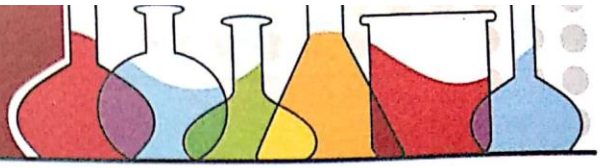
Name of the Teacher- Sutapa Chakrabarty
Subject: Chemistry
Class: Semester-4
Paper: DSC-1DT (CC-4)
Topic: Coordination Chemistry
Part 1

Comments: Go through the marked and underlined portions carefully and complete the given assignment.

Reference: Chhaya Rasayan, Dadwasi by Maiti, Tewari, Roy

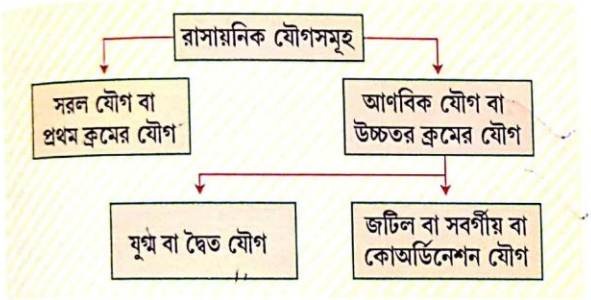
সবর্গীয় যৌগ বা জটিল যৌগ



ভূমিকা (Introduction)

1798 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী ট্যাসার্ট (*Taessart*) কোবাল্ট ক্লোরাইডের ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$) সঙ্গে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণে মিশিয়ে খোলা বায়ুতে রেখে দেন। এই মিশ্রণ থেকে তিনি কমলা রঙের একটি যৌগ প্রস্তুত করেন। রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায় যে, যৌগটির স্থূল সংকেত $CoCl_3 \cdot 6NH_3$। যৌগটির নামকরণ করা হয় **লিউটেও কোবাল্টিক ক্লোরাইড** (*Leuteo cobaltic chloride*)। সহজেই অনুমান করা যায় যে, বাতাসের অক্সিজেন দ্বিযোজী কোবাল্ট আয়নকে ত্রিযোজী কোবাল্টে পরিণত করেছে। কিন্তু বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায়, এই যৌগটির মধ্যে কোবাল্ট (III) এবং অ্যামোনিয়ার নিজস্ব বৈশিষ্ট্যগুলি অনুপস্থিত এবং যৌগটিতে এমন কতকগুলি নতুন ধর্ম পরিলক্ষিত হয়, যা কোবাল্ট ক্লোরাইড বা অ্যামোনিয়া, কোনোটিরই ধর্ম নয়। এরূপ যৌগকে বলা হয় **জটিল যৌগ** বা **সবর্গীয় যৌগ** বা **কোঅর্ডিনেশন যৌগ**। পরবর্তীকালে জানা গেছে যে এই প্রকারের যৌগগুলিতে একটি ধাতব পরমাণু বা আয়নকে পরিবেষ্টন করে কয়েকটি বিপরীতধর্মী আয়ন বা প্রশম অণু সুসংবদ্ধভাবে যুক্ত থাকে। বহু সংখ্যক সন্ধিগত মৌল ও কিছু কিছু অন্যান্য মৌল এরূপ যৌগ গঠনে অংশগ্রহণ করে। জীবদেহে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালনকারী তিনটি জটিল যৌগ হল ক্লোরোফিল, হিমোগ্লোবিন ও ভিটামিন-B_{12}। এগুলি যথাক্রমে ম্যাগনেশিয়াম, আয়রন ও কোবাল্ট-ঘটিত জটিল যৌগ। এছাড়া বৈশ্লেষিক রসায়নে, ধাতু নিষ্কাশনে, তড়িৎলেপনে, ওষুধশিল্পে ও অনুঘটন প্রক্রিয়ায় বিবিধ জটিল যৌগ অংশগ্রহণ করে।

9.1 রাসায়নিক যৌগসমূহের শ্রেণিবিভাগ (Classification of Chemical Compounds)



প্রথম ক্রমের যৌগ বা সরল যৌগ

দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণু তড়িৎযোজ্যতা বা সমযোজ্যতার মাধ্যমে পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সরল যৌগ গঠন করে।

