમચતુષ્ફલકના કેન્દ્રથી ચાર ખૂણાઓ તરફ ફેલાયેલી હોય છે. તદ્ઉપરાંત પાસપાસેની કોઈ પણ બે sp^3 સંકર કક્ષકો વચ્ચેનો ખૂણો $109^0 28'$નો હોય છે. આથી જો સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ધાતુ-આયનની કક્ષકોનું સંકરણ sp^3 પ્રકારનું થાય, તો તે સંકીર્ણ સંયોજનની ભૌમિતિક રચના સમચતુષ્ફલકીય હોય છે.

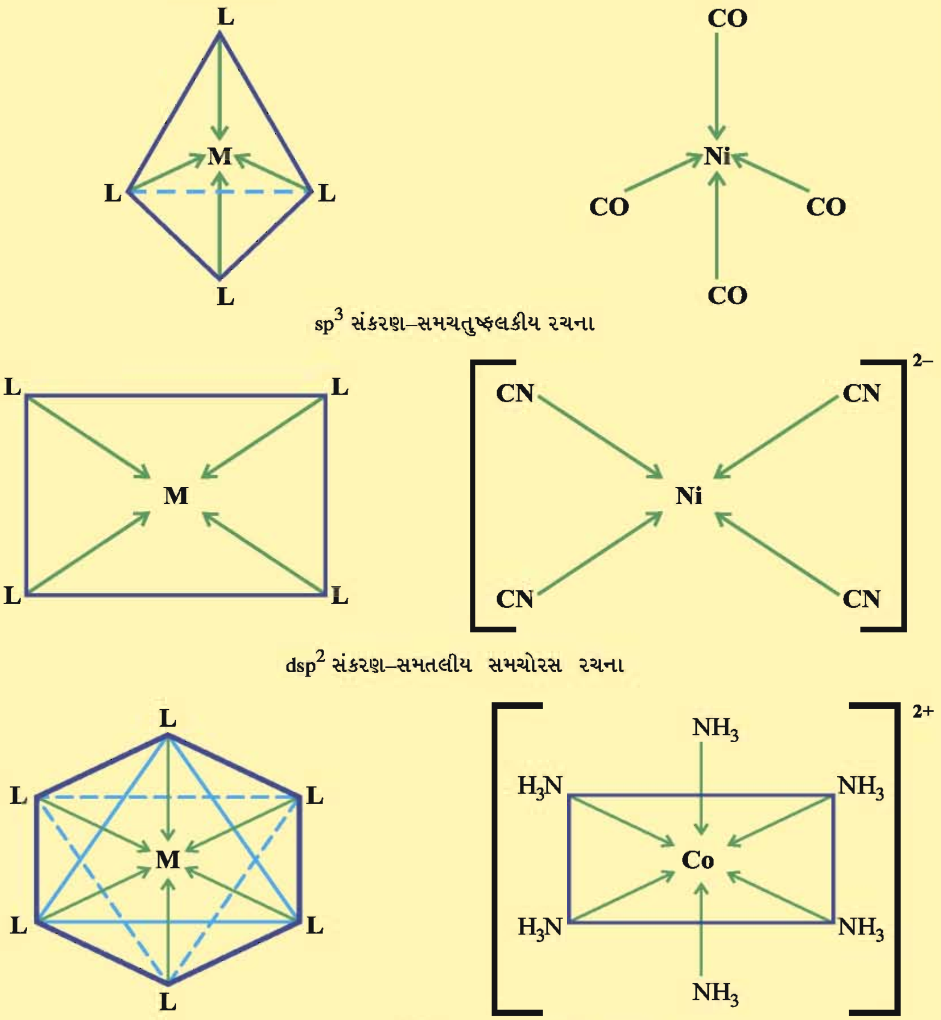
dsp^2 સંકરણ : જ્યારે ધાતુ-આયનની એક 3d-કક્ષક, એક 4s-કક્ષક અન બે $4p_x$, $4p_y$ કક્ષકો એકબીજા સાથે સંમિશ્રિત થઈ સંકરણ કરે છે ત્યારે નવી ચાર સંકર કક્ષકો ઉત્પન્ન થાય છે. આ ચાર સંકર કક્ષકોને dsp^2 સંકર કક્ષકો કહે છે. આ ચાર સંકર કક્ષકોની શક્તિનું મૂલ્ય સમાન હોય છે અને તે સમતલીય સમચોરસના કેન્દ્રથી ચાર ખૂણાઓ તરફ ફેલાયેલી હોય છે. તદ્ઉપરાંત પાસપાસેની કોઈ પણ બે dsp^2 સંકર કક્ષકો વચ્ચેનો ખૂણો 90^0નો હોય છે. આથી જો સંકીર્ણ સંયોજનમાં ધાતુ-આયનની કક્ષકોનું સંકરણ dsp^2 પ્રકારનું થાય, તો તે સંકીર્ણ સંયોજનની ભૌમિતિક રચના સમતલીય સમચોરસ હોય છે.

d^2sp^3 સંકરણ : જ્યારે ધાતુ-આયનની બે 3d-કક્ષકો, એક 4s-કક્ષક અને ત્રણ $4p_x$, $4p_y$, $4p_z$ કક્ષકો એકબીજા સાથે સંમિશ્રિત થઈ સંકરણ કરે છે ત્યારે નવી છ સંકર કક્ષકો ઉત્પન્ન થાય છે. આ છ સંકર કક્ષકોને d^2sp^3 સંકર

કક્ષકો કહે છે. આ છ સંકર કક્ષકોની શક્તિનું મૂલ્ય સમાન હોય છે અને તે અષ્ટફલકના કેન્દ્રથી છ ખૂણાઓ તરફ ફેલાયેલી હોય છે. તદ્ઉપરાંત આ બધી કક્ષકો એકબીજાને X-અક્ષ, Y-અક્ષ અને Z-અક્ષ ઉપર રહેલી હોવાથી પાસપાસેની કોઈ પણ બે d^2sp^3 સંકર કક્ષકો વચ્ચેનો ખૂણો 90^0નો હોય છે. આથી જો સંકીર્ણ સંયોજનમાં ધાતુ-આયનની કક્ષકોનું સંકરણ d^2sp^3 પ્રકારનું થાય, તો તે સંકીર્ણ સંયોજનની ભૌમિતિક રચના અષ્ટફલકીય હોય છે.

sp^3d^2 સંકરણ : કેટલીક વખત અષ્ટફલકીય રચના ઉત્પન્ન થવા માટે sp^3d^2 સંકરણ પણ થઈ શકે છે. જ્યારે ધાતુ-આયનની 3d-કક્ષકો સંકરણ થવા માટે પ્રાપ્ત નહિ હોય ત્યારે એક 4s-કક્ષક, ત્રણ $4p_x$, $4p_y$, $4p_z$ કક્ષકો અને બે 4d-કક્ષકો એકબીજા સાથે સંમિશ્રિત થઈ sp^3d^2 પ્રકારનું સંકરણ કરે છે. અહીં પણ sp^3d^2 સંકરણની ભૌમિતિક રચના અષ્ટફલકીય હોય છે.

આથી એમ કહી શકાય કે અષ્ટફલકીય રચનામાં d^2sp^3 અથવા sp^3d^2 સંકરણ થાય છે. જે સંકીર્ણો અષ્ટફલકીય રચના ધરાવે છે. તેમાં કયા પ્રકારનું સંકરણ થયું છે તે નક્કી કરવા માટે ચુંબકીય ગુણધર્મોનો અભ્યાસ ખૂબ જ જરૂરી બને છે. આકૃતિ 4.2માં sp^3, dsp^2 અને d^2sp^3 અથવા sp^3d^2 સંકરણના આધારે બનતા સંકીર્ણ અણુઓ કે આયનોની ભૌમિતિક રચના દર્શાવેલી છે.



sp^3 સંકરણ–સમચતુષ્ફલકીય રચના

dsp^2 સંકરણ–સમતલીય સમચોરસ રચના

d^2sp^3 અથવા sp^3d^2 સંકરણ–અષ્ટફલકીય રચના

આકૃતિ 4.2 સંકીર્ણ આયનોની ભૌમિતિક રચના

ચુંબકીય ગુણધર્મ (Magnetic property) : જો કોઈ પણ સંકીર્ણની રચનામાં રહેલા સંક્રાંતિ તત્ત્વના ધાતુ-આયનની 3d-કક્ષકોમાં ફક્ત યુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન હોય તો તે સંકીર્ણને પ્રતિચુંબકીય (Diamagnetic) કહે છે. જો ધાતુ-આયનની 3d-કક્ષકોમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન હોય, તો તે સંકીર્ણને અનુચુંબકીય (Paramagnetic) કહે છે. અનુચુંબકીય ચાકમાત્રાનું સૈદ્ધાંતિક મૂલ્ય $\mu = \sqrt{n(n+2)}$ સમીકરણ વડે શોધી શકાય છે કે જેમાં n = અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા છે. આ મૂલ્યનો એકમ BM (Bohr Magneton) છે.

સંક્રાંતિ તત્ત્વોના ધાતુ-આયનના સંકીર્ણ સંયોજનોની ચુંબકીય ચાકમાત્રા તેની ભૌમિતિક રચના, લિગેન્ડના પ્રકાર વગેરે પર આધારિત છે. સંકીર્ણ સંયોજનોના વિગતવાર અભ્યાસ માટે ચુંબકીય ચાકમાત્રાની ગણતરી ખૂબ જ મદદરૂપ છે. કોષ્ટક 4.4માં Sc^{2+}થી Zn^{2+} (d^1 થી d^{10}) આયનોમાંના અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની ચુંબકીય ચાકમાત્રાનાં સૈદ્ધાંતિક તેમજ પ્રાયોગિક મૂલ્યો આપવામાં આવ્યા છે.

કોષ્ટક 4.4 સંક્રાંતિ તત્ત્વોના M^{2+} આયનોમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન અને ચુંબકીય ચાકમાત્રા

આયન	$3d^n$	અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન	ચુંબકીય ચાકમાત્રા (μ) BM	
			સૈદ્ધાંતિક મૂલ્ય	પ્રાયોગિક મૂલ્ય
Sc^{2+}	d^1	1	1.73	1.73 – 1.74
Ti^{2+}	d^2	2	2.83	2.76
V^{2+}	d^3	3	3.87	3.86
Cr^{2+}	d^4	4	4.90	4.80
Mn^{2+}	d^5	5	5.92	5.96
Fe^{2+}	d^6	4	4.90	5.00 – 5.50
Co^{2+}	d^7	3	3.87	4.40 – 5.20
Ni^{2+}	d^8	2	2.83	2.90 – 3.40
Cu^{2+}	d^9	1	1.73	1.80 – 2.20
Zn^{2+}	d^{10}	0	0	0

4.8 સંકીર્ણ સંયોજનોનું IUPAC નામકરણ (IUPAC Nomenclature of Complex Compounds)

અનેક પ્રકારના લિગેન્ડ વિવિધ ધાતુતત્ત્વો સાથે અનેકવિધ સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવે છે. તદ્ઉપરાંત મિશ્ર લિગેન્ડ ધરાવતા અનેક સંકીર્ણ સંયોજનો પણ બનાવી શકાયાં છે. શરૂઆતના સમયમાં સંકીર્ણ સંયોજનોના નામ ધાતુ-આયન અને તેના રંગને આધારે કરવામાં આવતા હતા. વર્નરે કોબાલ્ટ ક્લોરાઇડ અને એમોનિયામાંથી મેળવેલા સંકીર્ણોના નામ રંગોને આધારે કરેલા. જેવા કે ગ્રીનીયો કોબાલ્ટિક એમોનિયમ ક્લોરાઇડ, વાયોલેટીયો કોબાલ્ટિક એમોનિયમ ક્લોરાઇડ, પરપલીયો કોબાલ્ટિક એમોનિયમ ક્લોરાઇડ વગેરે. વધારે સંકીર્ણ સંયોજનો બનતા આ સંકીર્ણ સંયોજનોના નામ ચોક્કસ દર્શાવી શકાતા ન હતા. તેથી નામકરણમાં ચોકસાઈ લાવવા માટે IUPAC પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. એકકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજનોનું IUPAC નામકરણ નીચે દર્શાવેલા ચોક્કસ નિયમો અનુસાર થાય છે.

(i) આયનીય સંકીર્ણ સંયોજનનું નામ દર્શાવવા માટે પહેલાં ધન આયન અને પછી ઋણ આયનનું નામ લખવામાં આવે છે.

(ii) સંકીર્ણ સંયોજનમાં સવર્ગ વર્તુળ [ ]માં નામકરણ નિયમો અનુસાર કરવામાં આવે છે.

(a) સવર્ગ વર્તુળમાં નામકરણ કરતી વખતે લિગેન્ડનું નામ અંગ્રેજી મૂળાક્ષર પ્રમાણે પ્રથમ દર્શાવવામાં આવે છે ત્યારબાદ ધાતુનું નામ લખવામાં આવે છે.

(b) ઋણ વીજભાર ધરાવતા લિગેન્ડના નામ પાછળ 'ઓ' પ્રત્યય જોડવામાં આવે છે. જેમ કે OH^- હાઇડ્રોક્સો, CN^- સાયનો, NH_2^- એમિડો, NO_2^- નાઇટ્રો, ONO^- નાઇટ્રાઇટો, NO_3^- નાઇટ્રેટો, SCN^- થાયોસાયનેટો, CNO^- સાયનેટો, CH_3COO^- એસિટેટો, SO_3^{2-} સલ્ફાઇટો, SO_4^{2-} સલ્ફેટો, CO_3^{2-} કાર્બોનેટો, O^{2-} ઑક્સો, OX^{2-} ઑક્ઝેલેટો, PO_4^{3-} ફૉસ્ફેટો, ASO_4^{3-} આર્સેનેટો વગેરે લખવામાં આવે છે. 2004ના IUPAC નિયમ પ્રમાણે Cl^-ને ક્લોરોને બદલે ક્લોરાઇડો F^- ફ્લોરોને બદલે ફ્લોરાઇડો અને Br^- બ્રોમોને બદલે બ્રોમાઇડો તરીકે લખવા.

(c) તટસ્થ લિગેન્ડનું જે મૂળ નામ હોય છે તેને તે જ રીતે દર્શાવવામાં આવે છે. જેમ કે $CH_3 \cdot NH_2$ મિથાઇલએમાઇન, $H_2N–CH_2–CH_2–NH_2$ ઇથેન-1, 2-ડાયએમાઇન, $NH_2–CH_2–CH(NH_2)–CH_2–NH_2$ પ્રોપેન-1, 2, 3-ટ્રાયએમાઇન, $H_2N–CH_2–CH_2–CH_2–NH_2$ પ્રોપેન-1, 3-ડાયએમાઇન. પરંતુ અપવાદ તરીકે H_2O એક્વા, NH_3 એમ્માઇન, CO કાર્બોનિલ, NO નાઇટ્રોસિલ વગેરે લખવામાં આવે છે.

(d) એક જ પ્રકારના લિગેન્ડની સંખ્યા જો એક કરતાં વધારે હોય, તો તેની સંખ્યા દર્શાવવા માટે 2, 3, 4, 5, 6ને અનુક્રમે ડાય, ટ્રાય, ટેટ્રા, પેન્ટા, હેક્ઝા વગેરે પૂર્વગ લગાડવામાં આવે છે. જો કાર્બનિક લિગેન્ડમાં પૂર્વગ તરીકે સંખ્યા હોય તો તેવા લિગેન્ડને કૌંસમાં મૂકી તેની સંખ્યા 2, 3, 4 વગેરેને અનુરૂપ અનુક્રમે બીસ, ટ્રીસ, ટેટ્રાકિસ પૂર્વગ લગાડવામાં આવે છે.

