# ईकाई–X

# उपसहसंयोजक यौगिक

उपसहसंयोजक यौगिक दो स्थाई यौगिकों के योग से बनते हैं अतः इन्हें आण्विक या योगशील यौगिक कहा जाता है।

जब दो या अधिक सरल स्थायी यौगिकों को आण्विक अनुपात में मिलाया जाता हैं तो नये क्रिस्टल प्राप्त होते हैं। इन्हे योगात्मक यौगिक कहा जाता है।

**योगात्मक यौगिक दो प्रकार के होते हैः–**

1. **द्विक लवण (Double Salt) - जिसमें योग करने वाले मूल यौगिकों का अस्तित्व बना रहता है।**

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

**मोर लवण (Mohr's Salt)**

$$FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O \rightarrow Fe^{++}_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2NH_4^{+}{}_{(aq)} + 6H_2O$$

**मोर लवण का जलीय विलयन**

$$KCl.MgCl_2.6H_2O \rightarrow K^{+}_{(aq)} + Mg^{+2}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)} + 6H_2O$$

**कार्नेलाइट का जलीय विलयन**

2. **संकुल यौगिक – जिसमें योग करने वाले मूल यौगिकों का अस्तित्व नहीं रहता है। वे उपसहसंयोजक बंध बनाकर नये रूप में आ जाते हैं।**

$$CuSO_{4(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightarrow CuSO_4.4NH_3 \text{ or } [Cu(NH_3)_4]SO_4$$

$$CuSO_4.4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{+2} + SO_4^{-2}$$

$$Fe(CN)_{2\,(aq)} + 4KCN_{(aq)} \rightarrow Fe(CN)_2.4KCN \text{ or } K_4[Fe(CN)_6]$$

$$Fe(CN)_2.4KCN \rightarrow 4K^{+} + [Fe(CN)_6]^{-4}$$

वे यौगिक जिनमें केन्द्रिय धातु परमाणु/आयन अन्य आयनों या उदासीन अणुओं (लिगेंड) के साथ उपसहसंयोजक बंधों के द्वारा बंधित होता हैं, उपसहसंयोजक यौगिक कहलाते है। ये आयन या उदासीन अणु केन्द्रीय धातु परमाणु को एकाकी इलेक्ट्रान युग्म प्रदान करके उसके साथ उपसहसंयोजक बंध बनाते है। संकुल आयन पर धनावेश उपस्थित होने पर इसे संकुल धनायन और ऋणावेश उपस्थित होने पर संकुल ऋणायन कहते हैं।

## वर्नर सिद्धांतः–

वर्नर ने सर्वप्रथम संकुल यौंगिको का अध्ययन किया था, कोबाल्ट क्लोराइड और अमोनिया की भिन्न–भिन्न अनुपात में अभिक्रिया से उन्होंने संकुल यौगिक प्राप्त किये।

| यौगिक | रंग |
|---|---|
| $CoCl_3$ 6 $NH_3$ | नारंगी पीला |
| $CoCl_3$ 5$NH_3$ | बैंगनी |
| $CoCl_3$ 4$NH_3$ | हरा व बैंगनी |
| $CoCl_3$ 3$NH_3$ | नीला हरा |

### वर्नर सिद्धान्त के आधार पर संकुल यौगिकों की संरचना
### (Structures of complex compounds on the basis of Werner's theory)

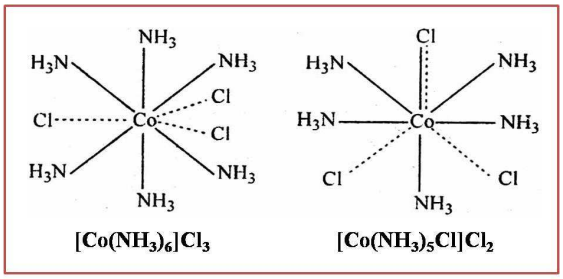
धातुओं के बन्ध या संयोजकताएं दो प्रकार की होती हैं

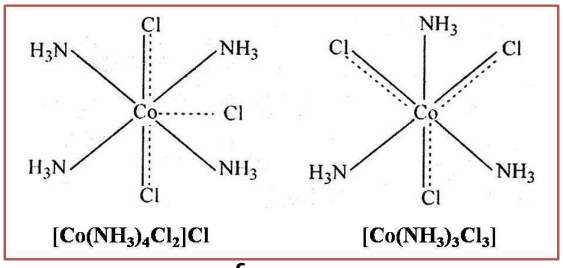
1. प्राथमिक (आयनिक) संयोजकता (Primary Valency)
2. द्वितीयक (अनआयनिक) संयोजकता (Secondary Valency)

प्राथमिक संयोजकता ऋण आयनों द्वारा सन्तुष्ट होती है, इसका तात्पर्य धातु की आक्सीकरण अंक से है।

द्वितीय संयोजकता ऋणायन अथवा उदासीन अणु (लिगेन्ड) द्वारा सन्तुष्ट होती है। इसका तात्पर्य धातु की उपसहसंयोजकता से है। द्वितीय संयोजकता संकुल यौगिक की ज्यामिती निर्धारित करती हैं। किसी धातु के लिये द्वितीयक संयोजकता का मान निश्चित होता है।

एक ऋणायन केन्द्रीय धातु परमाणु की प्राथमिक अथवा द्वितीयक अथवा दोनों प्रकार की संयोजकता सन्तुष्ट कर सकता है।




----- Primary Valency

—— Secondary Valency

## उपसहसंयोजक रसायन में प्रयुक्त कुछ महत्वपूर्ण पद
(Few important terms used in coordination Chemistry)

1. **उपसहसंयोजक एण्टिटी (Coordination Entity)**

केन्द्रीय धातु परमाणु/आयन के चारों और अन्य परमाणुओं के समुह (लिगेन्ड) उपसहसंयोजक बंधों से जुड़े रहते है इस उपसहसंयोजक एण्टिटी को बडे वर्ग कोष्ठक में लिखा जाता है। यह एण्टिटी धनावेशित, ऋणावेशित अथवा उदासीन हो सकती है।

| $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ | $[Pt\ Cl_4]^{2-}$ | $[Fe(CO)_5]$ |
|---|---|---|
| धनायनिक | ऋणायनिक | उदासीन |

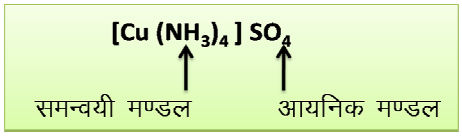
2. **उपसहसंयोजक संख्या (Coordination Number)**

केन्द्रीय धातु परमाणु/आयन द्वारा लिगेन्डो के साथ बनाये गये उपसहसंयोजक बंधों की संख्या केन्द्रीय धातु परमाणु/आयन की उपसंहसयोजन संख्या कहलाती है।

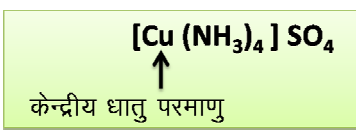
| संकुल यौगिक | उपसहसंयोजक संख्या |
|---|---|
| $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ | 6 |
| $[Pt\ Cl_4]^{2-}$ | 4 |

3. **समन्वयी मण्डल (Coordination Sphere)**

केन्द्रीय धातु परमाणु/आयन एवं इससे उपसहसंयोजक बंध से बन्धित लिगेन्डों को एक साथ वर्ग कोष्ठक [ ] में रखा जाता है। इसे समन्वयी मण्डल (Coordination Sphere) कहते हैं। संकुल के वर्ग कोष्ठक के बाहर के भाग को आयनिक मण्डल (Ionic sphere) कहते हैं।




4. **केन्द्रीय परमाणु/आयन**



किसी उपसहसंयोजक एण्टिटी का वह परमाणु जो अपने साथ अन्य परमाणु या समूहों (लिगेन्डों) को जोड़कर केन्द्रीय स्थिति प्राप्त करता है।

**5. लिगेन्ड (Ligands)**

परमाणु, अणु या आयन जो उपसहसंयोजक यौगिक में केन्द्रीय धातु परमाणु/आयन को इलेक्ट्रान युग्म प्रदान करके उससे उपसहसंयोजक बंध से बंधित हो जाते हैं लिगेन्ड कहलाते हैं।

एक दन्तुक (Monodentate) – एक दाता परमाणु
द्विदन्तुक (bidentate) – दो दाता परमाणु
त्रिदन्तुक (Tridentate) – तीन दाता परमाणु
चतुःदन्तुक (Tetradentate) – चार दाता परमाणु
हेक्सादन्तुक (Hexadentate) – छः दाता परमाणु
बहु दन्तुक (Multidentate) – एक से अधिक दाता परमाणु

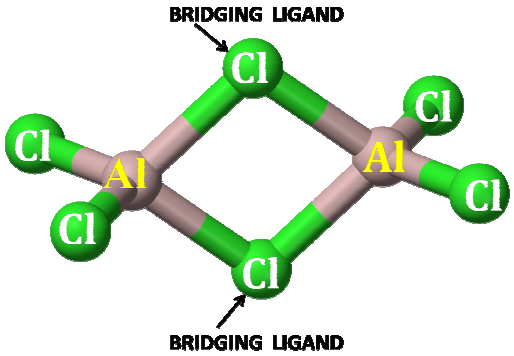
## Ambidentate Ligands (दोहरे दन्तुक लिगेन्ड)