উদাহরণ সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) (একটি আয়নীয় যৌগ), হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) (একটি সমযোজী যৌগ) প্রভৃতি প্রথম ক্রমের যৌগ বা সরল যৌগ।

দ্বিতীয় ক্রমের যৌগ বা আণবিক যৌগ

দুই বা ততোধিক প্রথম ক্রমের যৌগ মিলিত হয়ে আণবিক যৌগ গঠন করে। এভাবে উৎপন্ন যৌগ সুস্থায়ী হলেও বহুক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণে এদের স্থায়িত্ব নষ্ট হয়ে যায়। যৌগগুলির উৎপত্তি ও বন্ধনের প্রকৃতি তড়িৎযোজ্যতা ও সমযোজ্যতার দ্বারা যথার্থভাবে ব্যাখ্যা করা যায় না।

উদাহরণ বিভিন্ন সোদক লবণ ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণ ($CuSO_4 \cdot 4NH_3$; $CoCl_3 \cdot 6NH_3$), ফেরোসায়ানাইড লবণ, $Fe(CN)_2 \cdot 4KCN$; অ্যালাম জাতীয় লবণ, $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ ইত্যাদি।

উচ্চতর ক্রমের যৌগগুলিকে আবার দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে—
1. দ্বৈত বা যুগ্ম যৌগ (বা লবণ) 2. জটিল বা সবর্গীয় বা কোঅর্ডিনেশন যৌগ (বা লবণ)

9.1.1 দ্বৈত বা যুগ্ম লবণ বা দ্বি-লবণ (Double salts)

ফেরাস সালফেট, $FeSO_4$ ও অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$- এই দুটি প্রশম লবণকে ওদের সংকেত ভরের অনুপাতে মিশিয়ে জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করে, সেই দ্রবণকে গাঢ় করার পর ঠান্ডা করলে **হালকা সবুজ বর্ণের কেলাস** উৎপন্ন হয়। এই কেলাসের সংযুতি $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$, যার রাসায়নিক নাম **ফেরাস অ্যামোনিয়াম সালফেট হেক্সাহাইড্রেট**। সাধারণভাবে এটি **মোর লবণ** (*Mohr salt*) নামে পরিচিত। একইভাবে পটাশিয়াম সালফেট, K_2SO_4 ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3$ -এই দুটি লবণকে সংকেত ভরের অনুপাতে মিশিয়ে মিশ্র দ্রবণ কেলাসিত করলে **ফটকিরি বা সাধারণ অ্যালাম** $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ -এর **বর্ণহীন কেলাস** উৎপন্ন হয়। এইভাবে বহুসংখ্যক লবণ প্রস্তুত করা যায়। এই প্রকারের লবণগুলি শুধু কঠিন অবস্থায় তাদের সংযুতি অপরিবর্তিত রেখে তাদের স্থায়িত্ব বজায় রাখে। কেলাস-জালকের সুনির্দিষ্ট অবস্থানে লবণগুলির উপাদান আয়নসমূহ আয়নীয় বন্ধন ও অন্যান্য মৃদু আকর্ষণী বলের প্রভাবে সুসংবদ্ধ থাকে বলেই কঠিন অবস্থায় এদের সংযুতি অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু **এই লবণগুলিকে জলে দ্রবীভূত করলে উপাদান লবণ দুটি পৃথকভাবে বিয়োজিত হয়ে নিজ নিজ আয়ন উৎপন্ন করে**। এই প্রকারের লবণই হল যুগ্ম লবণ বা দ্বি-লবণ।

উদাহরণ কার্নালাইটকে জলে দ্রবীভূত করলে K^+, Mg^{2+} ও Cl^- আয়নগুলি উৎপন্ন হয়। অনুরূপে মোর লবণ থেকে Fe^{2+}, NH_4^+ ও SO_4^{2-} আয়নগুলি উৎপন্ন হয়।

Scanned with CamScanner

$$KCl\cdot MgCl_2\cdot 6H_2O \rightleftharpoons K^+ + Mg^{2+} + 3Cl^- + 6H_2O$$
কার্নালাইট

$$FeSO_4\cdot(NH_4)_2SO_4\cdot 6H_2O \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2NH_4^+ + 2SO_4^{2-} + 6H_2O$$
মোর লবণ