(e) એકકેન્દ્રિય સંકીર્ણ આયન કે જેમાં એક જ ધાતુ-આયન હોય, તો તેનું નામ દર્શાવવા માટેનો ક્રમ ચોક્કસ હોય છે.

(i) જો સંકીર્ણ ઋણ આયન હોય તો પહેલાં ક્રમશઃ લિગેન્ડનાં નામ લખ્યા પછી અંતમાં ધાતુના નામને 'એટ' પ્રત્યય લગાડીને તેની ઑક્સિડેશન-અવસ્થા ( ) કૌંસમાં રોમન અંક વડે દર્શાવવામાં આવે છે. જેમ કે ફેરેટ (II), ફેરેટ (III), ક્રોમેટ (III), મેંગેનેટ (VII), કોબાલ્ટેટ (III), નિકલેટ (II), મોલિબ્ડેટ (VI).

(ii) જો સંકીર્ણ ધન આયન અથવા તટસ્થ અણુ હોય તો પહેલાં ક્રમશઃ લિગેન્ડના નામ લખ્યા પછી અંતમાં ધાતુનું નામ જોડીને તેની ઑક્સિડેશન-અવસ્થા ( ) કૌંસમાં રોમન અંક વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

સંકીર્ણ ધન આયનના, ઋણ આયનના અને તટસ્થ અણુના આ સંપૂર્ણ ભાગને [ ] ચોરસ કૌંસમાં મૂકવામાં આવે છે.

આ નિયમોને આધારે કેટલાંક સંકીર્ણ સંયોજનોનાં સૂત્ર અને IUPAC નામ નીચે આપવામાં આવ્યાં છે :

સૂત્ર	IUPAC નામ
$K[MnO_4]$	પોટૅશિયમ ટેટ્રાઑક્સોમૅંગેનેટ(VII)
$Na_2[CoCl_4]$	સોડિયમ ટેટ્રાક્લોરાઇડોકોબાલ્ટેટ(II)
$[Ni(CO)_4]$	ટેટ્રાકાર્બોનિલનિકલ(0)
$K_2[NiCl_4]$	પોટૅશિયમ ટેટ્રાક્લોરાઇડોનિકલેટ(II)
$[Ni(CN)_4]^{2-}$	ટેટ્રાસાયનોનિકલેટ(II)આયન
$[Cu(NH_3)_4]Cl_2$	ટેટ્રાએમ્માઇનકૉપર(II)ક્લોરાઇડ
$[Cr(CO)_6]$	હેક્ઝાકાર્બોનિલ ક્રોમિયમ(0)

$[Ni(H_2O)_2(NH_3)_4]SO_4$	ટેટ્રાએમ્માઇનડાયએક્વાનિકલ(II)સલ્ફેટ
$[Cr(OX)_3]^{3-}$	ટ્રાયઑક્ઝેલેટોક્રોમેટ(III)આયન
$[CO(en)_2(CN)_2]Cl$	ડાયસાયનોબીસ(ઇથેન-1,2-ડાય એમાઇન)કોબાલ્ટ(III)ક્લોરાઇડ
$K_4[Fe(CN)_6]$	પોટૅશિયમ હેક્ઝાસાયનોફેરેટ(II)
$(NH_4)_2[MoO_4]$	એમોનિયમ ટેટ્રાઑક્સોમોલિબ્લેડેટ(VI)
$K_2[CrF_6]$	પોટૅશિયમ હેક્ઝાફ્લોરાઇડોક્રોમેટ(IV)
$Na_2[Fe(NO)(CN)_5]$ (સોડિયમનાઇટ્રોપ્રુસાઇડ)	સોડિયમ પેન્ટાસાયનોનાઇટ્રોસોનિયમફેરેટ(II)
$Na_4[Co(NO_2)_6]$	સોડિયમ હેક્ઝાનાઇટ્રોકોબાલ્ટેટ(II)
$NH_4[Co(NH_3)_2(OX)_2]$	એમોનિયમ ડાયએમ્માઇનડાયઑક્ઝેલેટોકોબાલ્ટેટ(III)
$[Pt(Pn)_2CO_3]SO_4$	કાર્બોનેટોબીસ (પ્રોપેન-1, 3-ડાયએમાઇન)પ્લેટિનમ(II)સલ્ફેટ
$[Ag(NH_3)_2][Ag(CN)_2]$	ડાયએમ્માઇનઆર્જેન્ટિનમ(I)ડાયસાયનોઆર્જેન્ટેટ(I)
$[Cr(en)_3][Cr(OX)_3]$	ટ્રીસ (ઇથેન-1,2-ડાયએમાઇન)ક્રોમિયમ(III)ટ્રાયઑક્ઝેલેટોક્રોમેટ(III)
$[Pt(NH_3)_2ClNO_2]$	ડાયએમ્માઇનક્લોરાઇડોનાઇટ્રોપ્લેટિનમ(II)
$[Co(NH_3)_4CO_3]Cl$	ટેટ્રાએમ્માઇનકાર્બોનેટોકોબાલ્ટ(III)ક્લોરાઇડ
$[Cr(NH_3)_4(ONO)Cl]NO_3$	ટેટ્રાએમ્માઇનક્લોરાઇડોનાઇટ્રાઇટોક્રોમિયમ(III)નાઇટ્રેટ
$Na_2[Ni(EDTA)]$	સોડિયમ ઇથિલીનડાયએમાઇનટેટ્રાએસિટેટોનિકલેટ(II)
$[Pt(Py)_4][PtBr_4]$	ટેટ્રાપિરિડીનપ્લેટિનમ(II)ટેટ્રાબ્રોમાઇડોપ્લેટિનેટ(II)
$[CuCl_2(CH_3NH_2)_2]$	ડાયક્લોરાઇડો ડાય(મિથેનેમાઇન)કૉપર(II)
$[Cr(NH_3)_6][Cr(SCN)_6]$	હેક્ઝાએમ્માઇનક્રોમિયમ(III)હેક્ઝાથાયોસાયનેટોક્રોમેટ(III)

સંકીર્ણના IUPAC નામ પરથી સૂત્ર :

(a) ટેટ્રાએમ્માઇનએક્વાક્લોરાઇડોકોબાલ્ટ(III)ક્લોરાઇડ

$[Co(NH_3)_4(H_2O)Cl]Cl_2$

(b) પોટૅશિયમ ટેટ્રાહાઇડ્રોક્સોઝિંકેટ(II)

$K_2[Zn(OH)_4]$

(c) સોડિયમ ટ્રાયઑક્ઝેલેટોએલ્યુમિનેટ(III)

$Na_3[Al(C_2O_4)_3]$

(d) ડાયક્લોરાઇડોબીસ(ઇથેન-1, 2-ડાયએમાઇન)કોબાલ્ટ(III)આયન

$[Co(en)_2Cl_2]^+$

(e) પેન્ટાકાર્બોનિલઆયર્ન(0)

$[Fe(CO)_5]$

4.9 સંકીર્ણ સંયોજનોની ભૌમિતિક રચના અને ચુંબકીય ગુણધર્મ (Geometrical Structures and Magnetic Properties of Complex Compounds)

$[Ni(CN)_4]^{2-}$ સંકીર્ણ આયન : ટેટ્રાસાયનો નિકલેટ (II) સંકીર્ણ આયનમાં Ni^{2+} ધાતુ-આયન સાથે ચાર CN^- પ્રબળ લિગેન્ડ જોડાયેલા છે. આ સંકીર્ણમાં ચાર લિગેન્ડ જોડાયેલા હોવાથી તે સમતલીય સમચોરસ અથવા સમચતુષ્ફલકીય રચના ધરાવે છે. અહીં Ni ધાતુ અને Ni^{2+} ધાતુ-આયનની ઇલેક્ટ્રૉન-રચના અનુક્રમે $[Ar]3d^84s^2$ અને $[Ar]\ 3d^8$ છે. 3d-કક્ષકમાં રહેલા આઠ ઇલેક્ટ્રૉનની ગોઠવણી નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવેલી છે. કક્ષકોને ચોરસ ખાનાઓ વડે અને ઇલેક્ટ્રૉન ઊભા તીરથી નિશાની ↑ અથવા ↓ વડે દર્શાવેલા હોય છે.

	3d					4s	4p		
Ni [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓			
Ni^{2+} [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑				
$[Ni(CN)_4]^{2-}$ [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	××	××	××	××	

અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન $n = 0$ dsp^2 સંકરણ

તેથી $\mu = 0$ BM

એક જ ચોરસ ખાનામાં બે વિરુદ્ધ દિશાના ઊભા તીરની નિશાની ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ દર્શાવે છે, કે જેમાં બંને ઇલેક્ટ્રૉનનું ભ્રમણ એકબીજાથી વિરુદ્ધ દિશાનું છે. અહીં Ni^{2+} ધાતુ-આયન સાથે ચાર CN^- પ્રબળ લિગેન્ડ જોડાઈને સંકીર્ણ આયન બનાવે છે. દરેક CN^- પ્રબળ લિગેન્ડ એક ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ Ni^{2+} ધાતુ-આયનને આપે છે. તેથી Ni^{2+} ધાતુ-આયનને કુલ ચાર ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ ચાર લિગેન્ડના મળે છે.

જો $[Ni(CN)_4]^{2-}$ સંકીર્ણ આયનની રચના સમતલીય ચોરસ હોય, તો Ni^{2+} ધાતુ-આયનમાં dsp^2 પ્રકારનું સંકરણ થાય છે. આ માટે એક 3d-કક્ષક, એક 4s-કક્ષક અને બે 4p-કક્ષકો સંકરણમાં ભાગ લઈ ચાર સમાન શક્તિ ધરાવતી dsp^2 સંકર કક્ષકો ઉત્પન્ન કરે છે. આમ થવા માટે Ni^{2+} ધાતુ-આયનની 3d-કક્ષકોમાં રહેલાં આઠ ઇલેક્ટ્રૉનની CN^- જેવા પ્રબળ લિગેન્ડને કારણે ફેરગોઠવણી જરૂરી બને છે. જે બે 3d-કક્ષકોમાં એક-એક અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન છે, તેમાંથી એક 3d-કક્ષકમાંનો અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન બીજી એક અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવતી 3d-કક્ષકમાં પ્રવેશી ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ બનાવે છે. પરિણામે એક 3d-કક્ષક ખાલી થાય છે. **[નોંધ : CN^-, NH_3 અને CO જેવા પ્રબળ લિગેન્ડને કારણે ઇલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી દરમિયાન અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મિત બને છે.]** આ ખાલી થયેલી એક 3d-કક્ષક, એક 4s-કક્ષક અને બે 4p-કક્ષકો સંમિશ્રિત થઈ dsp^2 ચાર સંકર કક્ષકો 90^0ના ખૂણે સમતલીય સમચોરસ ગોઠવાય છે. આ રીતે ઉત્પન્ન થયેલી ચાર dsp^2 સંકર કક્ષકોમાં ચાર CN^- પ્રબળ લિગેન્ડમાંથી આવતા ચાર ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો ગોઠવાય છે. જેને ×× નિશાની વડે દર્શાવેલા છે. અહીં **$[Ni(CN)_4]^{2-}$ સંકીર્ણ આયન dsp^2 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે અને તેની બધી 3d-કક્ષકોમાં યુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન હોવાથી તે પ્રતિચુંબકીય બને છે. તેની ભૌમિતિક રચના સમતલીય સમચોરસ છે.**

$[NiCl_4]^{2-}$ સંકીર્ણ આયન : ટેટ્રાક્લોરાઇડો નિકલેટ (II) સંકીર્ણ આયનમાં Ni^{2+} ધાતુ-આયન સાથે ચાર Cl^- નિર્બળ લિગેન્ડ જોડાયેલા છે. CN^- પ્રબળ લિગેન્ડ Ni^{2+} ધાતુ-આયન સાથે વધુ આકર્ષણ ધરાવતો હોવાથી તેની નજીક આવે છે. જ્યારે Cl^- નિર્બળ લિગેન્ડ ઓછું આકર્ષણ ધરાવતો હોવાથી તેની નજીક આવતો નથી. તેથી Ni^{2+} ધાતુ-આયનની 3d-કક્ષકો ચાર Cl^- નિર્બળ લિગેન્ડ સાથે સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવવા શક્તિમાન નથી. આથી અહીં Ni^{2+} ધાતુ-આયનની 3d-કક્ષકોમાં રહેલાં ઇલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી જરૂરી બનતી નથી. અહીં એક 4s-કક્ષક અને ત્રણ 3p-કક્ષકો સંકરણમાં ભાગ લઈ ચાર સમાન શક્તિ ધરાવતી sp^3 સંકર કક્ષકો ઉત્પન્ન કરે છે, જે $109^028'$ના ખૂણે સમચતુષ્ફલકીય ગોઠવાય છે. જેમાં ચાર Cl^- નિર્બળ લિગેન્ડમાંથી આવતા ચાર ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો ગોઠવાય છે.

	3d					4s	4p		
Ni [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓			
Ni^{2+} [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑				
$[NiCl_4]^{2-}$ [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	××	××	××	××

અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન n = 2 sp^3 સંકરણ

તેથી μ = 2.83 BM

આમ થવાથી $[NiCl_4]^{2-}$ સંકીર્ણ આયન sp^3 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે અને તેની ભૌમિતિક રચના સમચતુષ્ફલકીય બને છે. આ સંકીર્ણ આયનની બે 3d-કક્ષકોમાં બે અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન હોવાથી તેની ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું સૈદ્ધાંતિક મૂલ્ય 2.83 BM થાય છે અને પ્રાયોગિક ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું મૂલ્ય 2.90 BM હોવાથી તે અનુચુંબકીય બને છે.

$[Fe(CN)_6]^{4-}$ સંકીર્ણ આયન (ફેરોસાયનાઇડ આયન) : હેક્ઝાસાયનો ફેરેટ (II) સંકીર્ણ આયનમાં Fe^{2+} ધાતુ-આયન સાથે છ CN^- પ્રબળ લિગેન્ડ જોડાયેલા હોવાથી તે અષ્ટફલકીય રચના ધરાવે છે. અહીં Fe ધાતુ અને Fe^{2+} ધાતુ-આયનની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અનુક્રમે [Ar] $3d^6 4s^2$ અને [Ar]$3d^6$ છે. 3d-કક્ષકમાં રહેલા છ ઇલેક્ટ્રૉનની ગોઠવણી નીચે દર્શાવેલી છે.