जिन लिगेन्ड अणु या आयनों में एक से अधिक प्रकार के दाता परमाणु हों वे परिस्थिति के अनुसार उनमें से किसी भी दाता परमाणु के द्वारा उपसहसंयोजक बंध बना सकते हैं ऐसे लिगेन्ड दोहरे दन्तुक लिगेन्ड (Ambidentate Ligands) कहलाते हैं।




## Bridging Ligands (सेतु लिगेन्ड)

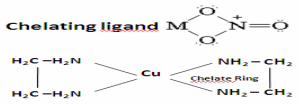
जो लिगेन्ड एक से अधिक केंन्द्रीय परमाणु से जुड़ा रहता है उसे सेतु लिगेन्ड (Bridging Ligands) कहते हैं।






## Chelates (कीलेट)

बहु दन्तक लिगेन्ड धातु परमाणु/आयन से दो या अधिक दाता स्थलों से उपसहसंयोजी बंध से बंधा होता है। जिससे एक वलय संरचना प्राप्त होती है। इस वलय को कीलेट वलय (Chelate ring ) एवं इन लिगेन्ड को Chelating ligand कीलेट लिगेन्ड कहते हैं। कीलेट लिंगेन्ड एक दन्तक लिगेन्ड की अपेक्षा अधिक स्थायी होते हैं। इसे कीलेशन प्रभाव या Chellate effect कहते हैं।




## कुछ सामान्य लिगेन्ड्स

| लिगेन्ड्स | formula (bonding atom(s) in bold) | Charge आवेश | Most common denticity |
|---|---|---|---|
| Iodide (iodo) | **I**$^-$ | monoanionic | monodentate |
| Bromide (bromido) | **Br**$^-$ | monoanionic | monodentate |
| Sulfide (thio) | **S**$^{2-}$ | dianionic | monodentate (M=S), or bidentate bridging (M-S-M') |
| Thiocyanate (S-thiocyanato) | **S**-CN$^-$ | monoanionic | monodentate |
| Chloride (chlorido) | **Cl**$^-$ | monoanionic | monodentate |
| Nitrate (nitrato) | **O**-$NO_2^-$ | monoanionic | monodentate |
| Azide (azido) | **N**-$N_2^-$ | monoanionic | monodentate |
| Fluoride (fluoro) | **F**$^-$ | monoanionic | monodentate |
| Hydroxide (hydroxo) | **O**-H$^-$ | monoanionic | monodentate |
| Water (aqua) | H-**O**-H | neutral | monodentate |
| Nitrite (nitrito) | **O**-N-O$^-$ | monoanionic | monodentate |
| Isothiocyanate(isothiocyanato) | **N=C=S−** | monoanionic | monodentate |
| Acetonitrile (acetonitrilo) | **$CH_3CN$** | neutral | monodentate |
| Pyridine | **$C_5H_5N$** | neutral | monodentate |
| Ammonia (ammine or less commonly "ammino") | **$NH_3$** | neutral | monodentate |
| Nitrite (nitro) | **$NO_2^-$** | monoanionic | monodentate |
| Triphenylphosphine | **$PPh_3$** | neutral | monodentate |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cyanide (cyano) | **$CN^-$** | monoanionic | monodentate |
| Carbon monoxide(carbonyl) | **CO** | neutral | monodentate |
| Oxalate (oxalato) | **$C_2O_4^{2-}$** | dianionic | bidentate |
| Ethylenediamine | **en** | neutral | bidentate |
| 2,2'-Bipyridine | **bipy** | neutral | bidentate |
| 1,10-Phenanthroline | **phen** | neutral | bidentate |

## Homoletptic and Heteroleptic Complexes
## (होमोलेप्टिक तथा हेट्रोलेप्टिक संकुल)

संकुल जिनमें केन्द्रीय धातु परमाणु एक ही प्रकार के लिगेन्ड (दाता समूह) से जुड़ा रहता है होमोलेप्टिक संकुल कहलाते हैं।

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

संकुल जिनमें केन्द्रीय धातु परमाणु एक से अधिक प्रकार के लिगेन्ड (दाता समूह) से जुड़ा रहता है हेट्रोलेप्टिक संकुल कहलाते हैं।

$[PtCl_3(NH_3)_3]^{+}$ $[CoCl(NH_3)_4]^{+}$

### केन्द्रीय धातु परमाणु की आक्सीकरण अवस्था ज्ञात करना

केन्द्रीय परमाणु से जुड़े समस्त लिगेन्डों को उनके इलेक्ट्रॉन युग्म के साथ हटाने पर केन्द्रीय परमाुण पर जो आवेश उत्पन्न हो उसे केन्द्रीय परमाणु की आक्सीकरण संख्या कहते हैं। इसे रोमन अंकों में केन्द्रीय परमाणुओं के बाद लिखा जाता है।

| संकुल | लिगेन्ड | केन्द्रीय परमाणु का आक्सीकरण अंक |
|---|---|---|
| $[CoCl_4]^{2-}$ | $4(Cl^-)$ | II |
| $[MnO_4]^-$ | $4(O^{2-})$ | VII |
| $[Fe(CN)_6]^{4-}$ | $6(CN^-)$ | II |

### संकुल पर आवेश ज्ञात करना

किसी संकुल यौगिक पर आवेश उसके केन्द्रीय धातु परमाणु तथा उससे जुड़े लिगेन्डों के आवेश के योग के बराबर होता है।

**संकुल $[Fe(CN)_6]^x$ का आवेश निकालने की प्रक्रिया**

$[Fe(CN)_6]^x$

Fe पर आवेश = +2

CN पर आवेश = -1

$6CN = 6(-1)$

$+2 + 6(-1) = x$

$2 - 6 = x$

$x = -4$ $[Fe(CN)_6]^{4-}$ = $K_4[Fe(CN)_6]$

## प्रभावी परमाणु क्रमांक (Effective atomic number) EAN

प्रभावी परमाणु क्रमांक = परमाणु क्रमांक – आक्सीकरण अंक + 2 (उपसहसंयोजक संख्या)

**उदाहरण : $K_4[Fe(CN)_6]$**

**Fe** परमाणु क्रमांक = **26**
**Fe** का आक्सीकरण अंक = **+2**
**Fe** की उपसहसंयोजकता = **6**
**Fe** का प्रभावी परमाणु क्रमांक (**EAN**) = **26 – (+2) + 2 (6)**
= **36 [Kr** विन्यास**]**

**$[Pt(NH_3)_6]^{4+}$**

**Pt** परमाणु क्रमांक = **78**
**Pt** का आक्सीकरण अंक = **+4**
**Pt** की उपसहसंयोजकता = **6**
**Pt** का प्रभावी परमाणु क्रमांक (**EAN**) = **78 – (+4) + 2 (6)**
**86 [Rn** विन्यास**]**

## संकुल यौगिकों का IUPAC नामकरण

IUPAC = International Union of Pure and Applied Chemistry

साधारण लवण की तरह पहले धनायन फिर ऋणायन का नाम लिखा जाता है।

| | | |
|---|---|---|
| साधारण लवण | NaCl | सोडियम क्लोराइड |
| संकुल लवण | $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ | हेक्साएमीनकोबोल्ट(III) क्लोराइड |
| | $K_2[PtCl_6]$ | पोटेशियम हेक्साक्लोरोप्लेटिनेट(IV) |

### समन्वयीमण्डल का नामकरण (Naming of Complex Species)

| लिगेन्ड का नाम अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम में | केन्द्रीय धातु परमाणु का नाम | धातु परमाणु की ऑक्सीकरण अवस्था रोमन अंकों में |
|---|---|---|

$[Cr(NH_3)_3(H_2O)_3]Cl_3$ ट्राइऐम्मीनट्राइएक्वाक्रोमियम (III) क्लोराइड

$K_2[PtCl_6]$ पोटेशियम हेक्साक्लोरोप्लेटिनेट(IV)

ऋणायन, धनायन और उदासीन लिगेन्ड को अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम में व्यवस्थित करके उनके नाम लिखते हैं। यदि एक ही लिगेन्ड दो या अधिक बार आता है तो उनके नाम से पूर्व डाई, ट्राई, टेट्रा आदि लिखा जाता है। यदि संकुल उदासीन या धनायन है तो उसका समापन धातु के नाम से हो जाता है।

$[CoCl(NH_3)_5]^{2+}$ पेन्टाएमीनक्लोरोकोबाल्ट(III) आयन
$[CoCl(NH_3)_5]Cl_2$ पेन्टाएमीनक्लोरोकोबाल्ट(III)क्लोराइड
$[PtCl(NH_3)]_2^{+}$ डाइऐम्मीनक्लोरोप्लेटिनम(III)आयन

यदि संकुल ऋणायन है तो इसका समापन केन्द्रीय धातु परमाणु के बाद 'ate' 'ऐट' लगाकर करते हैं।

| | |
|---|---|
| $[Co(CN)_6]^{3-}$ | हेक्सासायनोकोबाल्टेट(III) आयन |
| $Hg[Co(CNS)_4]$ | मर्क्युरिक टेट्राथायोसायनेटोकोबाल्टेट(II) |

संकुल यौगिकों में लिगेन्ड तीन प्रकार के होते हैं, ऋणायन, धनायन व उदासीन । ऋणात्मक लिगेन्ड का नाम "O" से समाप्त होता है।

| | |
|---|---|
| $CH_3COO^-$ | एसीटेटो |
| $CN^-$ | सायेनो |
| $Cl^-$ | क्लोरिडो |
| $OH^-$ | हाईड्रोक्सो |
| $C_2O_4^{--}$ | आक्सलेटो |
| $S^{--}$ | सल्फाइडो |
| $O^{--}$ | आक्सो |
| $ONO^-$ | नाइट्राइटो |
| $SCN^-$ | थायोसायनेटो |
| $CO_3^{--}$ | कार्बोनेटो |
| $SO_4^{--}$ | सल्फेटो |
| $NH^{--}$ | इमीडो |
| $NO_3^-$ | नाइट्रेटो |
| $NH_2CH_2COO^-$ | ग्लाइसीनेटो |