নীচের পরীক্ষাগুলির সাহায্যে মোর লবণের জলীয় দ্রবণে Fe^{2+}, NH_4^+ ও SO_4^{2-} আয়নের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়—❶ **প্রথম অংশে** লঘু H_2SO_4 যোগ করে কয়েক ফোঁটা পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণ মেশালে **নীল বর্ণের** (*turnbull's blue*) অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যা দ্রবণে Fe^{2+} আয়নের উপস্থিতি প্রমাণ করে। ❷ **দ্বিতীয় অংশে** দু-একটি কঠিন NaOH দানা যোগ করে মিশ্রণকে ফোঁটানোর পর নির্গত গ্যাসকে **নেস্‌লার দ্রবণের** (*Nessler's solution*) মধ্য দিয়ে চালনা করলে **বাদামি বর্ণের অধঃক্ষেপ** উৎপন্ন হয়। এতে দ্রবণে NH_4^+ আয়নের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়। ❸ **তৃতীয় অংশে** লঘু HCl যোগ করে অম্লায়িত করার পর $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করলে **সাদা অধঃক্ষেপ** উৎপন্ন হয় যা অ্যাসিডে অদ্রাব্য। এতে দ্রবণে SO_4^{2-} আয়নের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

যুগ্ম লবণ বা দ্বি-লবণ: যদি দুই বা ততোধিক প্রশম লবণ নিজ নিজ সংকেত ভরের অনুপাতে যুক্ত হয়ে এমন একটি লবণ উৎপন্ন করে যা কঠিন অবস্থায় তার সংযুতি অপরিবর্তিত রাখতে সক্ষম হলেও জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে উপাদান আয়নসমূহ উৎপন্ন করে, তবে ওই প্রকারের লবণকে যুগ্ম লবণ বা দ্বি-লবণ বলে।

যুগ্ম লবণ জলীয় দ্রবণে উপাদান আয়নসমূহে বিয়োজিত হলেও জলীয় দ্রবণকে গাঢ় করলে পুনরায় যুগ্ম লবণ কেলাসিত হয়।

যুগ্ম লবণের শ্রেণিবিভাগ: যুগ্ম লবণ প্রধানত তিন শ্রেণির হয়। যথা—

শ্রেণি	সাধারণ সংকেত	উদাহরণ
অ্যালাম (Alum)	$M_2^{I}SO_4\cdot M_2^{III}(SO_4)_3\cdot 24H_2O$ যেখানে M(I)=Na^+, K^+, NH_4^+ ইত্যাদি ও M(III)=Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}, Co^{3+} ইত্যাদি	পটাশ অ্যালাম: $K_2SO_4\cdot Al_2(SO_4)_3\cdot 24H_2O$ ক্রোম অ্যালাম: $K_2SO_4\cdot Cr_2(SO_4)_3\cdot 24H_2O$
স্কোনাইট (Schonite)	$M^{II}SO_4\cdot M_2^{I}SO_4\cdot 6H_2O$	মোর লবণ: $FeSO_4\cdot(NH_4)_2SO_4\cdot 6H_2O$
কার্নালাইট (Carnalite)	$M^{I}Cl\cdot M^{II}Cl_2\cdot 6H_2O$	প্রাকৃতিক কার্নালাইট: $KCl\cdot MgCl_2\cdot 6H_2O$

9.1.2 জটিল বা সবর্গীয় বা কোঅর্ডিনেশন যৌগ (Complex compounds or Coordination compounds)