	3d					4s	4p		
Fe [Ar]	↑↓	↑	↑	↑	↑	↑↓			
Fe^{2+} [Ar]	↑↓	↑	↑	↑	↑				
$[Fe(CN)_6]^{4-}$ [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	××	××	××	××	××	××

અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન n = 0 d^2sp^3 સંકરણ

તેથી μ = 0 BM

Fe^{2+} ધાતુ-આયનમાં d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ થાય છે. આ સંકરણમાં અષ્ટફલકીય રચના મળે છે. d^2sp^3 પ્રકારના સંકરણમાં અંદરની 3d-કક્ષકો ભાગ લે છે.

d^2sp^3 સંકરણ થવા માટે Fe^{2+} ધાતુ-આયનમાં બે 3d-કક્ષકો ખાલી હોવી જોઈએ. આમ થવા માટે Fe^{2+} ધાતુ-આયનની 3d-કક્ષકોમાં રહેલાં છ ઇલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી જરૂરી બને છે. એટલે કે અહીં CN^- પ્રબળ લિગેન્ડ હોવાને કારણે 3d-કક્ષકોના કુલ છ ઇલેક્ટ્રૉનમાંથી ત્રણ ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ બનીને ત્રણ 3d-કક્ષકોમાં ગોઠવાય છે. પરિણામે ખાલી થયેલી બે 3d-કક્ષકો, એક 4s-કક્ષક અને ત્રણ 4p-કક્ષકો સંમિશ્રિત થઈ d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ કરે છે. આ રીતે ઉત્પન્ન થયેલી છ સમાન શક્તિ ધરાવતી d^2sp^3 સંકરકક્ષકો અષ્ટફલકીય ગોઠવાય છે. d^2sp^3 સંકર કક્ષકોમાં છ CN^- પ્રબળ લિગેન્ડમાંથી આવતા છ ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો ગોઠવાય છે. **અહીં $[Fe(CN)_6]^{4-}$ સંકીર્ણ આયન d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે અને તેની ભૌમિતિક રચના અષ્ટફલકીય છે. આ સંકીર્ણની 3d-કક્ષકોમાં ફક્ત યુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન હોવાથી તે પ્રતિચુંબકીય બને છે.**

$[Fe(CN)_6]^{3-}$ હેક્ઝાસાયનો ફેરેટ (III) આયન, (ફેરીસાયનાઇડ આયન) : હેક્ઝાસાયનોફેરેટ(III) સંકીર્ણ આયનમાં Feની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +3 છે અને તેનો સવર્ગ-આંક 6 છે. આ સંકીર્ણ સંયોજનમાં Fe^{3+} ધાતુ-આયન ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના [Ar] $3d^5$ છે. CN^- પ્રબળ લિગેન્ડ હોવાથી 3d-કક્ષકોમાં ઈલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી જરૂરી બને છે. 3d-કક્ષકમાં પાંચ ઈલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી થતાં 3d-કક્ષકમાં બે કક્ષકો યુગ્મિત બને છે અને એક 3d-કક્ષકમાં એક ઈલેક્ટ્રૉન અયુગ્મિત બને છે. જેથી 3d-કક્ષકોની બે, 4s-કક્ષકની એક અને 4p-કક્ષકોની ત્રણ કક્ષકોના સંમિશ્રણથી d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે. આ રીતે ઉત્પન્ન થયેલી છ સમાન શક્તિ ધરાવતી d^2sp^3 સંકર કક્ષકોમાં છ CN^- પ્રબળ લિગેન્ડમાંથી આવતા છ ઈલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો ગોઠવાય છે. અહીં $[Fe(CN)_6]^{3-}$ સંકીર્ણ આયન d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે.

	3d					4s	4p		
Fe^{3+} [Ar]	↑	↑	↑	↑	↑				

CN^- જેવા પ્રબળ લિગેન્ડને કારણે ઈલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી થતાં

	3d					4s	4p		
Fe^{3+} [Ar]	↑↓	↑↓	↑						
$[Fe(CN)_6]^{3-}$ [Ar]	↑↓	↑↓	↑	××	××	××	××	××	××

અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રૉન n = 1 d^2sp^3 સંકરણ

તેથી μ = 1.73 BM

$[Fe(CN)_6]^{3-}$ સંકીર્ણ આયન d^2sp^3 સંકરણ ધરાવે છે. તેની ભૌમિતિક રચના અષ્ટફલકીય છે. તેની 3d-કક્ષકમાં એક અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રૉન હોવાથી તે અનુચુંબકીય બને છે અને સૈદ્ધાંતિક ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું મૂલ્ય 1.73 BM થાય છે. પ્રાયોગિક મૂલ્ય લગભગ 1.8 BM છે.

$[FeF_6]^{3-}$ સંકીર્ણ આયન : હેક્ઝાફ્લોરાઇડોફેરેટ(III) આયનમાં Fe^{3+} ધાતુ-આયન સાથે છ F^- નિર્બળ લિગેન્ડ જોડાયેલા છે. આ સંકીર્ણ સંયોજનમાં Fe^{3+} ધાતુ-આયન સાથે છ F^- નિર્બળ લિગેન્ડ જોડાયેલા હોવાથી તે sp^3d^2 સંકરણ અને અષ્ટફલકીય રચના ધરાવે છે. આ સંકીર્ણ આયનમાં 3d-કક્ષકોમાં પાંચ અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રૉન હોવાથી અનુચુંબકીય બને છે. તેની ચુંબકીય ચાકમાત્રાનું સૈદ્ધાંતિક મૂલ્ય 5.92 BM થાય છે.

	3d					4s	4p			4d			
Fe [Ar]	↑↓	↑	↑	↑	↑	↑↓							
Fe^{3+} [Ar]	↑	↑	↑	↑	↑								
$[FeF_6]^{3-}$ [Ar]	↑	↑	↑	↑	↑	××	××	××	××	××	××		

અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રૉન n = 5 sp^3d^2 સંકરણ

તેથી μ = 5.92 BM

જો લિગેન્ડ પ્રબળ હોય તો 3d-કક્ષકોમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી થાય છે. પરંતુ અહીં F^- જેવો નિર્બળ લિગેન્ડ હોવાથી 3d-કક્ષકમાં રહેલાં પાંચ ઈલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી થતી નથી. તેથી 4s-કક્ષકની એક, 4p-કક્ષકોની ત્રણ અને 4d-કક્ષકોની બે એમ કુલ છ કક્ષકોનું સંમિશ્રણ થઈ sp^3d^2 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે અને છ સમાન શક્તિ ધરાવતી sp^3d^2 સંકરણ કક્ષકોમાં છ F^- નિર્બળ લિગેન્ડમાંથી આવતા છ ઈલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો ગોઠવાય છે. **અહીં $[FeF_6]^{3-}$ સંકીર્ણ**

આયન sp^3d^2 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે. તેથી ભૌમિતિક રચના અષ્ટફલકીય અને સંકીર્ણ અનુચુંબકીય બને છે. સામાન્ય રીતે d^2sp^3 સંકરણ કે sp^3d^2 સંકરણનો આધાર લિગેન્ડની પ્રબળતા પર રહેલો છે.

$[Co(NH_3)_6]^{3+}$ સંકીર્ણ આયન : હેક્ઝાએમાઇન કોબાલ્ટ (III) સંકીર્ણ આયનમાં કોબાલ્ટની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +3 છે. Co ધાતુ અને Co^{3+} ધાતુ-આયનની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અનુક્રમે $[Ar]3d^74s^2$ અને $[Ar]3d^6$ છે. અહીં Co^{3+} ધાતુ-આયનના છ ઇલેક્ટ્રૉન એક 3d-કક્ષકમાં યુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન તરીકે અને ચાર 3d-કક્ષકોમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન તરીકે રહેલા છે. જ્યારે છ NH_3 પ્રબળ લિગેન્ડના છ ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો Co^{3+} ધાતુ-આયનને આપી છ સવર્ગ-સહસંયોજક બનાવે છે ત્યારે Co^{3+} ધાતુ-આયનનું સંકરણ d^2sp^3 પ્રકારનું થવાથી સમાન શક્તિ ધરાવતી છ સંકર કક્ષકોમાં છ NH_3 પ્રબળ લિગાન્ડના છ ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો ગોઠવાય છે. અહીં d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ થવા માટે બે 3d-કક્ષકો ખાલી થવી જોઈએ. NH_3 પ્રબળ લિગેન્ડને કારણે 3d-કક્ષકોમાં ઇલેક્ટ્રૉનની ફેરગોઠવણી કરવાથી છ ઇલેક્ટ્રૉન ત્રણ 3d-કક્ષકોમાં ગોઠવાઈ યુગ્મિત બને છે અને બે 3d-કક્ષકો ખાલી રહે છે. 3d-કક્ષકોની બે, 4s-કક્ષકની એક અને 4p-કક્ષકોની ત્રણ કક્ષકોનું સંમિશ્રણ થઈ d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ થવાથી છ સમાન શક્તિ ધરાવતી છ સંકર કક્ષકો અષ્ટફલકીય ગોઠવાય છે.

	3d					4s	4p		
Co [Ar]	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓			
Co^{3+} [Ar]	↑↓	↑	↑	↑	↑				
$[Co(NH_3)_6]^{3+}$ [Ar]	↑↓	↑↓	↑↓	××	××	××	××	××	××

અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન n = 0 d^2sp^3 સંકરણ

પ્રતિચુંબકીય μ = 0 BM

અહીં $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ સંકીર્ણ d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ ધરાવે છે. સંકીર્ણ અષ્ટફલકીય બને છે. 3d-કક્ષકોમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન ન હોવાથી સંકીર્ણ પ્રતિચુંબકીય બને છે.

$[MnO_4]^-$ સંકીર્ણ આયન : ટેટ્રાઑક્સો મૅંગેનેટ (VII) સંકીર્ણ આયનમાં Mn^{7+} ધાતુ-આયન સાથે ચાર O^{2-} નિર્બળ લિગેન્ડ જોડાયેલા હોવાથી તે સમચતુષ્ફલકીય રચના ધરાવે છે. અહીં Mn ધાતુ અને Mn^{7+} ધાતુ-આયનની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અનુક્રમે $[Ar]3d^54s^2$ અને $[Ar]3d^04s^0$ છે. અહીં 3d-કક્ષકો અને 4s-કક્ષક ખાલી રહેલી છે. Mn^{7+} ધાતુ-આયનમાં 4s-કક્ષકની એક અને 3d-કક્ષકોની ત્રણ કક્ષકોનું સંમિશ્રણ થઈ d^3s પ્રકારનું સંકરણ થાય છે. d^3s સંકરણમાં સમાન શક્તિ ધરાવતી ચાર સંકર કક્ષકો સમચતુષ્ફલકીય ગોઠવાય છે. ચાર ઑક્સિજન આયનના ચાર ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મો સંકર કક્ષકોમાં સવર્ગ સહસંયોજકબંધ રચે છે.

	3d					4s	4p		
Mn [Ar]	↑	↑	↑	↑	↑	↑↓			
Mn^{7+} [Ar]									
MnO_4^- [Ar]			××	××	××	××			

d^3s સંકરણ

$[MnO_4]^-$ સંકીર્ણ આયનમાં d^3s પ્રકારનું સંકરણ થાય છે. સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવેલા O^{2-} નિર્બળ લિગેન્ડના ઈલેક્ટ્રૉન d-કક્ષકમાં d-d સંક્રાંતિ પામે છે, જેથી MnO_4^- માં Mn^{7+} માં અયુગ્મિત ઈલેક્ટ્રૉન ન હોવા છતાં રંગીન આયન આપે છે.

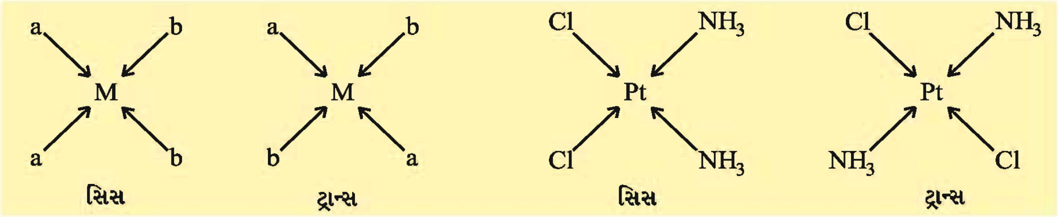
4.10 સંકીર્ણ સંયોજનોમાં સમઘટકતા (Isomerism in Complex Compounds)

જે સંકીર્ણ સંયોજનોનાં આણ્વિયસૂત્ર સમાન હોય પરંતુ બંધારણીય સૂત્ર જુદા હોય તો તેને એકબીજાના સમઘટકો કહે છે. કેટલાક સંકીર્ણ સંયોજનો ભૌમિતિક સમઘટકતા, પ્રકાશસમઘટકતા અને બંધારણીય સમઘટકતા ધરાવે છે.

ભૌમિતિક સમઘટકતા : ભૌમિતિક સમઘટકતા સામાન્ય રીતે સમચોરસ અને અષ્ટફલકીય સંકીર્ણ આયનોમાં જોવા મળે છે. જો ધાતુ-આયનને જોડાયેલા બે સમાન લિગેન્ડ એકબીજાથી નજીકના સ્થાનમાં હોય, તો તેને સિસ (cis) સમઘટક અને એકબીજાથી વિરુદ્ધના સ્થાનમાં હોય, તો તેને ટ્રાન્સ (trans) સમઘટક કહે છે.

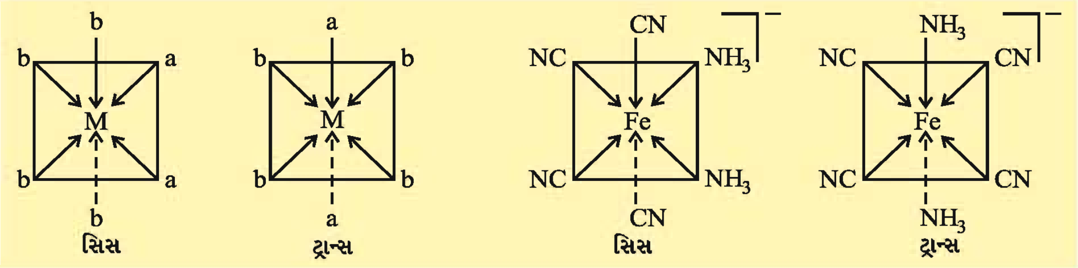
જો સમચોરસ રચનામાં M ધાતુ-આયન તથા a અને b પ્રકારના બે જુદા લિગેન્ડ હોય, તો બે ભૌમિતિક સમઘટકતા સિસ અને ટ્રાન્સ ઉદ્ભવે છે.

દા.ત., $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$



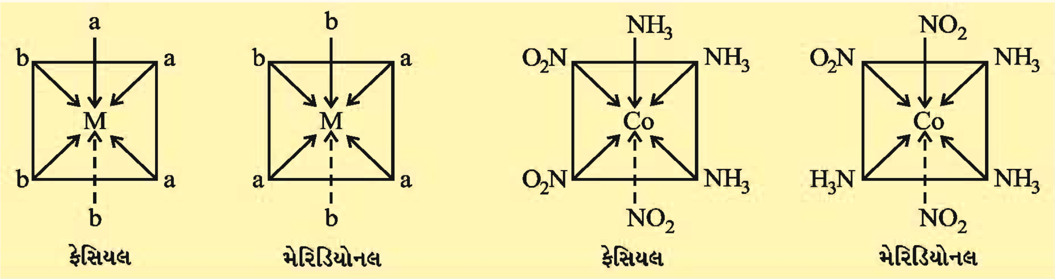
જો અષ્ટફલકીય રચનામાં M ધાતુ-આયન હોય અને a પ્રકારના બે લિગેન્ડ તથા b પ્રકારના ચાર લિગેન્ડ હોય તો બે પ્રકારની ભૌમિતિક સમઘટકતા-સિસ અને ટ્રાન્સ ઉદ્ભવે છે.