धनात्मक लिगेन्ड के नाम इयम 'ium' से समाप्त होता है।

| | |
|---|---|
| $NO^+$ | नाइट्रोसोनियम |
| $NO_2^+$ | नाइट्रोनियम |
| $NH_2NH_3^+$ | हाइड्रोजिनियम |

**उदासीन लिगेन्डों के नाम में कोई परिवर्तन नहीं होता।**

| | |
|---|---|
| $NH_3$ | एमीन |
| $H_2O$ | एक्वा |
| CO | कार्बोनिल |
| NO | नाइट्रोसिल |
| CS | थायोकार्बोनिल |
| $CH_3$ | मेथिल |
| $C_6H_5$ | फेनिल |
| $C_5H_5$ | साइक्लोपेन्टा डाइनिल |
| $C_5H_5N$ | पिरीडीन |
| $NH_2CH_2CH_2NH_2$ | एथिलीनडाइएमीन |

**उपसहसंयोजक यौगिक का सूत्र लिखना**

पहले धनायन फिर ऋणायन का सूत्र लिखते हैं।

संकुल का सूत्र लिखते समय बड़े कोष्ठक [ ] में पहले धातु का प्रतीक, ऋणायनी लिगेन्ड, उदासीन लिगेन्ड, धनात्मक लिगेन्ड को अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम में व्यवस्थित करके सूत्र लिखते हैं।

यदि संकुल धनायन हो तो उस पर स्थित धनावेश को उदासीन करने के लिए जितने ऋणावेश की आवश्यकता हो उसके अनुसार ऋणायन की संख्या संतुलित करते हैं।

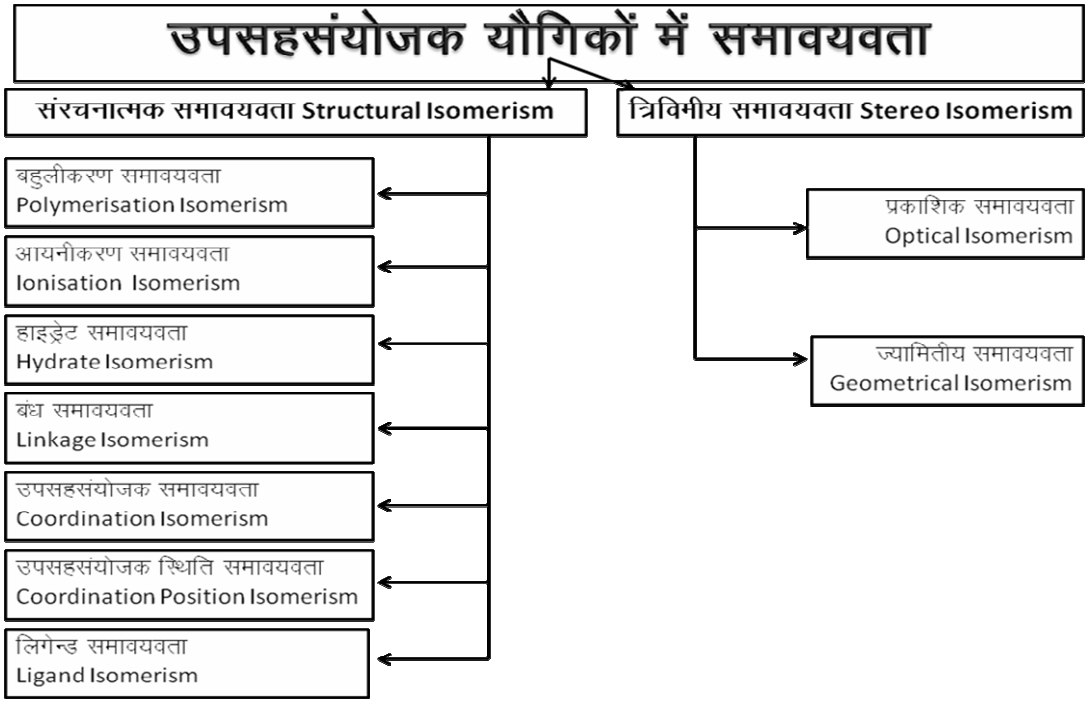
यदि संकुल ऋणायन है तो इस पर स्थित ऋणावेश को उदासीन करने के लिए आवश्यकतानुसार धनायन की संख्या संतुलित करते हैं।

पौटेशियम हेक्सासायनोफेरेट (II) $K[Fe^{II}(CN)_6]^X \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$

ट्रेटा**एमीन**डाइक्लोरो कोबाल्ट(III) आयन $[CoCl_2(NH_3)_4]^+$

## समावयवता (Isomerism)

यदि किसी एक ही अणुसूत्र द्वारा दो अथवा अधिक यौगिकों को प्रदर्शित किया जा सके तो उन यौगिकों को समावयवी (Isomers) व इस परिघटना को समावयवता (Isomerism) कहते हैं।




### संरचनात्मक समावयवता (Structural Isomerism)

यह समावयवता समान अणुसूत्रों वाले उपसहसंयोजक यौगिकों की भिन्न–भिन्न संरचना के कारण होती है।

## बहुलीकरण समावयवता (Polymerisation Isomerism)

- इनमें यौगिकों के मूलानुपाती सूत्र (Empirical Formula) समान होते हैं।
- अणुभार (Molecular Weight) भिन्न–भिन्न होते हैं।

$[PtCl_2(NH_3)_2]$ $PtCl_2N_2H_6$

$[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$ $[PtCl_2N_2H_6]_2$

$[Pt(NH_3)_4][PtCl_3(NH_3)]_2$ $[PtCl_2N_2H_6]_3$

## आयनीकरण समावयवता (Ionisation Isomerism)

- इस समावयवता में संकुल आयनों के अणुओं की समन्वयी मंडल (Coordination sphere) व आयनिक मंडल (Ionic sphere) में आयनों की अदला–बदली हो जाती है।

---

[समन्वयी मंडल] आयनिक मंडल

$[CoBr(NH_3)_5]SO_4$

पेन्टाएमीनब्रोमोकोबाल्ट(III) सल्फेट (बैंगनी रंग)

[समन्वयी मंडल] आयनिक मंडल

$[CoSO_4(NH_3)_5]Br$

पेन्टाएमीनसल्फेटोकोबाल्ट(III) ब्रोमाइड (लाल रंग)

[समन्वयी मंडल] आयनिक मंडल

$[PtCl_2(NH_3)_4]Br_2$

टेट्राएमीनडाईक्लोरोप्लेटिनम(IV) ब्रोमाइड

[समन्वयी मंडल] आयनिक मंडल

$[PtBr_2(NH_3)_4]Cl_2$

टेट्राएमीनडाईब्रोमोप्लेटिनम(IV) क्लोराइड

## हाइड्रेट समावयवता (Hydrate Isomerism)

- संकुल आयनों के जल ($H_2O$) अणुओं की स्थिति में अन्तरपरिवर्तन (समन्वयी मंडल और आयनिक मंडल में) हो जाता है।

---

[समन्वयी मंडल] आयनिक मंडल

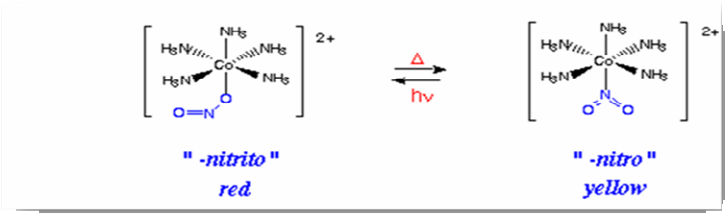
1.
- $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ हेक्साएक्वोक्रोमियम (III) क्लोराइड (बैंगनी रंग) — तीन आयनिक क्लोरीन
- $[CrCl(H_2O)_5]Cl_2.H_2O$ (नीला रंग) — दो आयनिक क्लोरीन
- $[CrCl_2(H_2O)_4]Cl.2H_2O$ (गहरा हरा रंग) — एक आयनिक क्लोरीन

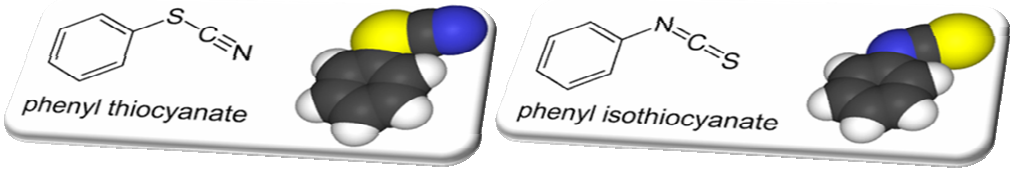
2. $[CoCl(NH_3)_4(H_2O)]Cl_2$ $[CoCl_2(NH_3)_4]Cl.H_2O$

3. $[CoCl(H_2O)(NH_3)_4]Br_2$ $[CoBr_2(NH_3)_4]Cl.H_2O$

## बंध समावयवता (Linkage Isomerism)

- ऐसे यौगिक जिनमें दोहरे दन्तुक लिगेन्ड (Ambidentate ligands) उपस्थित हों जो अलग दाता परमाणुओं से धातु से बंध बना सकें।