ফেরাস সায়ানাইড, $Fe(CN)_2$ ও পটাশিয়াম সায়ানাইড, KCN -কে 1 : 4 সংকেত ভরের অনুপাতে মিশ্রিত করে জলে দ্রবীভূত করার পর কেলাসিত করলে হালকা হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়, যার রাসায়নিক সংযুতি $Fe(CN)_2\cdot 4KCN$। লবণটির জলীয় দ্রবণে Fe^{2+} ও CN^- আয়নের উপস্থিতি পরিলক্ষিত হয় না; শুধু K^+ এবং নতুন ধর্মবিশিষ্ট জটিল ফেরোসায়ানাইড $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়নের উপস্থিতির প্রমাণ পাওয়া যায়। এই জটিল আয়নটি $FeCl_3$ দ্রবণের সঙ্গে গাঢ় নীল বর্ণ (*prussian blue*) **অধঃক্ষেপ** উৎপন্ন করে। এছাড়া লবণটির জলীয় দ্রবণে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করলে Fe^{2+} আয়নযুক্ত ফেরোসায়ানাইড আয়ন ধনাত্মক তড়িদ্দ্বার অভিমুখে ধাবিত হয়। এর দ্বারা প্রমাণিত হয়, এই লবণে মুক্ত Fe^{2+} আয়নের অস্তিত্ব লোপ পেয়েছে ও এই আয়ন ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট CN^- আয়নের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়নে পরিণত হয়েছে। সুতরাং $Fe(CN)_2$ এবং KCN-এর বিক্রিয়ায় Fe^{2+} ও CN^- আয়নের সমন্বয়ে একটি সুসংবদ্ধ ও স্থিতিশীল নতুন আয়নের সৃষ্টি হয়, যা জলীয় দ্রবণে তার স্বাধীন সত্তা অক্ষুণ্ণ রাখে।

$$Fe(CN)_2 + 4KCN \rightleftharpoons K_4[Fe(CN)_6]$$
ফেরাস সায়ানাইড + পটাশিয়াম সায়ানাইড ⇌ পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড (জটিল যৌগ)

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

কোঅর্ডিনেশন যৌগকে সংক্ষেপে **কমপ্লেক্স** বলে।

জটিল যৌগ (লবণ) বা আয়ন: দুই বা ততোধিক সরল অণু বা আয়নের সমন্বয়ে গঠিত নতুন সুসংবদ্ধ ও পুঞ্জীভূত অণু বা আয়ন যা কঠিন ও দ্রবীভূত উভয় অবস্থাতেই নিজের স্বাধীন সত্তা বজায় রাখে, তাকে জটিল যৌগ (লবণ) বা জটিল আয়ন বলে।

কতগুলি জটিল লবণের উৎপাদন ও জলীয় দ্রবণে বিয়োজন

জটিল লবণের উৎপাদন	জলীয় দ্রবণে বিয়োজন
$CuSO_4 + 4NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]SO_4$	$[Cu(NH_3)_4]SO_4 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}$
$HgI_2 + 2KI \rightleftharpoons K_2[HgI_4]$	$K_2[HgI_4] \rightleftharpoons 2K^+ + [HgI_4]^{2-}$
$PtCl_2 + 2KCl \rightleftharpoons K_2[PtCl_4]$	$K_2[PtCl_4] \rightleftharpoons 2K^+ + [PtCl_4]^{2-}$
$AgNO_3 + 2NH_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]NO_3$	$[Ag(NH_3)_2]NO_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^+ + NO_3^-$

যুগ্ম লবণ (বা দ্বি-লবণ) ও জটিল লবণের পার্থক্য

বিষয়	যুগ্ম লবণ বা দ্বি-লবণ	জটিল লবণ
গঠন	একাধিক সরল লবণের সমন্বয়ে গঠিত হয়।	একাধিক সরল লবণের সমন্বয়ে বা অন্য কোনো পদ্ধতিতেও জটিল লবণ গঠিত হতে পারে।
অস্তিত্ব	কেবলমাত্র কঠিন অবস্থাতে অস্তিত্ব আছে।	কঠিন অবস্থা বা জলীয় দ্রবণ উভয় ক্ষেত্রেই অস্তিত্ব বজায় থাকে।
আয়নীভবন	দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়ে উপাদান আয়নসমূহ উৎপন্ন করে।	দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় না। তবে আয়নীভবনের ফলে জটিল ক্যাটায়ন বা জটিল অ্যানায়ন বা উভয়ই উৎপন্ন হয় এবং উপাদান আয়নগুলির অস্তিত্ব লোপ পায়।
দ্রাব্যতা	এগুলি জলে দ্রাব্য।	কিছু জটিল লবণ জলে দ্রবীভূত হয়।
সমাবয়বতা	সমাবয়বতা প্রদর্শন করে না।	সমাবয়বতা প্রদর্শনে সক্ষম।
কেলাস-জল	একাধিক কেলাস-জলের অণু থাকে।	কেলাস-জলের অণু থাকা আবশ্যক নয়।