દા.ત., $[Fe(NH_3)_2(CN)_4]^-$



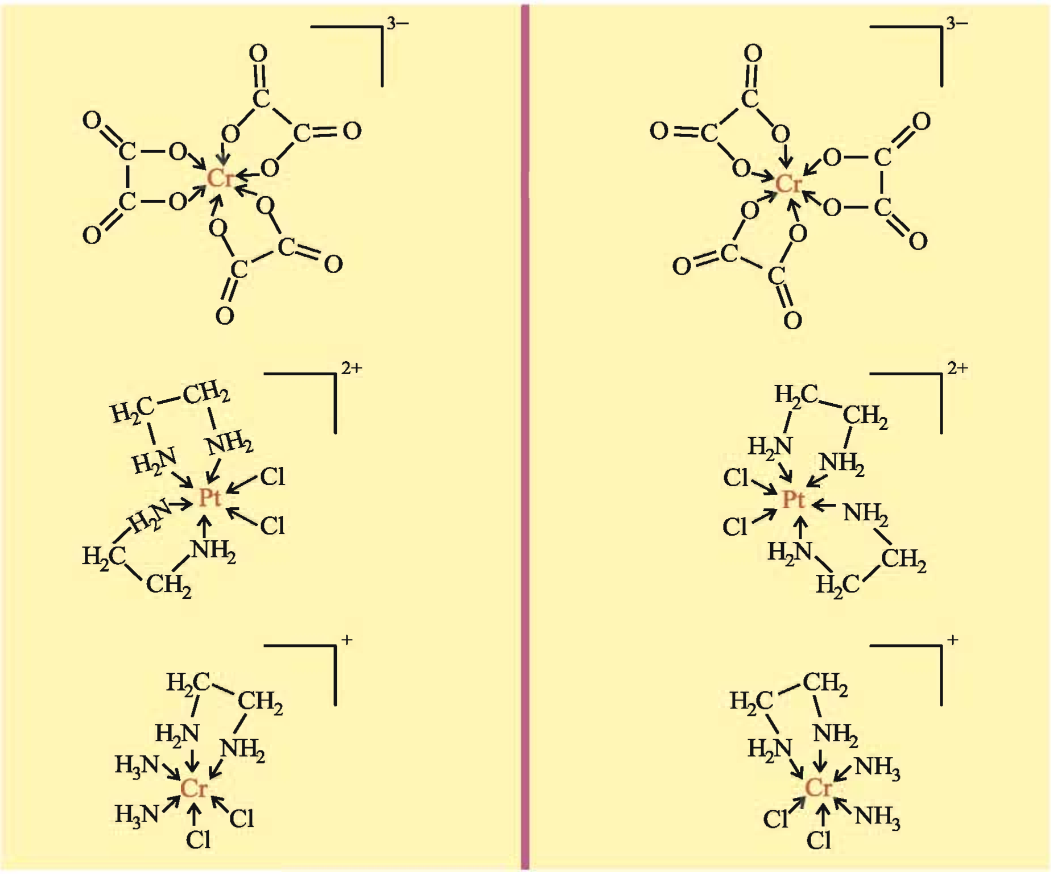
જો અષ્ટફલકીય રચનામાં M ધાતુ-આયન હોય અને a અને b બંને પ્રકારના ત્રણ લિગેન્ડ હોય, તો બે પ્રકારની ભૌમિતિક સમઘટકતા-ફેસિયલ (facial) અને મેરિડિયોનલ (meridional) ઉદ્ભવે છે.

દા.ત., $[Co(NH_3)_3(NO_2)_3]$



પ્રકાશ સમઘટકતા : પ્રકાશ સમઘટકતા સામાન્ય રીતે અષ્ટફલકીય સંકીર્ણ કિલેટ આયનોમાં જોવા મળે છે. જે સંકીર્ણ સંયોજનોનાં આણ્વિયસૂત્ર અને બંધારણીય સૂત્ર સમાન હોય, પરંતુ તેમાં રહેલા લિગેન્ડની દિશાકીય ગોઠવણીને કારણે ઉદ્ભવતા બે સમઘટકો એકબીજાને પ્રતિબિંબી હોય અને આ બે સમઘટકોનું પ્રત્યારોપણ એકબીજા ઉપર નહિ થવાથી આ પ્રકારના સંકીર્ણ આયનો કિરાલિટીનો (Chirality) ગુણધર્મ ધરાવે છે. આ બે સમઘટકોને પ્રકાશ સમઘટકો કહે છે. **આ બે સમઘટકો વચ્ચેનો મુખ્ય તફાવત એ છે કે બંને સમઘટકો સમતલીય ધ્રુવીભૂત પ્રકાશનું (Plane polarised light) ડાબી અથવા જમણી તરફ એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશામાં કોણાવર્તન કરે છે.** જો ડાબી તરફ કોણાવર્તન કરે તો તે સમઘટક વામભ્રમણીય *l* (levo) અથવા (–) અને જમણી તરફ કોણાવર્તન કરે તો તે સમઘટક દક્ષિણભ્રમણીય *d* (dextro) અથવા (+) કહેવાય છે. વામભ્રમણીય અને દક્ષિણભ્રમણીય સમઘટકોના સમપ્રમાણ મિશ્રણને રેસિમિક (recemic) d*l* અથવા (±) મિશ્રણ કહે છે.

દા.ત., $[Cr(C_2O_4)_3]^{3-}$, સિસ– $[PtCl_2(en)_2]^{2+}$, $[CrCl_2(NH_3)_2(en)]^{+}$

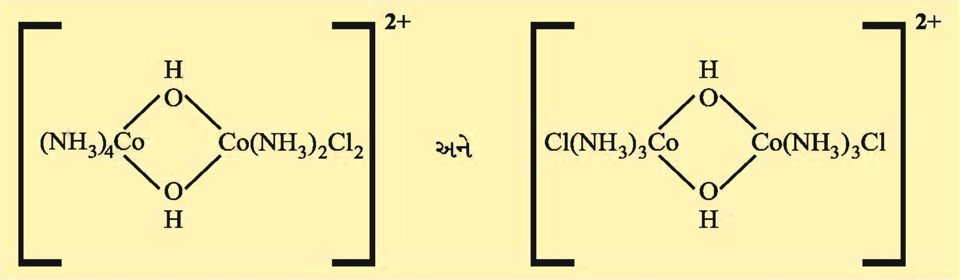


બંધારણીય સમઘટકતા : બંધારણીય સમઘટકતામાં જુદા જુદા બંધોના પ્રકાર અને જુદી જુદી ભૂમિતીય ગોઠવણોને કારણે કાર્બનિક સંયોજનો કરતાં પણ અનેક વિવિધ પ્રકારની સમઘટકતા સંકીર્ણ (સવર્ગ) સંયોજનોમાં જોવા મળે છે : (i) બંધનીય સમઘટકતા (ii) કો-ઑર્ડિનેશન સમઘટકતા (iii) આયનીય સમઘટકતા (iv) જલયોજન સમઘટકતા

(i) બંધનીય સમઘટકતા : NO_2^- આયન ધાતુ આયન સાથે નાઇટ્રોજન પરમાણુ દ્વારા સવર્ગ (કો-ઑર્ડિનેશન) પામી નાઇટ્રો ($-NO_2$) લિગેન્ડ તરીકે વર્તે અથવા ગમે તે એક ઑક્સિજન દ્વારા કો-ઑર્ડિનેશન પામી નાઇટ્રાઇટો (– O · NO) લિગેન્ડ તરીકે વર્તે. આ પ્રમાણે જુદા જુદા પરમાણુ દ્વારા બંધન પામી એક જ લિગેન્ડ સમઘટકો બનાવે છે. કેટલાંક ઉદાહરણ નીચે આપવામાં આવ્યા છે.

$[Co(NO_2)(NH_3)_5]^{2+}$ પેન્ટાએમ્માઇનનાઇટ્રોકોબાલ્ટ(III) આયન અને $[Co(O \cdot NO)(NH_3)_5]^{2+}$ પેન્ટા એમ્માઇન નાઇટ્રાઇટો કોબાલ્ટ (III) આયન. $[Co(NO_2)(NH_3)_5]Cl_2$ પીળો બદામી રંગનો અને $[Co(O \cdot NO)(NH_3)_5]Cl_2$ લાલ રંગનો હોય છે. તે જ રીતે CNS^- આયન નાઇટ્રોજન કે સલ્ફર દ્વારા કો-ઑર્ડિનેશન પામી જુદા જુદા સમઘટક આપી શકે છે. $[Mn(CO)_5SCN]^+$ અને $[Mn(CO)_5NCS]^+$.

(ii) કો-ઑર્ડિનેશન સમઘટકતા : **જ્યારે કો-ઑર્ડિનેશન સંયોજનોમાં ધનાયન અને ઋણ આયન બંને સંકીર્ણ આયન હોય ત્યારે કો-ઑર્ડિનેશન વર્તુળના બંને ભાગોમાંની લિગેન્ડ વચ્ચે હેરફેર થઈ સમઘટકો બને છે.** દા.ત., $[Co(NH_3)_6]^{3+}[Cr(CN)_6]^{3-}$ અને $[Cr(NH_3)_6]^{3+}[Co(CN)_6]^{3-}$ તથા $[Cu(NH_3)_4]^{2+}[PtCl_4]^{2-}$ અને $[Pt(NH_3)_3]^{2+}[CuCl_4]^{2-}$ આ પ્રકારની સમઘટકતા જ્યારે ધાતુ-આયન બે જુદી જુદી ઑક્સિડેશન સ્થિતિઓમાં હોય ત્યારે પણ જોવા મળે છે. દા.ત., $[Pt^{II}(NH_3)_4][Pt^{IV}Cl_6]$ અને $[Pt^{IV}(NH_3)_4Cl_2][Pt^{II}Cl_4]$ **વિશિષ્ટ પ્રકારની કો-ઑર્ડિનેશન સમઘટકતા સ્થાન સમઘટકતા કહેવામાં આવે છે, જે ચક્રીય સંકીર્ણ સંયોજનોમાં જોવા મળે છે.**



(iii) આયનીય સમઘટકતા : **જે સંયોજનોનું વજનથી તથા ઘટકોના પ્રમાણથી બંધારણ સરખું હોય પરંતુ દ્રાવણમાં જુદા જુદા આયનો આપે તે પ્રકારની સમઘટકતાને આયનીય સમઘટકતા કહે છે.** દા.ત.,

$[Co(NH_3)_5NO_3]Cl$ અને $[Co(NH_3)_5Cl]NO_3$

$[Pt(NH_3)_4Cl_2]Br_2$ અને $[Pt(NH_3)_4Br_2]Cl_2$

$[Cr(NH_3)_4Cl_2]NO_2$ અને $[Cr(NH_3)_4Cl \cdot NO_2]Cl$

(iv) જલયોજન સમઘટકતા : સાચી રીતે આ પ્રકારની સમઘટકતા આયનીકરણ સમઘટકતાનો વિશિષ્ટ પ્રકાર છે. $CrCl_36H_2O$ના ત્રણ સમઘટકીય રૂપો જાણીતા છે.

(a) **$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ (જાંબલી)** : તેને H_2SO_4 પર રાખતાં પાણી ગુમાવતો નથી અને $3Cl^-$ આયનો $3Ag^+$ આયનો સાથે અવક્ષેપનમાં ભાગ લે છે.

(b) **$[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2 \cdot H_2O$ (રાખોડી લીલો)** : તેને H_2SO_4 પર રાખતાં પાણીનો એક અણુ ગુમાવે છે અને $2Cl^-$ આયનો $2Ag^+$ આયનો સાથે અવક્ષેપનમાં ભાગ લે છે.

(c) **$[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl \cdot 2H_2O$ (લીલો)** : તેને H_2SO_4 પર રાખતાં પાણીનાં બે અણુ ગુમાવે છે અને Cl^- આયન Ag^+ આયન સાથે અવક્ષેપનમાં ભાગ લે છે. અહીં આયનીકરણ તથા જલયોજન સમઘટકતા બંને જોવા મળે છે. આવા સમઘટકોમાં ભૌતિક રાસાયણિક તથા રંગના ગુણધર્મોમાં ફેરફાર જોવા મળે છે.

સંયોજકતા બંધન સિદ્ધાંતની મર્યાદા (Limitations of Valence Bond Theory) : સવર્ગ સંયોજનોનું નિર્માણ થાય ત્યારે ચુંબકીય પ્રકૃતિ અને બંધારણીય રચનામાં સંયોજકતા બંધ સિદ્ધાંત મોટા પાયે અપનાવાય છે. તે નીચેની મર્યાદાઓ ધરાવે છે :

(i) તે કેટલીક ધારણાઓ ધરાવે છે.

(ii) તે ચુંબકીય માહિતીનું માત્રાત્મક અર્થઘટન કરી શકતો નથી.

(iii) તે સવર્ગ સંયોજનોના રંગ વિશે સમજાવી શકતો નથી.

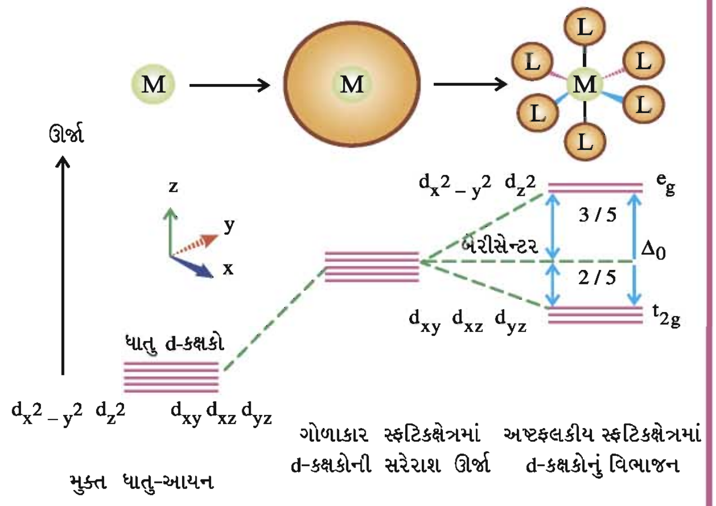
(iv) તે સવર્ગ સંયોજનોની ઉષ્માગતિકીય અથવા ગતિકીય સ્થાયિતાનું માત્રાત્મક અર્થઘટન કરી શકતો નથી.

(v) ચાર સવર્ગાંકવાળા સંકીર્ણની ચતુષ્ફલકીય કે સમતલીય સમચોરસ રચનાઓ વિશે ચોક્કસ આગાહી (પ્રાક્કથન) કરી શકતો નથી.

(vi) તે નિર્બળ અને પ્રબળ લિગેન્ડ વચ્ચેનો ભેદ દર્શાવી શકતો નથી.

4.11 સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદ (Crystal Field Theory)

સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદ (CFT) સ્થિર વિદ્યુતીય (electrostatic) મૉડલ તરીકે ઓળખાય છે કે જેમાં ધાતુ અને લિગેન્ડ વચ્ચે આયનીય બંધ છે તેમ માનવામાં આવે છે. આ સિદ્ધાંત મુજબ, ઋણ વીજભારિત લિગેન્ડ અથવા ધ્રુવીય તટસ્થ અણુ, ધાતુ-આયન સાથે આયનીય બંધ બનાવે છે. સ્વતંત્ર વાયુ સ્વરૂપ ધાતુ પરમાણુ કે આયનમાં પાંચેય પ્રકારની d-કક્ષકો સમશક્તિક હોય છે. જુઓ આકૃતિ 4.3 વધુમાં જો ધાતુ પરમાણુ કે આયનની ફરતે સંમિતિ ધરાવતું ગોળાકાર ઋણ વિજભારિત ક્ષેત્ર આવેલું હોય તોપણ d-કક્ષકો સમશક્તિક જ રહે છે. જુઓ આકૃતિ 4.3. પરંતુ સંકીર્ણમાં જ્યારે ધાતુ પરમાણુ કે આયનની આસપાસ લિગેન્ડ ગોઠવાયેલા હોય ત્યારે d-કક્ષકો સમશક્તિક રહેતી નથી પણ વિભાજન પામે છે. જુઓ આકૃતિ 4.3. કક્ષકોનું વિભાજન સ્ફટિક ક્ષેત્રની પ્રકૃતિ પર આધાર રાખે છે.