## उपसहसंयोजक समावयवता (Coordination Isomerism)

- जब किसी यौगिक का धनायन व ऋणायन दोनों उपसहसंयोजक संकुल के रूप में होते हैं उन दोनों संकुल आयनों में लिगेन्ड के अंतर परिवर्तन से जो समावयवी बनते हैं उन्हें उपसहसंयोजक समावयवी (Coordination Isomerism) कहते हैं।

[धनायन संकुल] ऋणायन संकुल

$[Co(NH_3)_6][Cr(CN)_6]$

हेक्साएमीन-कोबाल्ट(III) हेक्सासायनो-क्रोमेट(III)

[धनायन संकुल] ऋणायन संकुल

$[Cr(NH_3)_6][Co(CN)_6]$

हेक्साएमीन-क्रोमियम(III) हेक्सासायनो-कोबाल्ट (III)

## उपसहसंयोजक स्थिति समावयवता (Coordination Position Isomerism)

इसमें उपसहसंयोजक समावयवता की तरह दोनों धातु परमाणुओं के साथ जुड़े लिगेन्डों की स्थिति में परिवर्तन हो जाता है।

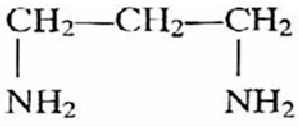
1. $[(NH_3)_4Co(NH_2)(O_2)Co(NH_3)_2Cl_2]^{2+}$ व $[Cl(NH_3)_3Co(NH_2)(O_2)Co(NH_3)_3Cl]^{2+}$

2. $[(NH_3)_4Co(OH)_2CoCl_4]$ व $[Cl_2(NH_3)_2Co(OH)_2Co(NH_3)_2Cl_2]$

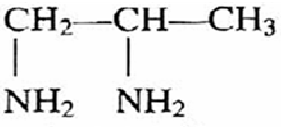
## लिगेन्ड समावयवता (Ligand Isomerism)

बहुत से लिगेन्ड स्वयं समावयवी रूपों में पाये जाते हैं। ऐसे लिगेन्ड संकुल में लिगेन्ड समावयवता दिखाते हैं।

**लिगेन्ड**



1,3-डाऐमीनो प्रोपेन (tn)



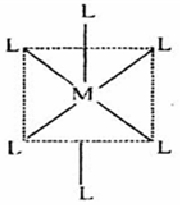
1,2-डाइऐमीनोप्रोपेन (pn)

**संकुल** $[CoCl_2(tn)_2]Cl$ तथा $[CoCl_2(pn)_2]Cl$

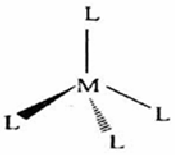
## त्रिविमीय समावयवता (Stereo Isomerism)

दो या दो से अधिक उपसहसंयोजक यौगिकों का अणुसूत्र एवं संरचना सूत्र समान हो परन्तु उनमें केन्द्रीय धातु परमाणु से बंधित लिगेन्डों की आकाशीय व्यवस्था (Spatial Arramgement) भिन्न हो तो वे त्रिविम समावयवी कहलाते हैं। उपसहसंयोजक यौगिक दो प्रकार की त्रिविम समावयवता प्रदर्शित करता है। उपसहसंयोजक की आकृति धातु की उपसहसंयोजक संख्या पर निर्भर करती है।

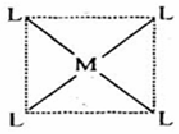
**ज्यामितीय समावयवता**
**Geometrical Isomerism**



अष्टफलकीय



चतुष्फलकीय

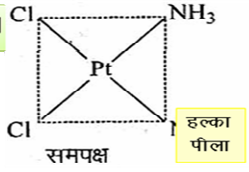


वर्गाकार समतलीय

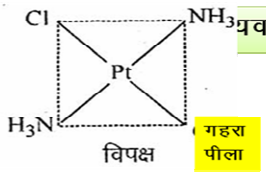
**समन्वयी संख्या 4 (Coordination N ... यवता**

**$MA_2B_2$ प्रकार :**

**$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$**
डाईएमीनडाईक्लोराप्लेटिनम(II)



समपक्ष — हल्का पीला

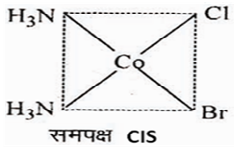


विपक्ष — गहरा पीला

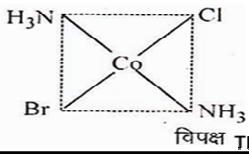
CIS TRANS

**$MA_2BC$ प्रकार :**

**$[Co(NH_3)_2ClBr]$**
डाईएमीनब्रोमिडोक्लोरोकोबाल्ट(II)



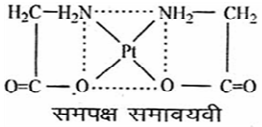
समपक्ष CIS



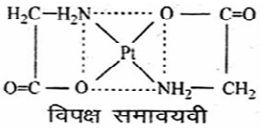
विपक्ष TRANS

**$M(AB)_2$ प्रकार :**

**$[Pt(gly)_2]$**
डाईग्लासीनेटोप्लेटिनम(II)



समपक्ष समावयवी
CIS

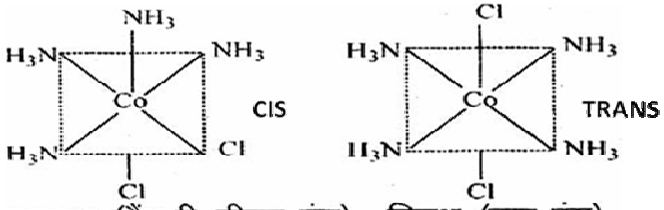


विपक्ष समावयवी
TRANS

## समन्वयी संख्या 6 (Coordination Number 6) के संकुलों में ज्यामितीय समावयवता

**$MA_4BC$ प्रकार :**

$[CoCl_2(NH_3)_4]$
टेट्राएमीनडाईक्लोरोकोबाल्ट(II)

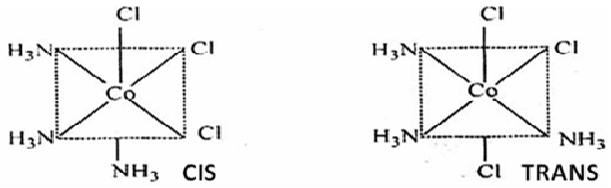



समपक्ष (बैंगनी नीला रंग) विपक्ष (हरा रंग)

---

**$MA_3B_3$ प्रकार :**

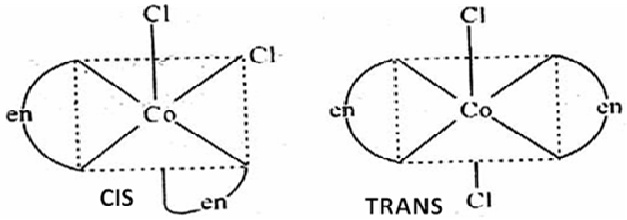
$[CoCl_3(NH_3)_3]$
ट्राईएमीनोट्राईक्लोरोकोबाल्ट(II)




---

**$M(AA)_2B_2$ प्रकार :**

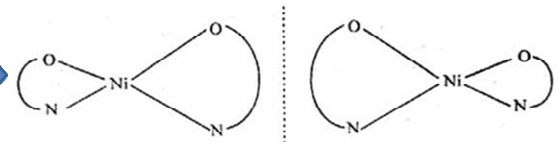
$[CoCl_2(en)_2]^+$
**en**=एथिलीनडाइएमीन
$NH_2CH_2CH_2NH_2$




**प्रकाशिक सामावयवता (Optical Isomerism):** प्रकाशित समावयवी ध्रुवित प्रकाश के तल को विपरीत दिशा में घुमा देते हैं। ये एक दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब होते हैं। इन्हें एक दूसरे पर अध्यारोपित नहीं कर सकते हैं। ये समावयवी d या (+) एवं l या (–) चिह्न से प्रदर्शित होते हैं। वे समावयवी जो ध्रुवित प्रकाश के तल को दांये ओर घुमा देते हैं d (+) एवं वे समावयवी जो प्रकाश के तल को बांयी और घुमा देते हैं l या (–) समावयवी कहलाते हैं।

## समन्वयी संख्या 4 (Coordination Number 4) के संकुलों में प्रकाशिक समावयवता

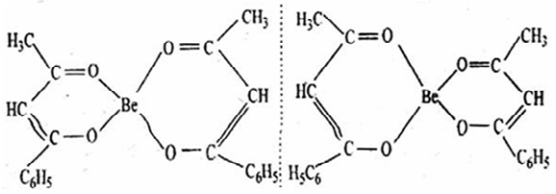
$[Ni(CH_2NH_2COO)_2]$
डाईग्लाइसीनेटोनिकिलेट(II)




ग्लाइसीनेट = $CH_2(NH_2)COO^-$

MIRROR

$[C_6H_5CO.CH.CO.CH_3)_2Be]$
डाईबेजाईनऐसीटोनेटोबेरिलियम(II)




## यौगिकों में आबंधन

### संयोजकता बंध सिद्धान्त (Valence Bond Theory)

1927 में हाइटल एवं लण्डन (Heitler and London) ने संयोजकता बंध

सिद्धान्त दिया और बाद में 1933 में पॉलिंग और स्लेटर (Pauling and slater) ने इसमें सुधार किये, पॉलिग ने संकरण (Hybridisation) की संकल्पना प्रस्तुत की।