Scanned with CamScanner

12 ভার্নারের সবর্গীয় তত্ত্ব বা কোঅর্ডিনেশন তত্ত্ব (Werner's Coordination Theory)

জটিল যৌগে পরমাণুসমূহের রাসায়নিক বন্ধন সম্পর্কে 1893 খ্রি. বিজ্ঞানী আলফ্রেড ভার্নার (*Alfred Werner*) তাঁর বিখ্যাত **সবর্গীয় তত্ত্ব** বা **কোঅর্ডিনেশন তত্ত্ব** প্রকাশ করেন। এই তত্ত্ব জটিল যৌগের সৃষ্টি, যৌগমধ্যস্থ পরমাণুসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বন্ধন এবং যৌগগুলির প্রকৃতি ও গঠন-বিন্যাস সম্পর্কে সুষ্ঠু ব্যাখ্যা দিতে সমর্থ হয়।

i) প্রতিটি কোঅর্ডিনেশন যৌগে একটি **কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়ন** থাকে যার **দুই প্রকার** যোজ্যতা বর্তমান— ① **মুখ্য বা আয়নীয় যোজ্যতা** (*primary or ionisable valency*) ② **গৌণ বা অনায়নীয় যোজ্যতা** (*secondary or non-ionisable valency*)

ii) **কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের মুখ্য যোজ্যতাগুলি অ্যানায়ন দ্বারা পরিপূক্ত হয়।** জলীয় দ্রবণে অ্যানায়নগুলি ধাতব আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। তাই **মুখ্য যোজ্যতাকে আয়নীয় যোজ্যতা বলে**। কেন্দ্রীয় আয়নের মুখ্য যোজ্যতা দ্বারা আয়নটির জারণ সংখ্যাকে বোঝানো হয়।

iii) **কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের গৌণ যোজ্যতাগুলি দাতা পরমাণুযুক্ত অ্যানায়ন বা প্রশম অণু বা কিছু ক্ষেত্রে ক্যাটায়ন** (যেমন, NO^+) **দ্বারা পরিপূক্ত হয়**। গৌণ যোজ্যতা পরিপূক্তকারী আয়ন বা প্রশম অণুগুলিকে **লিগ্যান্ড** বলে। জলীয় দ্রবণে লিগ্যান্ডগুলি কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয় না। তাই **গৌণ যোজ্যতাকে অনায়নীয় যোজ্যতা বলে।**

iv) **কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের গৌণ যোজ্যতার সংখ্যা নির্দিষ্ট।** গৌণ যোজ্যতার এই মানকে সংশ্লিষ্ট ধাতব পরমাণু বা আয়নের **সবর্গাঙ্ক** বা **কোঅর্ডিনেশন** সংখ্যা (*coordination number*) বলে।

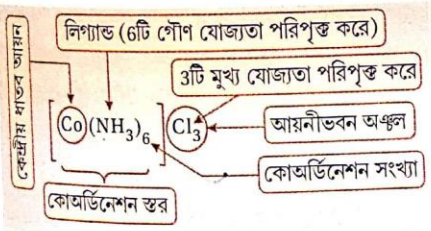
ধাতব আয়ন	সবর্গাঙ্ক(C.N.)	ধাতব আয়ন	সবর্গাঙ্ক(C.N.)
Fe^{2+}	6	^{0}Ni	4
Fe^{3+}	4, 6	Ni^{2+}	4
Co^{3+}	6	Cu^{2+}	4
Pt^{4+}	6	Pt^{2+}	4
Cr^{3+}	6	Zn^{2+}	4
Mn^{2+}	6	Ag^{+}, Au^{+}	2

v) কেন্দ্রীয় ধাতব আয়ন ও তার সঙ্গে গৌণ যোজ্যতায় আবদ্ধ প্রশম অণু বা আয়নগুলি মিলিতভাবে জটিল যৌগের **প্রথম সবর্গীয় স্তর বা কোঅর্ডিনেশন স্তর** (বা অঞ্চল) গঠন করে। কোঅর্ডিনেশন স্তরটিকে তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে লিখে প্রকাশ করা হয়। বন্ধনীমধ্যস্থ জটিল আয়নটি (বা যৌগটি) জলীয় দ্রবণে অবিয়োজিত থাকে।