આકૃતિ 4.3 d-કક્ષકોનું અષ્ટફલકીય સંકીર્ણમાં વિભાજન

(A) અષ્ટફલકીય સંકીર્ણમાં સ્ફટિક ક્ષેત્રીય વિભાજન : અષ્ટફલકીય સંકીર્ણમાં ધાતુ પરમાણુ કે આયનની આસપાસ છ લિગેન્ડ આવેલા હોય છે. અહીં ધાતુની d-કક્ષકોના ઇલેક્ટ્રૉન અને લિગેન્ડના ઇલેક્ટ્રૉન વચ્ચે (અથવા ઋણ આયન વચ્ચે) અપાકર્ષણ થાય છે. આ અક્ષો ઉપર ગોઠવાયેલી $d_{x^2-y^2}$ તથા d_{z^2} કક્ષકો લિગેન્ડ સાથે વધુ અપાકર્ષણ અનુભવે છે. તેથી તેમની શક્તિ વધે છે. જ્યારે અક્ષો વચ્ચે ગોઠવાયેલી d_{xy}, d_{yz}, d_{xz} કક્ષકો લિગેન્ડ સાથે ઓછું અપાકર્ષણ અનુભવે છે. તેથી તેમની શક્તિ ગોળાકાર સ્ફટિક ક્ષેત્રની સરેરાશ ઊર્જાની સાપેક્ષ ઘટે છે. આ કક્ષકોનું સમશક્તિત્વ દૂર થતાં નીચી શક્તિ t_{2g} ધરાવતી ત્રણ કક્ષકો અને ઊંચી શક્તિ e_g ધરાવતી બે કક્ષકો પરિણમે છે. આ પ્રકારની ઘટનાને સ્ફટિક ક્ષેત્ર વિભાજન કહે છે. અષ્ટફલકીય સંકીર્ણમાં જોવા મળતું કક્ષકોની ઊર્જાનું વિભાજન Δ_0 દ્વારા દર્શાવાય છે. આમ, બે e_g કક્ષકોની ઊર્જામાં $\frac{3}{5}\Delta_0$ જેટલો વધારો થશે અને ત્રણ t_{2g} કક્ષકોની ઊર્જામાં $\frac{2}{5}\Delta_0$ જેટલો ઘટાડો થશે.

સ્ફટિક ક્ષેત્ર વિભાજન (Δ_0), ધાતુ આયનના વીજભાર અને લિગેન્ડ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા ક્ષેત્ર પર આધાર રાખે છે. કેટલાક લિગેન્ડ પ્રબળ ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે જેથી કક્ષકોનું વિભાજન વધુ પ્રમાણમાં થાય, જ્યારે કેટલાક લિગેન્ડ નિર્બળ ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. જેથી કક્ષકોનું વિભાજન ઓછા પ્રમાણમાં થાય. સામાન્ય રીતે, લિગેન્ડ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા ક્ષેત્રની પ્રબળતામાં થતા વધારાને આધારે લિગેન્ડની શ્રેણી નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય :

$I^- < Br^- < SCN^- < Cl^- < S^{2-} < F^- < OH^- < C_2O_4^{2-} < H_2O < NCS^- < EDTA^{4-} < NH_3$
$< en < NO_2^- < CN^- < CO$

ઉપરોક્ત શ્રેણીને સ્પેક્ટ્રોકેમિકલ શ્રેણી કહે છે. અષ્ટફલકીય સંકીર્ણમાં જો ધાતુ-આયનનાં d-કક્ષકોમાં 1, 2 અથવા 3 ઇલેક્ટ્રૉન હોય તો તેમની ગોઠવણી નીચી શક્તિ ધરાવતી t_{2g} કક્ષકોમાં હુન્ડના નિયમ પ્રમાણે થશે, પરંતુ જો d-કક્ષકોમાં 4 ઇલેક્ટ્રૉન (d^4) હોય તો નીચે પ્રમાણેની બે શક્યતાઓ રહેલી છે :

(i) ચોથો ઇલેક્ટ્રૉન t_{2g} કક્ષકોમાં આવેલા કોઈ એક e^- નું યુગ્મીકરણ કરી ગોઠવાશે.

(ii) ચોથો ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મીકરણની ઊર્જા આપવાનું અવગણીને e_g કક્ષકમાં ગોઠવાશે.

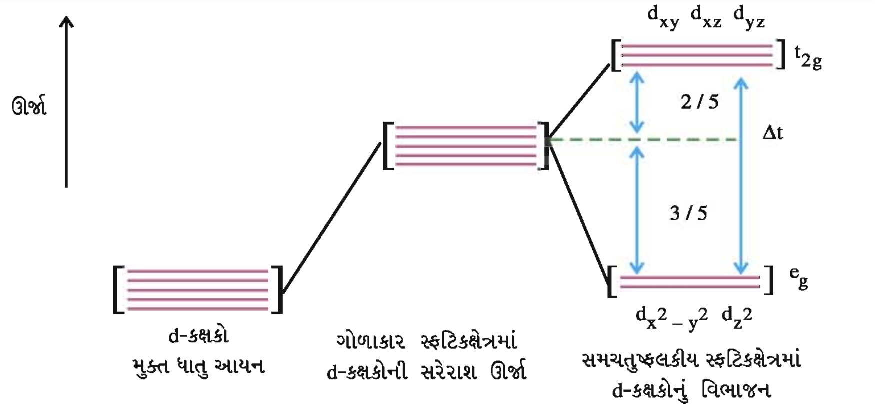
ઉપરોક્ત બે શક્યતાઓ પૈકી કઈ શક્યતા સંભવી શકે તેનો આધાર સ્ફટિક ક્ષેત્ર વિભાજન (Δ_0) અને યુગ્મીકરણ ઊર્જા (P)ની સાપેક્ષ માત્રા પર આધારિત છે.

(a) જો $\Delta_0 < P$ હોય તો ચોથો ઇલેક્ટ્રૉન e_g કક્ષકમાં ગોઠવાશે. તેથી ઇલેક્ટ્રૉનીય બંધારણ $t_{2g}^3\ e_g^1$ થાય. નિર્બળ ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરતાં લિગેન્ડ માટે $\Delta_0 < P$ હોય છે અને ઊંચી સ્પિન ધરાવતા સંકીર્ણ બનાવે છે.

(b) જો $\Delta_0 > P$ હોય તો ચોથો ઇલેક્ટ્રૉન t_{2g} કક્ષકમાં ગોઠવાશે તેથી ઇલેક્ટ્રૉનીય બંધારણ $t_{2g}^4\ e_g^0$ થાય. પ્રબળ ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરતા લિગેન્ડ માટે $\Delta_0 > P$ હોય છે અને નીચી સ્પિન ધરાવતા સંકીર્ણ બનાવે છે.

પ્રાયોગિક પુરાવાઓ દર્શાવે છે કે d^4થી d^7 ઇલેક્ટ્રૉનીય-રચના ધરાવતા સંકીર્ણ માટે નિર્બળ ક્ષેત્ર કરતાં પ્રબળ ક્ષેત્ર ધરાવતા લિગેન્ડ વધુ સ્થાયિતા આપે છે.

(B) સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણમાં સ્ફટિક ક્ષેત્ર વિભાજન : સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણની રચના વખતે d-કક્ષકોનું વિભાજન અષ્ટફલકીય કરતાં વિરુદ્ધનું હોય છે. અષ્ટફલકીયની જેમ એ સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણ સમાન ધાતુ, લિગેન્ડ અને ધાતુ-લિગેન્ડ અંતર ધરાવતું હોય તો $\Delta_t = \frac{4}{9}\Delta_0$ થાય છે. તેથી Δ_tનું મૂલ્ય પૂરતા પ્રમાણમાં વધારે ન હોવાથી ઇલેક્ટ્રૉનનું યુગ્મીકરણ થતું નથી. તેથી નીચી સ્પિન બહુ ઓછા પ્રમાણમાં જોવા મળે છે. સમચતુષ્ફલકીય સંકીર્ણમાં d-કક્ષકોનું વિભાજન નીચેની આકૃતિ 4.4માં દર્શાવેલ છે



આકૃતિ 4.4 d-કક્ષકમાં સમચતુષ્ફલકીયમાં સ્ફટિક ક્ષેત્ર વિભાજન

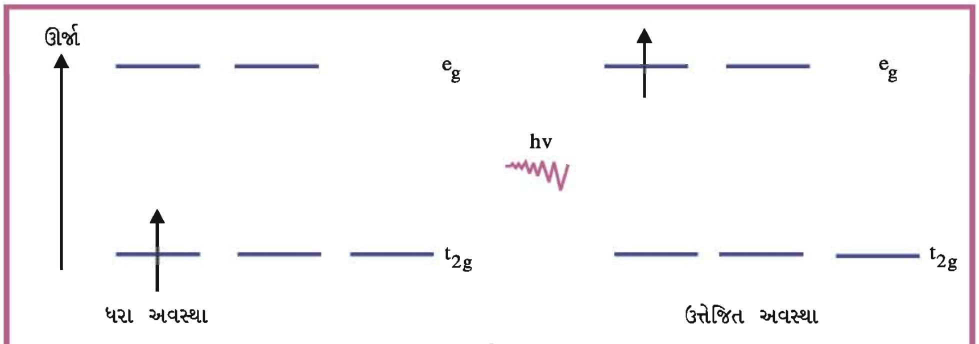
સવર્ગ સંયોજનોમાં રંગ : આપણે અગાઉ અભ્યાસ કર્યો કે સંક્રાંતિ ધાતુ સંકીર્ણોમાં જોવા મળતી રંગની વિવિધતા, જે તેમનો વિશિષ્ટ ગુણધર્મ છે. તેનો અર્થ એવો થયો કે **જ્યારે સફેદ પ્રકાશ તે નમૂનામાંથી પસાર થાય છે ત્યારે ચોક્કસ રંગના દૃશ્ય વર્ણપટ રચે છે, બાકીના રંગ સફેદ પ્રકાશમાંથી દૂર થાય છે. આથી પ્રકાશ લાંબા સમય સુધી સફેદ પ્રકાશ મળી આવતો નથી.** સંકીર્ણ દ્વારા રંગનું શોષણ એક પૂરક બાબત છે. પૂરક રંગ, જે તરંગલંબાઈને આધારિત હોય છે, જો સંકીર્ણ દ્વારા લીલા પ્રકાશનું શોષણ થાય તો તે લાલ રંગનો દેખાય.

કોષ્ટક 4.5માં વિવિધ શોષિત તરંગલંબાઈ અને અવલોકિત રંગ દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 4.5 કેટલાક સવર્ગ સંયોજનોના અવશોષિત પ્રકાશ તરંગલંબાઈ અને અવલોકિત રંગ

સવર્ગ સંયોજનો	અવશોષિત પ્રકાશ તરંગલંબાઈ (nm)	અવશોષિત પ્રકાશ રંગ	સવર્ગ સંયોજનોના અવલોકિત રંગ
$[CoCl(NH_3)_3]^{2+}$	535	પીળો	જાંબલી
$[Co(NH_3)_3(H_2O)]^{3+}$	500	ભૂરો લીલો	લાલ
$[Co(NH_3)_6]^{3+}$	475	ભૂરો	પીળાશપડતો નારંગી
$[Co(CN)_6]^{3+}$	310	પારજાંબલી	આછો પીળો
$[Cu(H_2O)]^{2+}$	600	લાલ	ભૂરો
$[Ti(H_2O)_6]^{3+}$	498	ભૂરો લીલો	આછો જાંબલી

સવર્ગ સંયોજનોના રંગને સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદ આધારે સમજાવાય છે. દા.ત., $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$, જેનો જાંબલી રંગ છે. આ અષ્ટફલકીય સંકીર્ણ છે, જેમાં d-કક્ષકમાંનો એક ઇલેક્ટ્રૉન ધાતુ-આયન કે સંકીર્ણમાંથી t_{2g} સ્તરે આધાર સ્થિતિમાં હોય છે. (એક ઇલેક્ટ્રૉન Ti^{3+} તે $3d^1$ તંત્રનો છે.) ઉચ્ચ સ્તરમાં e_g સ્તર ઇલેક્ટ્રૉનને અભાવે ખાલી હોય છે. જો પ્રકાશ-શક્તિ પીળા-લીલા પ્રકાશનું શોષણ સંકીર્ણ દ્વારા થાય, તો તે ઇલેક્ટ્રૉન t_{2g} સ્તરમાંથી e_g સ્તરમાં દાખલ થાય. ($t_{2g}^1e_g^0 \rightarrow t_{2g}^0e_g^1$). આથી જ સંકીર્ણ જાંબલી રંગ દર્શાવે છે. જુઓ આકૃતિ 4.5.



આકૃતિ 4.5 $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$માં ઇલેક્ટ્રૉનનું સંક્રમણ

અહીં એક બાબત નોંધવી જરૂરી છે કે, લિગેન્ડની ગેરહાજરીમાં સ્ફટિક ક્ષેત્ર વિભાજન થતું નથી. તેથી પદાર્થ રંગવિહીન હોય છે. જેમ કે $[Ti(H_2O)_6]Cl_3$ને ગરમ કરતાં પાણી દૂર થાય છે. તેથી તે રંગવિહીન પદાર્થમાં ફેરવાય છે. તે જ રીતે, નિર્જળ $CuSO_4$ સફેદ રંગનો હોય છે પરંતુ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ વાદળી રંગનો હોય છે.