इसके अनुसार यदि किसी परमाणु के बाह्यतम कोश के अर्थात संयोजकता कोश (Valence Orbital) के लगभग समान ऊर्जा लेकिन भिन्न–भिन्न आकृति वाले उतनी ही संख्या के नये कक्षक बनाये तो इस प्रक्रिया को संकरण (Hybridisation) कहते हैं। संकर कक्षक आकृति, ऊर्जा व दिशात्मक प्रवृति (Directional Nature) में एक दूसरे के बिल्कुल समान होते हैं।

**संकर कक्षक दिशात्मक प्रकृति होने के कारण प्रभावी अतिव्यापन कर सकते हैं। जिससे अतिव्यापन में अधिक ऊर्जा मुक्त होती है। अतः संकर कक्षकों के द्वारा बने बन्ध बहुत मजबूत होते हैं।**

| संकरण का प्रकार **Type of Hybridisation** | SP | $SP^2$ | $SP^3$ | $SP^3d$ | $SP^3d^2$ | $SP^3d^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| अणु की आकृति **Shape of molecule** | रेखीय Linear | समतल त्रिकोणीय Trigonal | चतुष्फलकीय Tetrahedral | त्रिकोणीय द्विपिरैमिडीय Trigonal bipyramidal | अष्टफलकीय Octahedral | पंचकोण द्विपिरैमिडीय Pentagonal bipyramidal |
| उदाहरण **Example** | $BeCl_2$ | $BCl_3$ | $CH_4$ | $PCl_5$ | $SF_6$ | $IF_7$ |
| σ बन्धों की संख्या **Number of σ Bonds** | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

## BONDING IN CO-ORDINATION COMPOUNDS :

**अष्टफलकीय संकुल (समन्वय संख्या 6)**

## Octahedral Complexes (Coordination No. 6)

केन्द्रीय धातु परमाण आवश्यकतानुसार (कम से कम लिगेडों की संख्या के बराबर) s,p एवं d कक्षक उपलब्ध कराते हैं जो लिगेंडों के साथ उपसहसंयोजक बंध बनाते हैं।

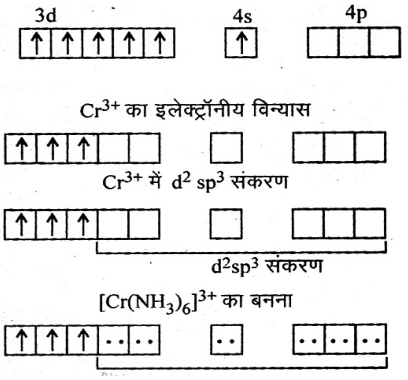
संकरण में धातु के पूर्ण भरे, आधे भरे या रिक्त कक्षक भाग ले सकते हैं।

धातु के संकरण में भाग लेने वाले कक्षक उतनी ही संख्या में नये समान ऊर्जा के संकरित कक्षक बनाते हैं। धातु के संकरित कक्षक लिगेन्ड के कक्षकों के साथ अतिव्यापन करते हैं। केन्द्रीय धातु परमाणु द्वारा बाह्य कोश के d कक्षक प्रयुक्त होने पर बाह्य कक्षक संकुल या उच्च चक्रण संकुल (Outer orbital Complex or High Spin Complex) बनते हैं एवं आंतरिक d कक्षक प्रयुक्त होने पर आंतरिक कक्षक संकुल या निम्न चक्रण संकुल (Inner Orbital Complex or Low Spin Complex) बनते हैं।

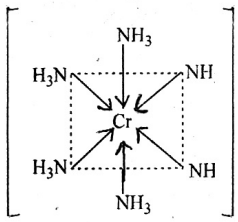
**अष्टफलकीय संकुल (समन्वय संख्या 6)** Octahedral Complexes
(Coordination No 6)

**हैक्साऐम्मीन क्रोमियम (III) आयन $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ :**

क्रोमियम का बाह्य इलेक्ट्रोनिक विन्यास $3d^5 4s^1$, क्रोमियम परमाणु की ऑक्सीडेशन अंक +3, क्रोमियम परमाणु का इलेक्ट्रानिक विन्यास :




छः $NH_3$ अणुओं से छः एकाकी इलेक्ट्रान युग्म प्रदान करने पर छः उपसहसंयोजक बंध बनते हैं।




## आकृतिः अष्टफलकीय (Octahedral)

आन्तरिक कक्षक (Inner Orbital), निम्न चक्रण (Low Spin) संकुल है।

**रंग :** अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होने के कारण रंगीन होगा

**चुम्बकीय गुण :** अयुग्मित इलेक्ट्रॉन उपस्थित होने के कारण यह अनुचुम्बकीय होगा।

**हेक्सासायनो फैरेट (III) आयन, $[Fe(CN)_6]^{3-}$,**

**Fe** परमाणु का बाह्य इलेक्ट्रानिक विन्यास $3d^6 4s^2$ है।

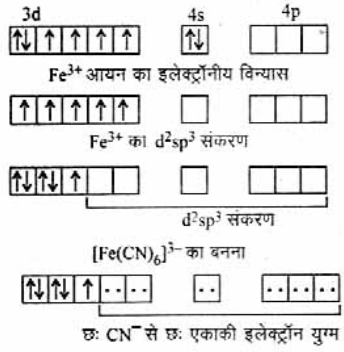
संकुल में **Fe** का आक्सीकरण अंक + 3 है।

**Fe** परमाणु का निम्नतम अवस्था में इलेक्ट्रानिक विन्यास

संकरण = $d^2sp^3$

ज्यामिति अष्टफलकीय,

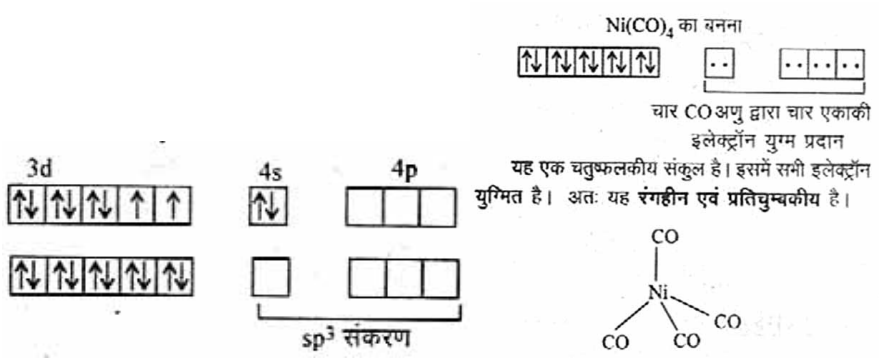
आन्तरिक कक्षक (Inner Orbital), निम्न चक्रण (Low Spin) संकुल अयुग्मित इलेक्ट्रॉन उपस्थित होने के कारण रंगीन एवं अनुचुम्बकीय होगा।



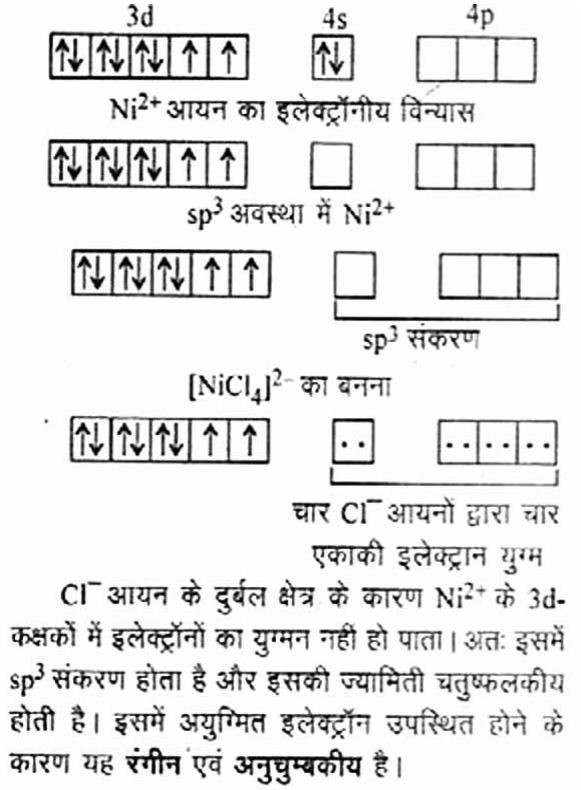

## चतुष्फलकीय संकुल (Tetrahedral Complex )

टेट्राकार्बोनिलनिकल (0), $[Ni(CO)_4]$

निकिल परमाणु का इलेक्ट्रानिक विन्यास $3d^8 4s^2$ है।
$[Ni(CO)_4]$ में निकिल परमाणु का ऑक्सीकरण अंक 0 है।




टेट्राक्लोरोनिकलेट (**II**), **$[NiCl_4]^{2-}$**
निकिल परमाणु का इलेक्ट्रानिक विन्यास $3d^8 4s^2$ है।
$[NiCl_4]^{2-}$ में निकिल परमाणु का ऑक्सीकरण अंक +2 है।