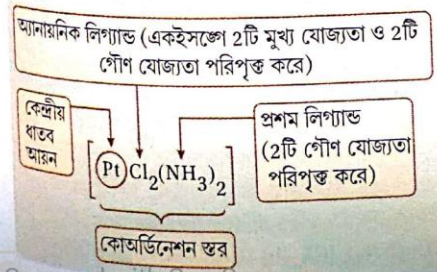
vi) **কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের গৌণ যোজ্যতাগুলি ত্রিমাত্রিক দিকে নির্দিষ্ট অভিমুখে বিন্যস্ত থাকে এবং তদনুযায়ী সংশ্লিষ্ট জটিল যৌগ বা জটিল আয়নটি একটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক গঠনাকৃতি লাভ করে।**

① যেসব ধাতব আয়নের **কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা 6**, তাদের 6টি গৌণ যোজ্যতা একটি অষ্টতলকের (*octahedron*) 6টি কৌণিক বিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে এবং ওই অষ্টতলকের কেন্দ্রে ধাতব আয়নটি অবস্থান করে। যেমন— $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, $[CoCl(NH_3)_5]^{2+}$, $[CoCl_2(NH_3)_4]^{+}$ ইত্যাদি। ② যেসব ধাতব আয়নের **কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা 4**, তাদের গৌণ যোজ্যতাসমূহ একটি চতুস্তলকের (*tetrahedron*) বা একটি সমতলীয় বর্গের (*square plane*) চারটি কৌণিক বিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে এবং ধাতব আয়নটি ওই চতুস্তলকের বা সমতলীয় বর্গের কেন্দ্রে অবস্থান করে। চতুস্তলকীয় $[Ni(CO)_4]$ এবং সমতলীয় বর্গাকার $[PtCl_4]^{2-}$ যৌগগুলিতে ^{0}Ni ও Pt^{2+}-এর এরূপ গৌণ যোজ্যতা দেখা যায়।

vii) **মুখ্য যোজ্যতা পরিপূক্তকারী অ্যানায়নগুলি কোঅর্ডিনেশন স্তরের বাইরে অবস্থান করে।** তাই জটিল যৌগের সংকেত লেখার সময় এগুলিকে তৃতীয় বন্ধনীর বাইরে লেখা হয়। এই বহিস্থ অঞ্চলটিকে বলা হয় **আয়নীভবন অঞ্চল**।

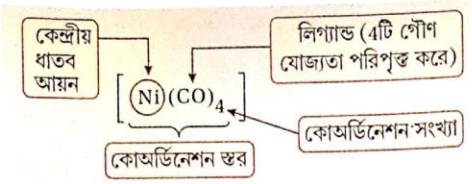


এই কোঅর্ডিনেশন যৌগে Co^{3+} আয়নের মুখ্য বা আয়নীয় যোজ্যতা 3 এবং তা 3টি Cl^- আয়ন দ্বারা পরিপূক্ত হয়েছে। জলীয় দ্রবণে এই 3টি Cl^- আয়ন কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় অর্থাৎ মুক্ত আয়নরূপে দ্রবণে বিচরণ করে। আবার উক্ত যৌগে Co^{3+} আয়নের গৌণ যোজ্যতা 6 এবং এই যোজ্যতাগুলি 6টি NH_3 অণু দ্বারা পরিপূক্ত হয়েছে। জলীয় দ্রবণে NH_3 অণুগুলি Co^{3+} আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয় না। Co^{3+} আয়ন এবং ওই আয়নের সঙ্গে যুক্ত NH_3 অণুগুলি একত্রে কোঅর্ডিনেশন স্তর গঠন করে।