લિગેન્ડની સંકીર્ણમાં રંગ ઉપર થતી અસર $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ના ઉદાહરણ દ્વારા સમજાવી શકાય. આ સંકીર્ણ $NiCl_2$ને પાણીમાં ઓગાળતાં બને છે. હવે જો દ્વિદંતીય લિગેન્ડ, ઇથેન-1, 2-ડાયેમાઇન (en) ધીમે ધીમે એવી રીતે

ઉમેરવામાં આવે છે કે જેથી સંકીર્ણમાં en અને Niનો મોલર ગુણોત્તર (en : Ni), 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1 થાય તો તેને અનુરૂપ સંકીર્ણના રંગમાં નીચે મુજબ ફેરફાર થાય છે :

$$[Ni(H_2O)_6]^{2+}(aq) + en(aq) = [Ni(H_2O)_4(en)]^{2+}(aq) + 2H_2O$$

લીલો   આછો ભૂરો

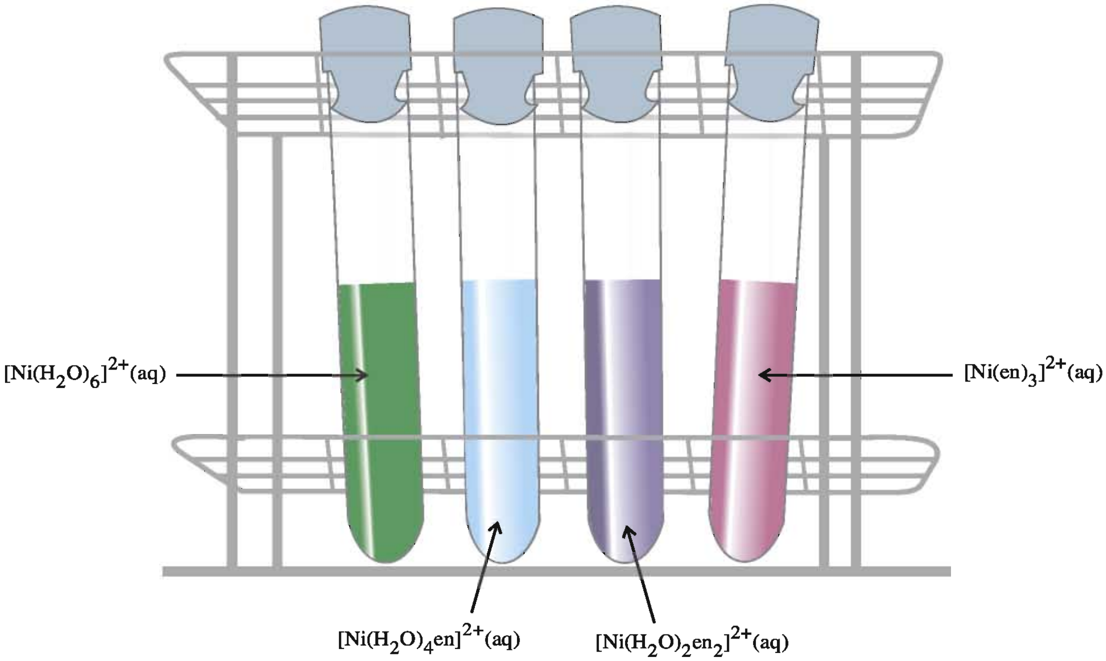
$$[Ni(H_2O)_4(en)]^{2+}(aq) + en(aq) = [Ni(H_2O)_2(en)_2]^{2+}(aq) + 2H_2O$$

ભૂરો / આછો જાંબલી

$$[Ni(H_2O)_2(en)_2]^{2+}(aq) + en(aq) = [Ni(en)_3]^{2+}(aq) + 2H_2O$$

જાંબલી

આ રંગની શ્રેણી આકૃતિ 4.6માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 4.6 ઈથેન-1,2-ડાયએમાઈન લિગેન્ડની સંખ્યામાં વધારા સાથે નિકલ(II)ના સંકીર્ણોનાં જલીય દ્રાવણો

સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદની મર્યાદાઓ : સ્ફટિક ક્ષેત્ર મૉડલ દ્વારા સવર્ગ સંયોજનોમાં ચુંબકીય ગુણધર્મો, રંગ અને બંધારણનું નિર્માણ સફળતાથી સમજાવી શકાય છે. લિગેન્ડના વીજભાર અને આયનીય લિગેન્ડમાં ઘણી વિવિધતાની અસર જોવા મળે છે. એનાયનીય લિગેન્ડનું સ્થાન સ્પૅક્ટ્રોકેમિકલ શ્રેણીમાં નીચેના છેડે મળે છે. વળી તે લિગેન્ડ અને કેન્દ્રસ્થ પરમાણુના બંધનમાં સહસંયોજક ગુણધર્મ હોતો નથી. આમ, CFTની ઉપરોક્ત મર્યાદાઓ અને આણ્વિય કક્ષકવાદના અભ્યાસનું ક્ષેત્ર વિકસાવે છે.

સવર્ગ સંયોજનોનું મહત્ત્વ અને તેની ઉપયોગિતા : સવર્ગ સંયોજનોનું ખૂબ જ મહત્ત્વ છે. આ સંયોજનો વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં ખનીજ પોષકતત્ત્વ માટે ખૂબ જ ઉપયોગી છે અને પૃથક્કરણીય રસાયણવિજ્ઞાનમાં પણ ખૂબ જ અગત્ય ધરાવે છે. ધાતુશાસ્ત્ર (metallurgy) જૈવિક તંત્રો, ઉદ્યોગોમાં અને ઔષધમાં ઉપયોગિતા ધરાવે છે. તેઓને આ પ્રમાણે વર્ણવી શકાય.

- સવર્ગ સંયોજનો માત્રાત્મક અને ગુણાત્મક રીતે રાસાયણિક પૃથક્કરણમાં ઉપયોગી છે. ધાતુ-આયનો સાથે લિગેન્ડની સંખ્યાને આધારે તેમની પ્રક્રિયાથી ઉદ્ભવતા રંગથી જાણકાર છીએ. ખાસ કરીને કિલેટિંગ લિગેન્ડ (Chelating ligands). આ સવર્ગ સંયોજનોના પરિણામે શાસ્ત્રીય અને વિવિધ સાધનની પદ્ધતિઓ દ્વારા તેના પ્રમાણની જાણકારી તેમજ પૃથક્કરણ થઈ શકે છે. દા.ત., EDTA, DMG (ડાયમિથાઇલ ગ્લાયોક્ઝાઇમ), α-નાઇટ્રોસો-β-નેપ્થોલ, ક્યુપ્રોન વગેરે.

- Na_2 EDTA સાથે કઠિન પાણીના અનુમાપન દ્વારા પાણીની કઠિનતા માપી શકાય છે. Ca^{2+} અને Mg^{2+} આયનો EDTA સાથે સ્થાયી સંકીર્ણો આપે છે. આ આયનો સાથે કૅલ્શિયમ અને મૅગ્નેશિયમના સંકીર્ણો સ્થાયિતા વિવિધ રીતે પ્રાપ્ત કરી પસંદગીશીલ માપન કરી શકાય છે.

- કેટલીક અગત્યની ધાતુ પ્રક્રિયાઓમાં, જેવી કે ચાંદી અને સોનુ અગત્યના સંકીર્ણોનું નિર્માણ કરે છે. દા.ત., સોનુ સાયનાઇડ સાથે ઑક્સિજનની હાજરીમાં અને પાણીની હાજરીમાં સંયોજાતાં સવર્ગ સંયોજન $[Au(CN)_2]^-$નું દ્રાવણ તૈયાર થાય છે. આ દ્રાવણમાંથી ધાતુ સ્વરૂપમાં સોનુ મેળવી શકાય છે. જે ઝિંકના ઉમેરાથી આ પ્રક્રિયા થાય છે.

- સવર્ગ સંયોજનોમાંથી ક્રમિક વિઘટનીય પ્રક્રિયાઓની જેમ જ ધાતુઓના શુદ્ધિકરણ દ્વારા ધાતુનિર્માણ થઈ શકે છે. દા.ત., અશુદ્ધ નિકલમાંથી $[Ni(CO)_4]$ મેળવી શકાય, જેમાંથી વિઘટન દ્વારા શુદ્ધ નિકલ મેળવાય.

- જૈવિક તંત્રોમાં સવર્ગ સંયોજનો ખૂબ જ અગત્યના છે. મૅગ્નેશિયમ દ્વારા નિર્માણ પામેલ ક્લૉરોફિલ રંજકદ્રવ્ય જે પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે જવાબદાર છે. આયર્ન ધરાવતા સંકીર્ણ સંયોજન હિમોગ્લોબિન રંજકદ્રવ્ય O_2નું વહન કરતાં રુધિરનો રંગ લાલ જોવા મળે છે. કોબાલ્ટયુક્ત સવર્ગ સંયોજન વિટામિન B_{12} કે સાયનોકોબાલએમાઇન જે પેટનીસીયસ એનિમિયાનો પ્રતિદ્રવ્ય છે. અન્ય સંયોજનો કે જેઓ જૈવિક મહત્ત્વ ધરાવતા પદાર્થો છે તે ધાતુ સાથે સંયોજન બનાવી ઉત્સેચકો સ્વરૂપે હોય છે. જેવા કે કાર્બોક્સિપેપ્ટીડેઝ-A અને કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ (જૈવિક તંત્રોનાં ઉદ્દીપકો = ઉત્સેચકો)

- સવર્ગ સંયોજનો ઘણી ઔદ્યોગિક પ્રક્રિયાઓમાં ઉદ્દીપકો તરીકે ઉપયોગી છે. દા.ત., ર્‌હોડિયમ સંકીર્ણ, $[(Ph_3P)_3RhCl]$, જે આલ્કેનના ડિહાઇડ્રોજિનેશન માટે વિલ્કીન્સન ઉદ્દીપક તરીકે ઉપયોગી છે.

- ચાંદી અને સોના સાથે ઇલેક્ટ્રોપ્લેટિંગ કરીને સુંવાળી આકર્ષણ પ્રતિકૃતિઓ હસ્તકલા દ્વારા બનાવાય છે. સંકીર્ણો $[Ag(CN)_2]^-$ અને $[Au(CN)_2]^-$ના દ્રાવણોમાંથી પણ પ્રતિકૃતિઓ બનાવાય છે. સરળ ધાતુ-આયનોના દ્રાવણોમાંથી પણ બનાવાય છે.

- શ્વેત અને શ્યામ ફોટોગ્રાફીમાં, હાયપો (સોડિયમ થાયોસલ્ફેટ)ના દ્રાવણમાં ઓગાળીને ધોવાથી ફિલ્મ સ્થગિત થાય છે, જે અવિઘટનીય AgBrમાં દ્રાવ્ય થાય છે. જેનું નિર્માણ સંકીર્ણ આયન $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$માંથી થાય છે.

- ઔષધકીય રસાયણવિજ્ઞાનમાં 'કિલેટ થૅરાપી' (Chelate therapy) ઉપયોગી ઉભરતી પદ્ધતિ છે. વનસ્પતિઓ અથવા પ્રાણીઓમાં ધાતુના વિષકારકનો ગુણ હાજર હોય તેવી સમસ્યાઓના નિદાન માટે ઉપયોગી ઉદાહરણ છે. આ જ રીતે વધારાના તાંબુ અને આયર્નના વધારાના પ્રમાણને દૂર કરવા માટે કિલેટ લિગેન્ડો D-પેનિસીલેમાઇન અને ડિસ્ફેરીઑક્સીમ-B દ્વારા સવર્ગ સંયોજનોનું નિર્માણ થાય છે. EDTA સીસાની વિષકારકતા પર નિદાન કસોટી તરીકે ઉપયોગી છે. કેટલાંક સવર્ગ સંયોજનો જેમાંનો પ્લેટિનિયમની અસરકારકતાને આધારે ગાંઠોની વૃદ્ધિને અટકાવવા માટે ઉપયોગી છે. દા.ત., સીસ-પ્લેટિન અને સંબંધિત સંયોજનો.

સારાંશ

- સંયોજનના નિયમ પ્રમાણે સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવી શકે તેવા બે કે તેથી વધારે ક્ષારો ભેગા થઈ મૂળ ક્ષારોના ગુણધર્મો જાળવી રાખતો જે ક્ષાર મળે તેને દ્વિક્ષાર કહે છે. દા.ત., એલમ દ્વિક્ષાર છે.

- તે જ રીતે સંયોજનના નિયમ પ્રમાણે સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવી શકે તેવા બે કે તેથી વધુ સંયોજનોના જોડાણથી બનતા નવા ગુણધર્મોવાળા સંયોજનોને સંકીર્ણ (સવર્ગ) ક્ષારો કહે છે. દા.ત., $K_3[Fe(CN)_6]$ એ સંકીર્ણ ક્ષાર છે.

- મોટાભાગના સંકીર્ણ સંયોજનો, d-વિભાગમાં રહેલા તત્ત્વો(સંક્રાંતિ તત્ત્વો)થી બને છે. આ સંક્રાંતિ તત્ત્વોની ઈલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં d-કક્ષકોની ક્રમશઃ ઈલેક્ટ્રૉનની ગોઠવણી થાય છે. સંક્રાંતિ તત્ત્વના પરમાણુ અથવા આયનમાં જ્યારે પણ (n–1)d, ns અને np અથવા ns, np અને nd કક્ષકો ખાલી હોય ત્યારે આ સંક્રાંતિ તત્ત્વો ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓ પાસેથી ઈલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ સ્વીકારીને સંયોજનો બનાવે છે જેને સંકીર્ણ સંયોજનો કહે છે. આ પ્રકારના સંયોજનોમાં ધાતુતત્ત્વોના ધાતુ-આયન અને ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓ વચ્ચે જે બંધ બને છે તેને સવર્ગ સહસંયોજકબંધ કહે છે. આ સંયોજનોના અણુઓના કેન્દ્રમાં રહેલા ધાતુ-આયનની ફરતે રહેલા ઋણ આયનો અથવા તટસ્થ અણુઓ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ વડે જોડાયેલા હોય છે.

- સંકીર્ણ સંયોજનો માટે સૌપ્રથમ આલ્ફ્રેડ વર્નરે સિદ્ધાંત આપ્યો, જે વર્નરના સવર્ગ સિદ્ધાંત તરીકે ઓળખાય છે. ''કેટલીક ધાતુઓને તેમની પ્રાથમિક સંયોજકતા ઉપરાંત દ્વિતીયક સંયોજકતા પણ હોય છે. તેના વડે તે ધાતુના આયનો, તટસ્થ અણુઓ અથવા ઋણ આયનોને પોતાની સાથે પ્રથમ આકર્ષણ વર્તુળ [ ]માં મજબૂતાઈથી સંયોજિત કરે છે.''

- વર્નરના સિદ્ધાંત પ્રમાણે ધાતુ-આયન બે પ્રકારની સંયોજકતા ધરાવે છે : પ્રાથમિક સંયોજકતા અને દ્વિતીયક સંયોજકતા.

- પ્રાથમિક સંયોજકતા ધાતુના ઑક્સિડેશન-આંક અથવા ધન આયનના ધનવીજભારને સમાન હોય છે, જે આયનીય બંધ રચે છે. જેથી તેનું આયનીકરણ થઈ શકે છે. પ્રાથમિક સંયોજકતા સાથે ઋણ આયન જોડાય છે.

- દ્વિતીયક સંયોજકતા ધાતુ-આયનમાં ખાલી રહેલી કક્ષક ઉપર આધારિત છે. દ્વિતીયક સંયોજકતા ઋણ આયન અથવા તટસ્થ અણુઓ દ્વારા સંતોષાય છે, જેનું આયનીકરણ થઈ શકતું નથી. દ્વિતીયક સંયોજકતા સવર્ગ સહસંયોજકબંધનો ઉલ્લેખ કરે છે. જેથી તેને તેનો સવર્ગ-આંક પણ કહે છે. દ્વિતીયક સંયોજકતા ધાતુ-આયન માટે નિશ્ચિત હોય છે પરંતુ હવે એમ સાબિત થયું છે કે સંક્રાંતિ ધાતુ-આયન એક કરતાં પણ વધુ સવર્ગાંક ધરાવે છે. દ્વિતીયક સંયોજકતા દિશાકીય હોવાથી સંકીર્ણ સંયોજનનો ભૌમિતિક આકાર નક્કી કરે છે. ચુંબકીય ગુણધર્મ દ્વારા પણ સંકીર્ણનો આકાર નક્કી કરી શકાય છે. $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$માં Cr ધાતુ-આયન છે. Cr સાથે છ એમોનિયા(NH_3)ના તટસ્થ અણુ દ્વિતીયક સંયોજકતા સાથે જોડાયેલ છે, જેનું આયનીકરણ થતું નથી તેથી તેનો સવર્ગ-આંક છ છે. ત્રણ Cl^- આયન Crની પ્રાથમિક સંયોજકતા સાથે જોડાયેલ છે, જેનું આયનીકરણ થાય છે. જેથી Crની પ્રાથમિક સંયોજકતા ત્રણ છે.

- લિગેન્ડ ઋણ વીજભાર ધરાવતો આયન અથવા તટસ્થ અણુ હોય છે. લિગેન્ડનું વર્ગીકરણ તેમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉન યુગ્મદાતા પરમાણુની સંખ્યાને આધારે કરવામાં આવે છે.