वर्ग समतलीय संकुल **(Square Planar Complex )**

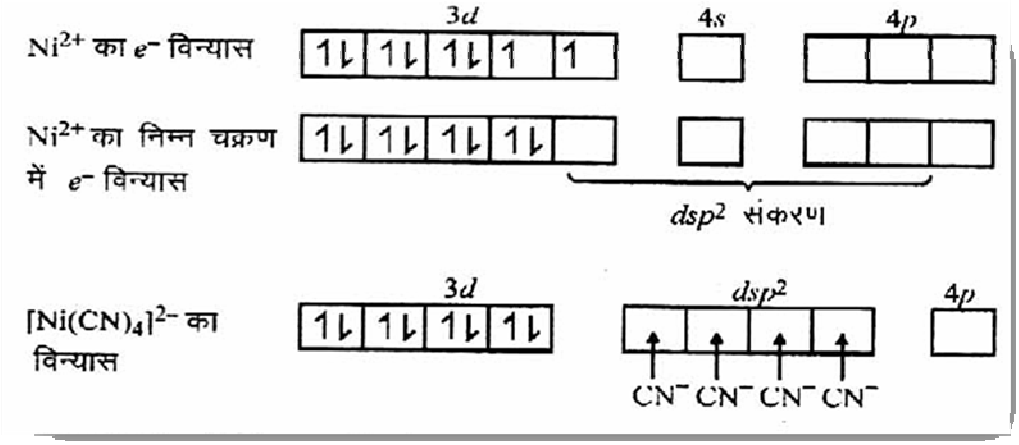
केन्द्रीय धातु परमाणु की $dsp^2$ संकरित अवस्था में वर्ग समतलीय ज्यामिति के संकुल बनते हैं।

टेट्रासायनोनिकलेट(II), $[Ni(CN)_4]^{2-}$

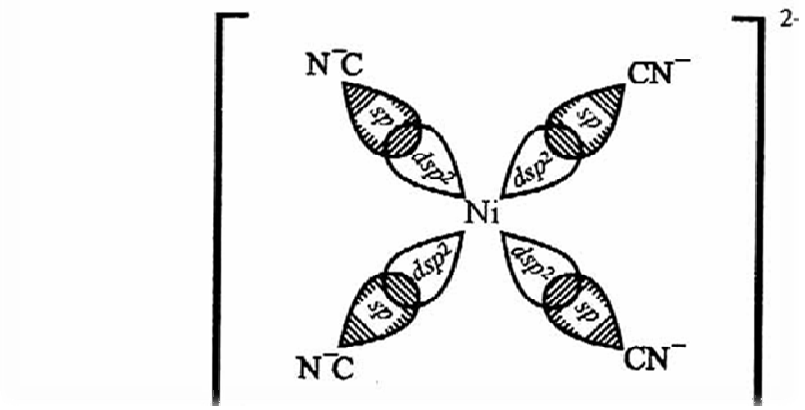
निकिल परमाणु का इलेक्ट्रानिक विन्यास $3d^8 4s^2$ है।

$[Ni(CN)_4]^{2-}$ में निकिल परमाणु का ऑक्सीकरण अंक +2 है।

$CN^-$ प्रबल लिगेन्डों की उपस्थिति में अयुग्मित d इलेक्ट्रान युग्मित होकर एक रिक्त b कक्षक उपलब्ध करवा देते हैं।




$[Ni(CN)_4]^{2-}$ की वर्ग समतलीय संरचना




संकरण = $dsp^2$

ज्यामिति वर्गसमतलीय,

आन्तरिक कक्षक (Inner Orbital) संकुल

युग्मित इलेक्ट्रॉन उपस्थित होने के कारण रंग हीन एवं प्रतिचुम्बकीय होगा।

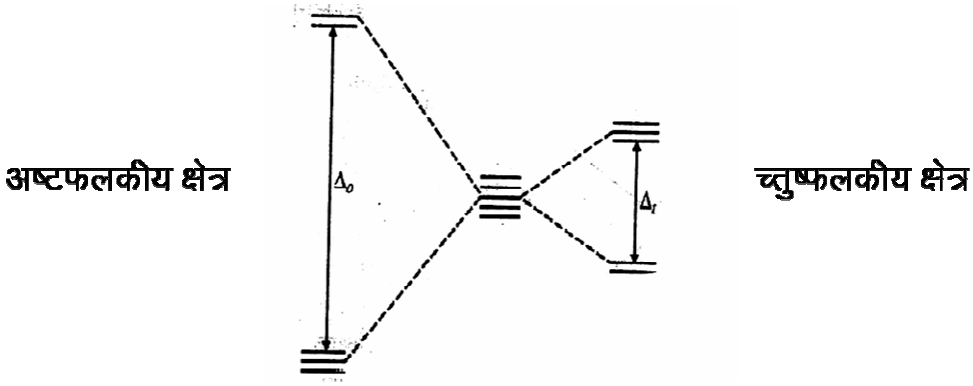
## क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धान्त **(Crystal Field Theory)**

संयोजकता बंध सिंद्धान्त (VBT) उपसहसंयोजक यौगिकों के चुम्बकीय गुण एवं प्रकाशिक अवशोषण स्पेक्ट्रा की व्याख्या नहीं करता है। अतः उपसहसंयोजक यौगिकों की क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धान्त (CFT) से व्याख्या की गई। इस सिद्धान्त के अनुसार केन्द्रीय धातु आयन और लिगेन्ड के मध्य उपस्थित बंध स्थिर विद्युत आकर्षण है।

धातु धनायन एवं लिगेन्ड के मध्य दो प्रकार के बल कार्य करते हैं।

1. धातु धनायन के नाभिक एवं लिगेन्डों के मध्य आकर्षण बल
2. धातु के इलेक्ट्रान और लिगेन्डों के इलेक्ट्रान के मध्य प्रतिकर्षण बल।

धातु कक्षक के इलेक्ट्रान जो लिगेन्ड के इलेक्ट्रान के अधिक समीप होते हैं अधिक प्रतिकर्षण अनुभव करते हैं। अतः धातु के d कक्षकों का विपाटन (Splitting) हो जाता है। इसे क्रिस्टल क्षेत्र विभाजन (Crystal Field Splitting) कहते हैं एवं ऊर्जा स्तरों की ऊर्जाओं का अन्तर क्रिस्टल क्षेत्र विभाजन ऊर्जा (Crystal Field Splitting Energy) कहलाती है।



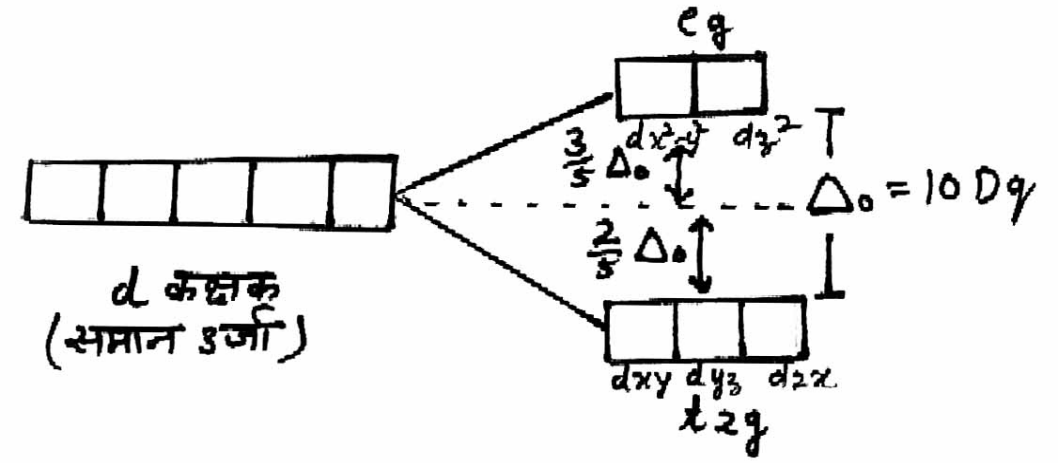

यदि लिगेन्ड प्रबल क्षेत्र उत्पन्न करता है तो धातु के d कक्षकों का विपाटन अधिक होता है। यदि लिगेन्ड दुर्बल क्षेत्र उत्पन्न करते हैं तो धातु के d कक्षकों का विपाटन कम होता है। लिगेन्डों को उनकी बढ़ती प्रबलता के क्रम में श्रेणी में व्यवस्थित किया गया है।

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

इस श्रेणी को स्पेक्ट्रो रासायनिक श्रेणी (Spectrochemical series) कहते हैं।

### अष्टफलकीय संकुल

धातु आयन के समान d कक्षक लिगेन्ड के e द्वारा प्रतिकर्षित होते हैं, $dx^2\text{-}y^2$ एवं $dz^2$ कक्षक dxy, dyz, dzx कक्षक से अधिक प्रतिकर्षित होते हैं अतः 5 d कक्षक दो समुच्चयों में $dx^2\text{-}y^2$, $dz^2(e_g)$ और dxy, dyz, एवं dzx ($t_{2g}$) में विभाजित हो जाते हैं। $t_{2g}$ एवं $e_g$ कक्षकों का अन्तर क्रिस्टल क्षेत्र विभाजन ऊर्जा कहलाता है। इसे $\Delta_0$ (0=अष्टफलकीय, Octahedral) अथवा 10Dq से प्रदर्शित करते हैं।




अविभाजित d कक्षक में इलेक्ट्रॉन किसी भी d कक्षक में रहते है परन्तु विभाजन के बाद इलेक्ट्रान पहले $t_{2g}$ कक्षक में जाते हैं। $t_{2g}$ कक्षक में इलेक्ट्रोन भरने पर ऊर्जा का उत्सर्जन होता है और मह कक्षक में इलेक्टान भरने पर ऊर्जा का अवशोषण होता है। कुल ऊर्जा का अन्तर CFSE क्रिस्टल क्षेत्र स्थायीकरण ऊर्जा (Crystal Field Stablisation Energy) कहलाता है।