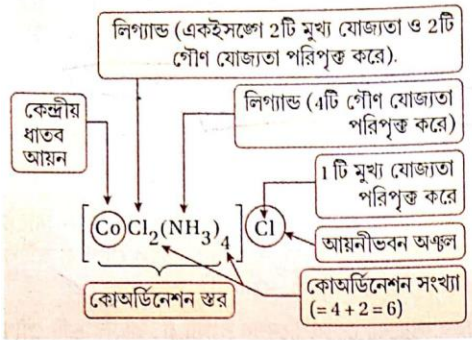


এই কোঅর্ডিনেশন যৌগে Pt^{2+} আয়নের মুখ্য যোজ্যতা বা আয়নীয় যোজ্যতা 2 ও এই যোজ্যতাগুলি কোঅর্ডিনেশন স্তরে উপস্থিত 2টি Cl^- আয়ন দ্বারা পরিপূক্ত হয়েছে। আবার উক্ত যৌগে Pt^{2+} আয়নের গৌণ যোজ্যতা 4 এবং এই যোজ্যতাগুলি 2টি Cl^- আয়ন (উপরিউক্ত) ও 2টি NH_3 অণু দ্বারা পরিপূক্ত হয়েছে। অর্থাৎ 2টি Cl^- আয়ন একই সঙ্গে 2টি মুখ্য যোজ্যতা ও 2টি গৌণ যোজ্যতা পরিপূক্ত করেছে। এই Cl^- আয়নগুলি গৌণ যোজ্যতা পরিপূক্তিতে অংশগ্রহণ করায় এগুলি জলীয় দ্রবণে Pt^{2+} আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয় না। উল্লেখ্য, এই যৌগের কোঅর্ডিনেশন স্তরটি তড়িৎপ্রশম হওয়ায় ওই স্তরের বাইরে কোনো আয়ন অবস্থান করে না অর্থাৎ যৌগটিতে আয়ননযোগ্য কোনো মূলক নেই।

Scanned with CamScanner



এই কোঅর্ডিনেশন যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু $\overset{0}{Ni}$ -এর মুখ্য যোজ্যতা শূন্য। এই শূন্য মুখ্য যোজ্যতা পরিপূরক করার প্রশ্ন ওঠে না। কেবলমাত্র ওই ধাতব পরমাণুটি ($\overset{0}{Ni}$) গৌণ যোজ্যতা পরিপূরকের জন্য 4টি প্রশম CO অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়েছে।



এই কোঅর্ডিনেশন যৌগে Co^{3+} আয়নের মুখ্য বা আয়নীয় যোজ্যতা 3 এবং এই যোজ্যতাগুলি কোঅর্ডিনেশন স্তরের বাইরে উপস্থিত 1টি Cl^- আয়ন ও কোঅর্ডিনেশন স্তরের অভ্যন্তরে উপস্থিত 2টি Cl^- আয়ন দ্বারা পরিপূরক হয়েছে। জলীয় দ্রবণে, কোঅর্ডিনেশন স্তরের বাইরে উপস্থিত 1টি Cl^- আয়ন কেন্দ্রীয় Co^{3+} আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় অর্থাৎ এটি Cl^- আয়নরূপে দ্রবণে বিচরণ করে। অপর দুটি Cl^- আয়ন কোঅর্ডিনেশন স্তরের অভ্যন্তরে থাকায় এগুলি Co^{3+} আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয় না। আবার উক্ত যৌগে Co^{3+} আয়নের গৌণ যোজ্যতা 6 এবং এই যোজ্যতাগুলি 4টি NH_3 অণু ও 2টি Cl^- আয়ন দ্বারা পরিপূরক হয়েছে। উল্লেখ্য, এই 2টি Cl^- আয়ন একই সঙ্গে 2টি মুখ্য যোজ্যতা ও 2টি গৌণ যোজ্যতা পরিপূরক করে। এই আয়নগুলি Co^{3+} আয়নের সঙ্গে গৌণ যোজ্যতা দ্বারা যুক্ত থাকায় এগুলি জলীয় দ্রবণে কেন্দ্রীয় আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে মুক্ত আয়নরূপে বিচরণ করতে পারে না।

ভার্নারের কোঅর্ডিনেশন তত্ত্বের সাহায্যে কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়া-সমন্বিত জটিল যৌগসমূহের আচরণের ব্যাখ্যা