- જો ઋણ આયન અથવા તટસ્થ અણુ લિગેન્ડમાંનો એક જ પરમાણુ ધાતુ-આયનને એક ઈલેક્ટ્રૉન- યુગ્મ આપીને એક સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે તો તેને એકદંતીય લિગેન્ડ કહે છે. H_2O, NH_3, CO, NO જેવા તટસ્થ અણુઓ અને Cl^-, Br^-, CN^- જેવા ઋણ આયનો એકદંતીય લિગેન્ડ તરીકે વર્તે છે.

- જે લિગેન્ડ ધાતુ-આયનને બે ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મનું દાન કરી બે સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે તો દ્વિદંતીય લિગેન્ડ કહે છે. દા.ત., ઇથેન-1, 2-ડાયએમાઇન (en) તટસ્થ તથા SO_4^{2-}, CO_3^{2-} ઋણ આયન દ્વિદંતીય લિગેન્ડ તરીકે વર્તે છે.

- જે લિગેન્ડમાં ત્રણ સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ હોય તેને ત્રિદંતીય લિગેન્ડ કહે છે. આ પ્રકારના લિગેન્ડમાંના ત્રણ પરમાણુઓ ત્રણ ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ આપીને ધાતુ-આયન સાથે ત્રણ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે. દા.ત., પ્રોપેન-1, 2, 3-ટ્રાયએમાઇન (ptn) તટસ્થ તથા PO_4^{3-}, AsO_4^{3-} ઋણ ત્રિદંતીય લિગેન્ડ તરીકે વર્તે છે.

- EDTA ઇથિલીન ડાયએમાઇન ટેટ્રાએસિટેટ આયનમાંના છ પરમાણુઓ છ ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ આપીને ધાતુ-આયન સાથે છ સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે, જે ષષ્ટદંતીય લિગેન્ડ તરીકે વર્તે છે.

- સામાન્ય રીતે જે લિગેન્ડમાં બે કે તેથી વધુ સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ હોય અથવા જે લિગેન્ડમાં તેના બે કે તેથી વધારે પરમાણુઓ તેના ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ ધાતુ-આયનને આપીને સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે તેને બહુદંતીય લિગેન્ડ કહે છે. ધાતુ-આયન સાથે સંયોજાઈ જે સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવે છે તેને કીલેટ સંકીર્ણ સંયોજનો કહે છે. જે ચક્રીય હોવાથી સ્થાયીતા વધારે ધરાવે છે.

- સંકીર્ણ સંયોજનો બનાવવા માટે પાયાની જરૂરિયાતો માટે લિગેન્ડ પાસે સહેલાઈથી આપી શકાય તેવા ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ હોવા જોઈએ, ધાતુ-આયનમાં લિગેન્ડના ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મનો સ્વીકાર કરવા માટે ખાલી કક્ષકો હોવી જોઈએ અને ઇલેક્ટ્રૉન-યુગ્મ ધરાવતા લિગેન્ડની કક્ષકોની જે સંમિતિ હોય તે જ સંમિતિ ખાલી કક્ષકો ધરાવતા ધાતુ-આયન પાસે હોવી જોઈએ. પાયાની આ જરૂરિયાતો ધાતુ-આયનો સંતોષી શકતા હોવાથી સંકીર્ણ સંયોજનો સહેલાઈથી બને છે.

- વિવિધ લિગાન્ડોની સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવવાની પ્રબળતા જુદી જુદી હોવાથી વધુ પ્રબળ લિગેન્ડ ધાતુ-આયન સાથે વધુ આકર્ષણ ધરાવે છે. આથી તે વધુ નજીક આવીને વધુ મજબૂત સવર્ગ સહસંયોજકબંધ બનાવે છે. પરિણામે વધુ પ્રબળ લિગેન્ડ ધરાવતા સંકીર્ણો સંયોજનોની સ્થિરતા વધારે હોય છે. દા.ત., $[Ni(CN)_4]^{2-}$ ની પ્રબળતા $[NiCl_4]^{2-}$ કરતાં વધારે છે.

- સંકીર્ણ સંયોજનોમાં વિવિધ પ્રકારના લિગેન્ડો ધાતુ-આયન સાથે જોડાઈ જે સંકીર્ણ બનાવે છે તેને મિશ્ર લિગેન્ડ સંકીર્ણ કહે છે. જો કોઈ પણ સંકીર્ણ સંયોજનમાં એક જ ધાતુ-આયન હોય તો તેને એકકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજન કહે છે. જો કોઈ પણ સંકીર્ણ સંયોજનમાં એક કરતાં વધુ ધાતુ-આયન હોય તો તેને બહુકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજન કહે છે. એકકેન્દ્રિય અથવા બહુકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ધાતુ-આયનને જોડાયેલા લિગેન્ડની ત્રિપરિમાણિય ગોઠવણી દિશાકીય હોવાથી સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ઉદ્ભવતી વિવિધ ભૌમિતિક રચનાને સવર્ગ બહુફલકીય કહે છે. મોટેભાગે આ ભૌમિતિક રચનાનો આકાર સમચતુષ્ફલકીય, સમતલીય સમચોરસ, અષ્ટફલકીય, ચોરસ પિરામિડલ અને ત્રિકોણીય દ્વિપિરામિડલ હોય છે. આ ભૌમિતિક રચના સમજવા માટે ધાતુ-આયનની કક્ષકોનું સંકરણ અને ચુંબકીય ગુણધર્મ ખૂબ જ ઉપયોગી થાય છે. sp^3 સંકરણ, dsp^2 સંકરણ, d^3s સંકરણ સવર્ગ-આંક 4 ધરાવતા ધાતુ-આયનમાં અને sp^3d^2 સંકરણ, d^2sp^3 સંકરણ સવર્ગાંક 6 ધરાવતા ધાતુ-આયનમાં જોવા મળે છે. સંક્રાંતિ તત્ત્વોનાં ધાતુ-આયનના સંકીર્ણ સંયોજનોની ચુંબકીય ચાકમાત્રા તેની ભૌમિતિક રચના, લિગેન્ડના પ્રકાર વગેરે પર આધારિત છે.

- સંકીર્ણ સંયોજનોનું નામકરણ IUPACના નિયમોને ધ્યાનમાં રાખી કરવામાં આવે છે. સંકીર્ણ સંયોજનોમાં સવર્ગ વર્તુળ [ ]ને નિયમો લાગુ પાડી શકાય છે.

- સવર્ગ વર્તુળમાં નામકરણ કરતી વખતે લિગેન્ડનું નામ અંગ્રેજી મૂળાક્ષર પ્રમાણે પ્રથમ દર્શાવવામાં આવે છે, ત્યારબાદ ધાતુનું નામ લખવામાં આવે છે. ઋણ વીજભાર ધરાવતા લિગેન્ડના નામ પાછળ ''ઓ'' પ્રત્યય જોડવામાં આવે છે. તટસ્થ લિગેન્ડનું જે મૂળ નામ હોય છે તેને તે જ રીતે દર્શાવવામાં આવે છે. એક જ પ્રકારના લિગેન્ડની સંખ્યા જો એક કરતાં વધુ હોય તો ડાય, ટ્રાય, ટેટ્રા.... વગેરે પૂર્વગ લગાડવામાં આવે છે. કાર્બનિક લિગેન્ડમાં પૂર્વગ તરીકે સંખ્યા હોય તો તેવા લિગેન્ડને કૌંસમાં મૂકી બીસ, ટ્રીસ પૂર્વગ લગાડવામાં આવે છે. જો સંકીર્ણ ઋણ આયન હોય તો પહેલા ક્રમશઃ લિગેન્ડના નામ લખ્યા પછી અંતમાં ધાતુના નામને 'એટ' પ્રત્યય લગાડીને તેની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (   ) કૌંસમાં રોમન અંક વડે દર્શાવવામાં આવે છે. જો સંકીર્ણ ધન આયન અથવા તટસ્થ અણુ હોય તો પહેલા ક્રમશઃ લિગેન્ડના નામ લખ્યા પછી અંતમાં ધાતુનું નામ જોડીને તેની ઑક્સિડેશન અવસ્થા (   ) કૌંસમાં રોમન અંક વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

- સંકીર્ણ સંયોજનોની ભૌમિતિક રચના સંકીર્ણમાં રહેલા સંકરણ પર આધારિત છે. જો સવર્ગાંક 4 ધરાવતા સંકીર્ણમાં પ્રબળ લિગેન્ડ ધાતુ-આયન સાથે જોડાયેલ હોય તો સંકીર્ણમાં સંકરણ dsp^2 થાય છે અને આકાર સમતલીય સમચોરસ બને છે. જેના ઉદાહરણો જેવા કે $[Ni(CN)_4]^{2-}$, $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$ વગેરે છે. જો સવર્ગાંક 4માં સંકીર્ણમાં ધાતુ-આયન સાથે નિર્બળ લિગેન્ડ જોડાયેલ હોય તો sp^3 પ્રકારનું સંકરણ થાય છે. દા.ત., $[NiF_4]^{2-}$, $[Ni(H_2O)_4]^{2+}$, $[CuCl_4]^{2-}$ વગેરે. જો સંકીર્ણ આયનમાં સવર્ગાંક 6 હોય તો, ધાતુ-આયન સાથે પ્રબળ લિગેન્ડ જોડાયેલો હોય તો d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ અને નિર્બળ લિગેન્ડ જોડાયેલ હોય તો sp^3d^2 પ્રકારનું સંકરણ થાય છે. દા.ત., $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$માં d^2sp^3 પ્રકારનું સંકરણ છે જ્યારે $[FeF_6]^{4-}$, $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$માં sp^3d^2 પ્રકારનું સંકરણ હોય છે. MnO_4^- અને CrO_4^{2-} માં d^3s પ્રકારનું સંકરણ હોય છે ત્યારે d-કક્ષકમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન Mn^{7+} અને Cr^{6+}ને કારણે હોતા નથી પરંતુ લિગેન્ડના ઇલેક્ટ્રૉન દ્વારા d-d સંક્રાંતિ થતું હોવાથી રંગીન બને છે.

- સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ત્રણ પ્રકારની સમઘટકતા જોવા મળે છે : ભૌમિતિક સમઘટકતા, પ્રકાશ સમઘટકતા અને બંધારણીય સમઘટકતા.

- ભૌમિતિક સમઘટકતામાં 4 સવર્ગાંક ધરાવતા સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ML_2A_2 પ્રકારમાં સીસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકતા જોવા મળે છે. 6 સવર્ગાંકવાળા સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ML_4A_2 પ્રકારમાં સીસ અને ટ્રાન્સ તેમજ ML_3A_3માં ફેસિયલ અને મેરિડિયોનલ સમઘટકતા જોવા મળે છે. પ્રકાશ સમઘટકતામાં વામભ્રમણીય અને દક્ષિણભ્રમણીય સમઘટકતા જોવા મળે છે.

- બંધારણીય સમઘટકતામાં આયનીય સમઘટકતા, જલયોજન સમઘટકતા, કો-ઑર્ડિનેશન આંક સમઘટકતા અને બંધનીય સમઘટકતા જોવા મળે છે.

- સંયોજકતા બંધન સિદ્ધાંતની મદદથી સવર્ગ સંયોજનોનું નિર્માણ થાય ત્યારે ચુંબકીય પ્રકૃતિ અને બંધારણીય રચનામાં સંયોજકતા બંધન સિદ્ધાંત મોટા પાયે અપનાવે છે અને તે મર્યાદાઓ ધરાવે છે. તે ચુંબકીય માહિતીનું માત્રાત્મક અર્થઘટન કરી શકતો નથી. તેમજ સવર્ગ સંયોજનોમાં રંગ વિશે સમજાવી શકાતો નથી. તે સવર્ગ સંયોજનોમાં ઉષ્માગતિકીય સ્થાયીતામાં માત્રાત્મક અર્થઘટન કરી શકતો નથી તેમજ નિર્બળ અને પ્રબળ લિગેન્ડ વચ્ચેનો ભેદ પારખી શકાતો ન હોવાથી સ્ફટિકક્ષેત્રવાદ (CFT)ની રજૂઆત થઈ.

- સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદ સ્થિરવિદ્યુતીય મૉડલ તરીકે ઓળખાય છે કે જેમાં ધાતુ-આયન અને લિગેન્ડ વચ્ચે આયનીય બંધ છે તેમ માનવામાં આવે છે. આ સિદ્ધાંત મુજબ ઋણ વીજભારિત લિગેન્ડ અથવા ધ્રુવીય તટસ્થ અણુ

ધાતુ-આયન સાથે આયનીય બંધ બનાવે છે. સ્વતંત્ર વાયુ સ્વરૂપ ધાતુ પરમાણુ કે આયનમાં પાંચેય પ્રકારની d-કક્ષકો સમશક્તિક હોય છે. પરંતુ સંકીર્ણમાં જ્યારે ધાતુ પરમાણુ કે આયનની આસપાસ લિગેન્ડ ગોઠવાયેલા હોય ત્યારે d-કક્ષકો સમશક્તિક રહેતી નથી પણ વિભાજન પામે છે. કક્ષકોનું વિભાજન સ્ફટિકક્ષેત્રની પ્રકૃતિ પર આધાર રાખે છે.

- સ્ફટિકક્ષેત્ર વિભાજન (Δ_0), ધાતુ-આયનના વીજભાર અને લિગેન્ડ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા ક્ષેત્ર પર આધાર રાખે છે. કેટલાક લિગેન્ડ પ્રબળ ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે, જેથી વિભાજન વધુ પ્રમાણમાં થાય છે. કેટલાક લિગેન્ડ નિર્બળ ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે જેથી વિભાજન ઓછા પ્રમાણમાં થાય છે. લિગેન્ડ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા ક્ષેત્રની પ્રબળતામાં થતા વધારાને આધારે લિગેન્ડની શ્રેણી નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય :

  $I^- < Br^- < SCN^- < Cl^- < S^{2-} < F^- < OH^- < C_2O_4^{2-} < H_2O < NCS^- < (EDTA)^{4-} < NH_3 < en < NO_2^- < CN^- < CO$

  આ શ્રેણીને સ્પેક્ટ્રોકેમિકલ શ્રેણી કહે છે.

- ધાતુ સંકીર્ણોને તેમના રંગોની વિશાળ માત્રા હોય છે. જ્યારે સફેદ પ્રકાશ નમૂનામાંથી પસાર થાય છે ત્યારે ચોક્કસ દશ્ય વર્ણપટ રચે છે. બાકીના સફેદ પ્રકાશમાંથી દૂર થાય છે. સંકીર્ણ સંયોજનો દ્વારા રંગનું શોષણ તરંગલંબાઈને આધારિત હોય છે. જો સંકીર્ણ દ્વારા લીલા પ્રકાશનું શોષણ થાય તો તે લાલ રંગનો દેખાય છે.

- સવર્ગ સંયોજનોના રંગને સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદ આધારે સમજાવાય છે. દા.ત., $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ જાંબલી રંગ, $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ લીલો રંગ અને $[Ni(en)_3]^{2+}$ જાંબલી રંગનો હોય છે.

- સવર્ગ સંયોજનોનું ખૂબ જ મહત્ત્વ છે. વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં ખનીજ પોષણ માટે, પૃથક્કરણીય રસાયણવિજ્ઞાનમાં ધાતુશાસ્ત્ર, જૈવિક તંત્રો અને ઉદ્યોગોમાં, ઔષધમાં પણ ઉપયોગિતા ધરાવે છે.

સ્વાધ્યાય

1. આપેલા બહુવિકલ્પમાંથી યોગ્ય વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) સંકીર્ણ સંયોજનોમાં $L \rightarrow M$ કયા પ્રકારનો બંધ હોય છે ?