## अष्टफलकीय संकुल

| आयन | विन्यास | अयुग्मितइलेक्ट्रान | CFSE |
|---|---|---|---|
| $d^1$ | $t^1_{2g}\ e_g^0$ 1 | - 4 Dq | **अनुचुम्बकीय** |
| $d^2$ | $t^2_{2g}\ e_g^0$ 2 | - 8 Dq | **अनुचुम्बकीय** |
| $d^3$ | $t^3_{2g}\ e_g^0$ 3 | - 12 Dq | **अनुचुम्बकीय** |

$d^4$ विन्यास आयन बाले धातु आयन के लिए विन्यास की दो संभावनाएं हैं यदि $\Delta_0$ का मान युग्मन ऊर्जा P से अधिक है $[\Delta_0 > P]$ (प्रबल क्षेत्र लिगेन्ड) चारों इलेक्ट्रॉन $t_{2g}$ कक्षक में जाएंगे। ($t^4_{2g}\ e_g^0$, CFSE =16Dq)
यदि $\Delta_0$ का मान युग्मन ऊर्जा P से कम है $[\Delta_0 < P]$ (दुर्बल क्षेत्र लिगेन्ड) तीन इलेक्ट्रान $t_{2g}$ कक्षक में और एक उच्च ऊर्जा वाले $e_g$ कक्षक में जाएंगे।
($t^3_{2g}\ e_g^1$, CFSE =6Dq)

**[$\Delta_0$>P]**

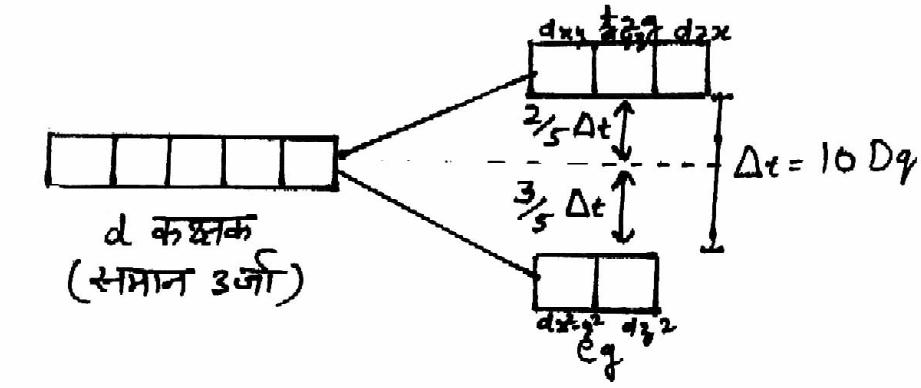
| आयन | विन्यास | अयुग्मित e | CFSE |
|---|---|---|---|
| $d^4$ | $t_{2g}^4\ e_g^0$ | 2 | -16 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^5$ | $t_{2g}^5\ e_g^0$ | 1 | - 20 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^6$ | $t_{2g}^6\ e_g^0$ | 0 | - 24 Dq प्रतिचुम्बकीय |
| $d^7$ | $t_{2g}^6\ e_g^1$ | 1 | - 18 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^8$ | $t_{2g}^6\ e_g^2$ | 2 | - 12 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^9$ | $t_{2g}^6\ e_g^3$ | 1 | - 6 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^{10}$ | $t_{2g}^6\ e_g^4$ | 0 | - 0 Dq प्रतिचुम्बकीय |

**[$\Delta_0$<P]**

| आयन | विन्यास | अयुग्मित e | CFSE |
|---|---|---|---|
| $d^4$ | $t_{2g}^3\ e_g^1$ | 4 | - 6 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^5$ | $t_{2g}^3\ e_g^2$ | 5 | - 0 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^6$ | $t_{2g}^4\ e_g^2$ | 4 | - 4 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^7$ | $t_{2g}^5\ e_g^2$ | 3 | - 8 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^8$ | $t_{2g}^6\ e_g^2$ | 2 | - 12 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^9$ | $t_{2g}^6\ e_g^3$ | 1 | - 6 Dq अनुचुम्बकीय |
| $d^{10}$ | $t_{2g}^6\ e_g^4$ | 0 | - 0 Dq प्रतिचुम्बकीय |

## चतुष्फलकीय संकुल (**Tetrahedral Complexes**)

धातु आयन के समान d कक्षक लिगेन्ड के e द्वारा प्रतिकर्षित होते हैं, dxy, dyz, dzx($t_{2g}$) कक्षक $dx^2$-$y^2$ एवं $dz^2$ कक्षक से अधिक प्रतिकर्षित होते हैं अतः $t_{2g}$ कक्षक $e_g$ कक्षक से अधिक ऊर्जा के हो जाते हैं।




| आयन | विन्यास | CFSE | प्रकृति |
|---|---|---|---|
| $d^1$ | $e_g^1\ t_{2g}^0$ | - 6 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^2$ | $e_g^2\ t_{2g}^0$ | - 12 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^3$ | $e_g^2\ t_{2g}^1$ | - 8 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^4$ | $e_g^2\ t_{2g}^2$ | - 4 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^5$ | $e_g^2\ t_{2g}^3$ | - 0 Dq | प्रतिचुम्बकीय |
| $d^6$ | $e_g^3\ t_{2g}^3$ | - 6 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^7$ | $e_g^4\ t_{2g}^3$ | - 12 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^8$ | $e_g^4\ t_{2g}^4$ | - 8 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^9$ | $e_g^4\ t_{2g}^5$ | - 4 Dq | अनुचुम्बकीय |
| $d^{10}$ | $e_g^4\ t_{2g}^6$ | - 0 Dq | प्रतिचुम्बकीय |

## उपसहसंयोजक यौगिकों का महत्व
## (Importance of Coordination compounds)

1. गुणात्मक विश्लेषण में (Quantitative Analysis)
2. धातुओं के निष्कर्षण में (extraction of Metals)
3. जैव प्रणाली में (Biological System)
4. इलेक्टौप्लेटिंग में (Electroplating)
5. फोटोग्राफी में (Photography)
6. रंजक और वर्णक के रूप में (Pigment)
7. औषधि के रूप में

### बहुचयनात्मक प्रश्न

निम्नलिखित संकुल में केन्द्रीय धातु की ऑक्सीकरण अवस्था, d कक्षकों का अधिग्रहण एवं उपसहसंयोजक संख्या बताइये।

(i) $K_3[Co(C_2O_4)_3]$

(ii) $(NH_4)_2(CoF_4)$

(iii) समपक्ष $[CrCl_2(en)_2]Cl$

(iv) $[Mn(H_2O)_6]SO_4$

| | ऑक्सीकरण अवस्था | उपसहसंयोजक संख्या | d कक्षकों का अभिग्रहण |
|---|---|---|---|
| (i) | $K_3[Co(C_2O_4)_3]$ +3 | 6 | $3d^6(t_{2g}^6eg^0)$ |
| (ii) | $(NH_4)_2(CoF_4)$ +2 | 4 | $3d^7(t_{2g}^5eg^2)$ |
| (iii) | समपक्ष $[CrCl_2(en)_2]Cl$ +3 | 7 | $3d^3(t_{2g}^3)$ |
| (iv) | $[Mn(H_2O)_6]SO_4$ +2 | 6 | $3d^6(t_{2g}^3eg^2)$ |

**IUPAC नियमों के आधार पर निम्नलिखित के लिये सूत्र लिखिये-**

**(a) टेट्राहाइड्रॉक्सोजिन्केट (II)**

**(b) हैक्साऐमीनकोबाल्ट (III) सल्फेट**

**(c) पोटैशियमटेट्राक्लोरिडोपैलेडेट (II)**

**(d) पोटैशियमट्राई (ऑक्सेलेट) क्रोमेट (III)**

**(e) डाइऐमीनडाइक्लोरिडोप्लैटिनम (II)**

**(f) हैक्साऐमीनप्लैटिनम (IV)**

**(g) पोटैशियम टेट्रासायनोनिकलेट (II)**

**(h) टेट्राब्रोमिडोक्युप्रेट (II)**

**(i) पेण्टाऐमीननाइट्रिटो–O–कोबाल्ट (III)**

**(j) पेण्टाऐमीननाइट्रिटो–N–कोबाल्ट (III)**

**हल :** (a) $[Zn(OH)_4]^{2-}$

(b) $[Co(NH_3)_6]_2(SO_4)_3$

(c) $K_2[PdCl_4]$

(d) $K_3[Cr(OX)_3]$

(e) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$

(f) $[Pt(NH_3)_6]^{4+}$

(g) $K_2[Ni(CN)_4]$

(h) $[CuBr_4)]^{2-}$

(i) $[Co(NH_3)_5(ONO)]^{2+}$

(j) $[Co(NH_3)_5(NO_2)]^{2+}$

---

**IUPAC नियमों के आधार पर निम्नलिखित के सुव्यवस्थित नाम लिखिये-**

**(a)** $[Co(NH_3)_6Cl_3$

**(b)** $[Co(NH_3)_4Cl(NO_2)]Cl$

**(c)** $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$

**(d)** $[Pt(NH_3)_2Cl(NH_2CH_3)]Cl$

**(e)** $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$

**(f)** $[NiCl_4]^{2-}$

**(g)** $[Co(en)_3)^{3+}$

**(h)** $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$

**(i)** $[Ni(CO)_4]$

**हल :** (a)हेक्साऐमीनकोबाल्ट (III) क्लोराइड

(b)टेट्राऐमीनक्लोरिडोनाइट्रिटो-N-कोबाल्ट (III)क्लोराइड

(c) हेक्साऐमीननिकल (II) क्लोराइड

(d) डाइऐमीनक्लोरिडो (मेथिलऐम्मीन) प्लेटिनम (II) क्लोराइड

(e) हेक्साऐक्वामैंगनीज (II) आयन

(f) टेट्राक्लोरिडोनिकिलेट (II) आयन

(g) ट्रिस (एथेन-1,2-डाईऐमीन) कोबाल्ट (III) आयन

(h) हेक्साऐक्वाटाइटेनियम (III) आयन

(i) टेट्रकार्बोनिलनिकिल (0)

1. $H_2O$, $H_2S$, $H_2Se$ तथा $H_2Te$ में से किसका क्वथनांक उच्चतम है–
   (a) $H_2O$ हाइड्रोजन आबन्धन के कारण
   (b) $H_2Te$ उच्च अणुभार के कारण
   (c) $H_2S$ हाइड्रोजन आबन्धन के कारण
   (d) $H_2Se$ निम्न अणुभार के कारण
2. भारी जल प्राप्त होता है–
   (a) उबलते जल से
   (b) $H_2O$ के प्रभाजी आसवन से
   (c) $H_2O$ के दीर्घित विद्युत्-अपघटन से
   (d) $H_2O$ को गर्म करके
3. पैरा तथा ऑर्थो हाइड्रोजन किसमें भिन्न होती हैं ?
   (a) परमाणु क्रमांक
   (b) परमाण्विक द्रव्यमान
   (c) प्रोटॉनों का चक्रण
   (d) न्यूट्रॉनों की संख्या
4. जल के मृदुकरण में पॉलीफॉस्फेट प्रयुक्त किए जाते हैं क्योंकि–
   (a) ये ऋणायनिक स्पीशीज के साथ विलेय संकुल बनाते हैं
   (b) ऋणायनिक स्पीशीज को अवक्षेपित करते हैं
   (c) धनायनिक स्पीशीज के साथ विलेय संकुल बनाते हैं
   (d) धनायनिक स्पीशीज को अवक्षेपित करते हैं
5. अनुमापनमितीय रूप से जल की कठोरता के निर्धारण में सामान्यत: प्रयुक्त अभिकर्मक है–
   (a) ऑक्जेलिक अम्ल
   (b) EDTA का डाइसोडियम लवण
   (c) सोडियम सिट्रेट
   (d) सोडियम थायोसल्फेट
6. निम्नलिखित में से कौन-सा प्रक्रम स्थायी कठोर जल बनाता है–
   (a) जल में $Na_2SO_4$ का योग
   (b) $CaCO_3$ द्वारा जल का संतृप्तीकरण
   (c) $MgCO_3$ द्वारा जल का संतृप्तीकरण
   (d) $CaSO_4$ द्वारा जल का संतृप्तीकरण
7. $H_2O_2$ किसमें ऑक्सीकरण का कार्य करता है–
   (a) उदासीन माध्यम
   (b) अम्लीय माध्यम
   (c) क्षारीय माध्यम
   (d) क्षारीय तथा उदासीन माध्यम
   (e) अम्लीय तथा क्षारीय माध्यम
8. व्यावसायिक 11.2 आयतन $H_2O_2$ विलयन की मोलरता है–
   (a) 1.0 (b) 0.5 (c) 11.2 (d) 1.12
   (e) 0.75
9. निम्न में से कौन वास्तविक परॉक्साइड है–
   (a) $NO_2$ (b) $MnO_2$ (c) $BaO_2$ (d) $SO_2$
10. $H_2O_2$ के बारे में क्या असत्य है–
   (a) यह ऑक्सीकारक तथा अपचायक रूप में कार्य करती है

(b) दो O—H आबन्ध समान जल में स्थित होते हैं
(c) नीला विलयन
(d) $O_3$ द्वारा ऑक्सीकृत हो जाती है

11. O—O आबन्ध लम्बाई का बढ़ता सही क्रम है–
(a) $O_3 < H_2O_2 < O_2$ (b) $O_2 < O_3 < H_2O_2$ (c) $O_2 < H_2O_2 < O_3$ (d) $H_2O_2 < O_2 < O_3$

12. जल गैस किसका मिश्रण है–
(a) $CO_2$ तथा $H_2O$ (b) CO तथा $H_2O$ (c) CO तथा $H_2$ (d) CO तथा $N_2$

13. हाइड्रोजन परॉक्साइड के व्यावसायिक नमूने पर 10 आयतन अंकित है। इसकी लगभग प्रतिशत शक्ति है–
(a) 3% (b) 1% (c) 9% (d) 10%

14. शुद्ध जल विद्युत् का चालन नहीं करता है क्योंकि यह है–
(a) क्षारीय
(b) लगभग अनायनित
(c) आसानी से वियोजित होता है
(d) अम्लीय

15. $Al_4C_3$ जल-अपघटित होकर ..... गैस देता है–
(a) $CH_4$ (b) $C_2H_6$ (c) $C_2H_4$ (d) $C_2H_2$

16. हाइड्रोजन को किस पर तनु $H_2SO_4$ की क्रिया से बनाया जा सकता है–
(a) कॉपर (b) आयरन (c) लैड (d) मरकरी

17. जल की $Na_2O_2$ से क्रिया द्वारा निम्न से कौन बनता है–
(a) $H_2$ (b) $O_2$ (c) $N_2$ (d) $CO_2$

18. 1 मोल PbS को $PbSO_4$ में रूपान्तरित करने के लिए "10 आयतन $H_2O_2$" का कितना आयतन आवश्यक होगा–
(a) 11.2 mL (b) 22.4 mL (c) 33.6 mL (d) 44.8 mL

19. जल गैस ($CO + H_2$) से हाइड्रोजन गैस के औद्योगिक निर्माण के सन्दर्भ में निम्न में से सही कथन है–
(a) CO उत्प्रेरक की उपस्थिति में भाप के साथ $CO_2$ में ऑक्सीकृत हो जाती है फिर $CO_2$ क्षार में अवशोषित हो जाती है
(b) CO तथा $H_2$ को इनके घनत्वों के आधार पर प्रभाजी रूप से पृथक् कर लिया जाता है
(c) CO को जलीय $Cu_2Cl_2$ विलयन में अवशोषित करके पृथक् करते हैं
(d) $H_2$ को Pd पर अधिशोषित कराकर पृथक् करते हैं

20. जल का आबन्ध कोण तथा द्विध्रुव आघूर्ण क्रमशः है–
(a) 109.5°, 1.84 D (b) 107.5°, 1.56 D (c) 104.5°, 1.84 D (d) 102.5°, 1.56 D

21. निम्न से किस ऑक्साइड को $H_2$ अपचयित नहीं कर सकता है?
(a) ऐल्युमिनियम ऑक्साइड
(b) कैल्शियम ऑक्साइड
(c) फेरस ऑक्साइड
(d) इनमें से कोई नहीं

22. निम्न में से कौन जल से हाइड्रोजन उत्पन्न करता है?
(a) गर्म स्टैनिक ऑक्साइड
(b) गर्म आइरन
(c) गर्म ऐल्युमिनियम ऑक्साइड
(d) गर्म कॉपर ऑक्साइड

23. काला तेल चित्र को पुनः मूल रूप में किसकी क्रिया द्वारा लाया जा सकता है?
(a) $Cl_2$ (b) $BaO_2$ (c) $H_2O_2$ (d) $MnO_2$

24. $H_2O$ की स्थायी कठोरता के लिए उत्तरदायी लवण है–
(a) $Na_2SO_4$ (b) $Mg(HCO_3)_2$ (c) NaCl (d) $MgCl_2$

25. निम्न में से किस अभिक्रिया में $H_2O_2$ अपचायक का कार्य करता है–
(a) $SO_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4$
(b) $2KI + H_2O_2 \rightarrow 2KOH + I_2$
(c) $PbS + 4H_2O_2 \rightarrow PbSO_4 + 4H_2O$
(d) $Ag_2O + H_2O_2 \rightarrow 2Ag + H_2O + O_2$

26. ऑक्साइड जो तनु अम्ल के साथ क्रिया करके $H_2O_2$ देता है–

(a) $PbO_2$ (b) $TiO_2$ (c) $MnO_2$ (d) $Na_2O_2$

27. '10 आयतन' $H_2O_2$ की सामर्थ्य है–

(a) 10 (b) 68 (c) 60.70 (d) 30.36

28. धातु जो अम्ल तथा NaOH के साथ क्रिया करके $H_2$ देती है–

(a) Fe (b) Cu (c) Zn (d) Hg

29. जल की अस्थायी कठोरता दूर करने में प्रयुक्त अभिकर्मक है/हैं–

(a) $Ca_3(PO_4)_2$ (b) $Ca(OH)_2$ (c) $Na_2CO_3$ (d) NaOCl

## उत्तर (Answers)

1. (a), 2. (c), 3. (c), 4. (c), 5. (b), 6. (d), 7. (e), 8. (a), 9. (c), 10. (b),
11. (b), 12. (c), 13. (a), 14. (b), 15. (a), 16. (b), 17. (b), 18. (d), 19. (a), 20. (c),
21. (d), 22. (b), 23. (c), 24. (d), 25. (b), 26. (d), 27. (d), 28. (c), 29. (b, c)