(A) આયનીય (B) ધાત્વિક

(C) સવર્ગ સહસંયોજક (D) સહસંયોજક

(2) સૌપ્રથમ કયા વૈજ્ઞાનિકે સંકીર્ણ સંયોજનોનો સિદ્ધાંત આપ્યો ?

(A) આલ્બર્ટ વર્નર (B) શ્રોડીન્જર (C) ઑગસ્ટ હૉફમૅન (D) આલ્ફ્રેડ વર્નર

(3) સંકીર્ણ સંયોજનોમાં લિગેન્ડનો સ્વભાવ કયો છે ?

(A) બ્રોન્સ્ટેડ લૉરી બેઇઝ (B) લુઇસ બેઇઝ

(C) લુઇસ ઍસિડ (D) આર્હેનિયસ ઍસિડ

(4) નીચેનામાંથી કોણ લિગેન્ડ તરીકે વર્તી શકે નહિ ?

(A) H_2O (B) NO_3^- (C) CO_2 (D) CO

(5) નીચેનામાંથી કયું સંયોજન દ્વિક્ષાર છે ?

(A) પોટૅશિયમ પરમૅંગેનેટ (B) ફેરસ એમોનિયમ સલ્ફેટ

(C) એમોનિયમ ક્રોમેટ (D) આપેલા બધા જ

(6) $[Co(en)_2Cl_2]NO_3$ સંકીર્ણમાં ધાતુ-આયનની પ્રાથમિક સંયોજકતા કેટલી હશે ?

(A) 4 (B) 6 (C) 2 (D) 3

(7) પેન્ટાકાર્બોનિલઆયર્ન(0) સંકીર્ણનો વીજભાર કેટલો છે ?

(A) એક (B) બે (C) ત્રણ (D) શૂન્ય

(8) $[Cr(NH_3)_4OX]NO_3$માં ધાતુ-આયનની દ્વિતીયક સંયોજકતા કેટલી છે ?

(A) 2 (B) 4 (C) 6 (D) 8

(9) $K_3[Fe(OX)_3]$માં Feની આયનીકરણ પામતી ન હોય એવી સંયોજકતા કેટલી ?

(A) ત્રણ (B) ચાર (C) છ (D) એક

(10) $(NH_4)_2[MoO_4]$ સંકીર્ણ સંયોજનના જલીય દ્રાવણમાં આયનીકરણથી કેટલા આયનો મળશે ?

(A) 2 (B) 4 (C) 0 (D) 3

(11) ફેરિક હેક્ઝાસાયનોફેરેટ(III) સંકીર્ણ સંયોજનના જલીય દ્રાવણમાં આયનીકરણથી કેટલા આયનો મળશે ?

(A) 7 (B) 4 (C) 2 (D) 3

(12) $K_4[Ni(CN)_4]$નો ભૌમિતિક આકાર કયો છે ?

(A) અષ્ટફલકીય (B) સમતલીય સમચોરસ

(C) સમચતુષ્ફલકીય (D) ત્રિકોણીય પિરામિડલ

(13) નીચેનામાંથી કયું લિગેન્ડ કિલેટજન્ય લિગેન્ડ નથી ?

(A) en (B) ptn (C) OX^{2-} (D) CO

(14) O^{2-} એ કયા પ્રકારના લિગેન્ડનું ઉદાહરણ છે ?

(A) દ્વિદંતીય (B) ત્રિદંતીય (C) એકદંતીય (D) ષષ્ટદંતીય

(15) EDTA લિગેન્ડમાં સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ કેટલા છે ?

(A) છ (B) ચાર (C) ત્રણ (D) બે

(16) $[Ni(CN)_4]^{2-}$ સંકીર્ણ આયનનું સંકરણ કયું હશે ?

(A) sp^3 (B) dsp^2 (C) sp^3d^2 (D) d^2sp^3

(17) નીચેનામાંથી કયું સંકીર્ણ સંયોજન અનુચુંબકીય ગુણધર્મ ધરાવે છે ?

(A) $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$ (B) $[Fe(CN)_6]^{4-}$ (C) $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ (D) $[Fe(CN)_6]^{3-}$

(18) શરીરમાં લેડ ધાતુનું ઝેર શેના વડે દૂર કરાય છે ?

(A) ptn (B) EDTA (C) pn (D) OX^{2-}

(19) શરીરમાં ગાંઠનો વિકાસ રોકવા માટે કયું સંકીર્ણ વપરાય છે ?

(A) ક્લૉરોફિલ (B) સીસ પ્લેટિન (C) હિમોગ્લોબિન (D) ફેરોસીન

(20) $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ સંકીર્ણ આયનનો રંગ કેવો છે ?

(A) જાંબલી (B) લીલો (C) ભૂરો (D) ગુલાબી

(21) EDTA પરનો વીજભાર જણાવો.

(A) 6^- (B) 2^- (C) 3^- (D) 4^-

(22) નીચેનામાંથી કયું સંકીર્ણ આયન સમચતુષ્ફલકીય આકાર ધરાવતું નથી ?

(A) $[MnO_4]^-$ (B) $[Ni(CO)_4]$ (C) $[Ni(CN)_4]^{4-}$ (D) $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

(23) $K_2[NiF_4]$ સંકીર્ણ સંયોજનની સૈદ્ધાંતિક ચુંબકીય ચાકમાત્રા કેટલી છે ?

(A) 1.73 BM (B) 2.83 BM (C) 3.87 BM (D) શૂન્ય

(24) નીચેનામાંથી કયો લિગેન્ડ સૌથી પ્રબળ લિગેન્ડ તરીકે વર્તે છે ?

(A) Cl^- (B) NH_3 (C) CO (D) CN^-

(25) $[Fe(NH_3)_4Cl_2]Cl$માં દ્વિતીયક સંયોજકતાથી જોડાયેલા Clની સંખ્યા .... છે.

(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 0

(26) નીચેના પૈકી કયો સંકીર્ણ આયન સૌથી વધુ સ્થાયી છે ?

(A) $[FeCl_6]^{3-}$ (B) $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$

(C) $[Fe(NH_3)_6]^{3+}$ (D) $[Fe(CN)_6]^{4-}$

(27) નીચે પૈકી કયું સંકીર્ણ આયન પ્રકાશ સમઘટકતા ધરાવતું નથી. ?

(A) $[Co(en)(NH_3)_4]^{2+}$ (B) $[Co(H_2O)_4(en)]^{3+}$

(C) $[Co(en)_2(NH_3)_2]^{2+}$ (D) $[Co(NH_3)_3Cl_3]^+$

(28) કયા સંકીર્ણનું જલીય દ્રાવણ સૌથી વધુ વાહકતા ધરાવતું હશે ?

(A) હેક્ઝાએમ્માઈનકોબાલ્ટ(III)ક્લોરાઇડ

(B) ટેટ્રાએમ્માઇનડાયક્લોરાઇડોકોબાલ્ટ(III)ક્લોરાઇડ

(C) પેન્ટાએમ્માઇનક્લોરાઇડોકોબાલ્ટ(III)ક્લોરાઇડ

(D) ટ્રાયએમ્માઈનટ્રાયક્લોરાઇડોકોબાલ્ટ(III)

(29) નીચે પૈકી કયો ક્રમ સ્પેક્ટ્રોકેમિકલ શ્રેણી માટે સાચો છે ?

(A) $Cl^- < F^- < C_2O_4^{2-} < NO_2^- < CN^-$

(B) $F^- < Cl^- < NO_2^- < CN^- < C_2O_4^{2-}$

(C) $CN^- < C_2O_4^{2-} < Cl^- < NO_2^- < F^-$

(D) $C_2O_4^{2-} < F^- < Cl^- < NO_2^- < CN^-$

(30) Ti^{3+} આયન ધરાવતો સંકીર્ણ ચોક્કસ તરંગલંબાઈ ધરાવતા દૃશ્યપ્રકાશનું શોષણ કરે તો નીચે પૈકી કયું સંક્રમણ ઇલેક્ટ્રૉન માટે જોવા મળશે ?

(A) $t_{2g}^0 e_g^1 \rightarrow t_{2g}^1 e_g^0$ (B) $t_{2g}^2 e_g^0 \rightarrow t_{2g}^1 e_g^1$

(C) $t_{2g}^1 e_g^1 \rightarrow t_{2g}^0 e_g^2$ (D) $t_{2g}^1 e_g^0 \rightarrow t_{2g}^0 e_g^1$

(31) $[Co(NH_3)_4CO_3]ClO_4$ સંકીર્ણ સંયોજનમાં મધ્યસ્થ ધાતુ માટે સવર્ગ-આંક, ઑક્સિડેશન-આંક, d-કક્ષકમાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા અને અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા અનુક્રમે .... છે.

(A) 6, 3, 6, 0 (B) 7, 2, 7, 1 (C) 5, 2, 6, 4 (D) 6, 2, 7, 3

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં ઉત્તર લખો :

(1) દ્વિક્ષાર એટલે શું ?

(2) સંકીર્ણ ક્ષાર એટલે શું ?

(3) સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ધાતુ-આયન કેટલા પ્રકારની સંયોજકતા ધરાવે છે અને કઈ ?

(4) $[Fe(CN)_6]^{4-}$ સંકીર્ણ આયનમાં ધાતુ-આયનની સંયોજકતાઓ લખો.

(5) PO_4^{3-} અને O^{2-} કેવા પ્રકારના લિગેન્ડ છે ?

(6) સંકીર્ણ સંયોજનમાં રહેલા ધાતુ-આયનના બંધ કયા પ્રકારના હોય છે ?

(7) સવર્ગ સ્થળનિર્દેશ એટલે શું ?

(8) લિગેન્ડ કોને કહેવાય ?

(9) સંકીર્ણમાં ભૌમિતિક આકાર શાથી ઉદ્ભવી શકે છે ?

(10) સવર્ગ સહસંયોજકબંધ એટલે શું ?

(11) ધાતુ-આયનની દ્વિતીય સંયોજકતા એટલે શું ? તે કેવા પ્રકારના આયનો દ્વારા સંતોષાય છે ?

(12) બહુદંતીય લિગેન્ડ એટલે શું ? કોઈ પણ એક ઉદાહરણ આપો.

(13) કિલેટ સંકીર્ણ એટલે શું ? ગમે તે એક ઉદાહરણ આપો.

(14) $[M\text{-}EDTA]^{\pm n}$ નું બંધારણ દોરો.

(15) મિશ્ર લિગેન્ડ સંકીર્ણ એટલે શું ? ઉદાહરણ આપો.

(16) એકકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજન અને બહુકેન્દ્રિય સંકીર્ણ સંયોજન એટલે શું ? ઉદાહરણ આપો.

(17) સવર્ગાંક 4 ધરાવતા બે સંકીર્ણ આયનોના ઉદાહરણ જુદી જુદી ચુંબકીય ચાકમાત્રા માટે આપો.

(18) કિલેટ થેરાપી સમજાવો.

(19) કઈ ધાતુના શુદ્ધિકરણમાં સંકીર્ણ સંયોજનોનો ઉપયોગ થાય છે ?

(20) EDTAના ઉપયોગ લખો.

(21) સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદની બે મર્યાદા લખો.

(22) $[Cr(NH_3)_4Cl_2]NO_2$માં કેવા પ્રકારની સમઘટકતા જોવા મળે છે ?

(23) $[Pt(en)_2Cl_2]^{2+}$ સંકીર્ણ આયનની સમઘટકતાઓ કેટલા પ્રકારની અને કઈ કઈ છે તે જણાવો.

(24) sp^3d^2 સંકરણ ધરાવતા બે સંકીર્ણ આયનના ઉદાહરણ આપો.

(25) વર્નરનો સવર્ગ સિદ્ધાંત લખો.

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) દ્વિક્ષાર અને સંકીર્ણ સંયોજનોના ભેદ સમજાવો.

(2) દ્વિદંતીય લિગેન્ડ એટલે શું ? ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.

(3) ષષ્ટદંતીય લિગેન્ડ ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.

(4) સંકીર્ણ સંયોજનો બનવા માટે પાયાની જરૂરિયાતો લખો.

(5) સંકીર્ણ સંયોજનોની સ્થિરતા સમજાવો.

(6) sp^3d^2 અને dsp^2 સંકરણ સમજાવો.

(7) $[MnO_4]^-$ સંકીર્ણ આયનનું સંકરણ અને ભૌમિતિક રચના સમજાવો.

(8) ભૌમિતિક સમઘટકતા સમજાવો.

(9) પ્રકાશ સમઘટકતા સમજાવો.

(10) સંયોજકતા બંધન સિદ્ધાંતની મર્યાદા લખો.

(11) સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદ સમજાવો.

(12) જૈવિક તંત્રોમાં અને ફોટોગ્રાફીમાં સંકીર્ણની ઉપયોગિતા સમજાવો.

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :

(1) વર્નરના સવર્ગ સિદ્ધાંતના મુદ્દા લખો.

(2) લિગેન્ડ એટલે શું ? તેનું વર્ગીકરણ સમજાવો.

(3) સંકીર્ણ સંયોજનોમાં ધાતુ-આયનની કક્ષકોનું સંકરણ અને ચુંબકીય ગુણધર્મ સમજાવો.

(4) નીચે આપેલા સંકીર્ણ સંયોજનોની ભૌમિતિક રચના અને ચુંબકીય ગુણધર્મ સંકરણની મદદ વડે સમજાવો :

$[Ni(CN)_4]^{2-}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$, $[FeF_6]^{4-}$, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, $[NiCl_4]^{2-}$

(5) બંધારણીય સમઘટકતા ઉદાહરણ દ્વારા સવિસ્તર સમજાવો.

(6) અષ્ટફલકીય સંકીર્ણમાં સ્ફટિક ક્ષેત્રીય વિભાજન સમજાવો અને સ્ફટિક ક્ષેત્રવાદની મર્યાદા લખો.

(7) ''સવર્ગ સંયોજનોમાં રંગ'' સવિસ્તર સમજાવો.

(8) સવર્ગ સંયોજનોનું મહત્ત્વ અને તેની ઉપયોગિતા લખો.

(9) નીચે દર્શાવેલાં સંકીર્ણ સંયોજનોનાં IUPAC નામ આપો :

$K_3[Fe(CN)_5NO]$	$(NH_4)_2[MoO_4]$
$K_3[Fe(CN)_4Cl_2]$	$NH_4[Co(H_2O)_2(NO_3)_4]$
$Na_3[Fe(OX)_3]$	$[Fe(H_2O)_6]Cl_2$
$K_2[CoF_4]$	$[Cr(en)_2(pn)_2]Cl_3$
$(NH_4)[Co(CO_3)Cl_2]$	$[Co(H_2O)_4Cl_2]_2SO_4$
$Na[Cr(en)(OX)_2]$	$Fe_3[Fe(CN)_6]_2$
$K_3[Co(CN)_6]$	$K_2[Fe(CN)_4(H_2O)CNO]$
$Na_2[CoCl_6]$	$[Pt^{II}(NH_3)_4][Pt(OX)_3]$
$Na_2[PtCl_6]$	$[Ni(NH_3)_2Cl_2]$
$[Cr(NH_3)_6][Cr(NO_2)_6]$	$[Cr(NH_3)_4CO_3]_3PO_4$
$K_4[Cr(CN)_5NO]$	$[Ag(NH_3)_2][AgOX]$
$[Pt(en)_2(CO)_2]Cl_4$	$[MnO_4]^-$
$[Au(CN)_4C_2O_4]^{3-}$	