কোবাল্ট(III) ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া ঘটিয়ে বিজ্ঞানী ট্যাসার্ট আবিষ্কৃত $CoCl_3 \cdot 6NH_3$ যৌগটি ছাড়াও বিজ্ঞানী ভার্নার কয়েকটি যৌগ প্রস্তুত করেছিলেন। যৌগগুলি নীচের সারণিতে উল্লেখ করা হল।

যৌগ	সংযুতি	বর্ণ	দ্রবণে আয়নের সংখ্যা (মোলার পরিবাহিতা থেকে প্রাপ্ত)	প্রতি মোল থেকে অধঃক্ষিপ্ত AgCl-এর মোল-সংখ্যা
A	$CoCl_3 \cdot 6NH_3$	কমলা	4	3
B	$CoCl_3 \cdot 5NH_3$	গোলাপি	3	2
C	$CoCl_3 \cdot 4NH_3$	সবুজ	2	1
D	$CoCl_3 \cdot 4NH_3$	বেগুনি	2	1

>> **ব্যাখ্যা:** উল্লিখিত যৌগগুলির আচরণের সঠিক ব্যাখ্যা করা সম্ভব যদি এগুলিকে ভার্নারের তত্ত্ব অনুযায়ী নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়। কোঅর্ডিনেশন স্তরের বাইরে অর্থাৎ আয়নীভবন অঞ্চলে উপস্থিত Cl^- আয়নগুলি জলীয় দ্রবণে কেন্দ্রীয় Co^{3+} আয়ন থেকে বিচ্ছিন্ন হয় ও Ag^+ আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়ায় AgCl-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{A (কমলা)}}{CoCl_3 \cdot 6NH_3} \equiv [Co(NH_3)_6]Cl_3 \xrightleftharpoons{H_2O}$$

$$\underbrace{[Co(NH_3)_6]^{3+} + 3Cl^-}_{\text{4 টি আয়ন}} \xrightarrow{Ag^+} 3AgCl \quad (3\,mol)$$

$$\underset{\text{B (গোলাপি)}}{CoCl_3 \cdot 5NH_3} \equiv [CoCl(NH_3)_5]Cl_2 \xrightleftharpoons{H_2O}$$

$$\underbrace{[CoCl(NH_3)_5]^{2+} + 2Cl^-}_{\text{3 টি আয়ন}} \xrightarrow{Ag^+} 2AgCl \quad (2\,mol)$$

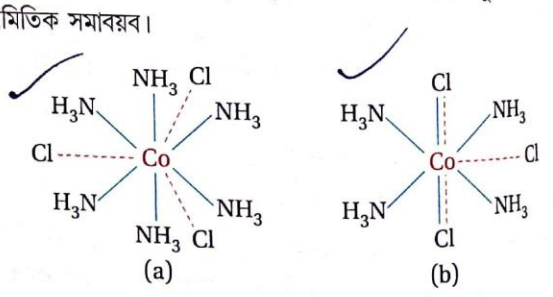
$$\underset{\text{C (সবুজ)}}{CoCl_3 \cdot 4NH_3} \equiv [CoCl_2(NH_3)_4]Cl \xrightleftharpoons{H_2O}$$

$$\underbrace{[CoCl_2(NH_3)_4]^+ + Cl^-}_{\text{2 টি আয়ন}} \xrightarrow{Ag^+} 1AgCl \quad (1\,mol)$$

$$\underset{\text{D (বেগুনি)}}{CoCl_3 \cdot 4NH_3} \equiv [CoCl_2(NH_3)_4]Cl \xrightleftharpoons{H_2O}$$

$$\underbrace{[CoCl_2(NH_3)_4]^+ + Cl^-}_{\text{2 টি আয়ন}} \xrightarrow{Ag^+} 1AgCl \quad (1\,mol)$$

A যৌগের অণুতে একটিও Cl^- আয়ন সবর্গীয় স্তরে উপস্থিত নেই, তাই এই যৌগটির কোঅর্ডিনেশন স্তরের বাইরে উপস্থিত সবকটি Cl^- আয়নই Ag^+ আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সাদা বর্ণের AgCl-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। B, C ও D যৌগগুলির ক্ষেত্রে সবর্গীয় বা কোঅর্ডিনেশন স্তরের বাইরে যথাক্রমে 2টি, 1টি ও 1টি Cl^- আয়ন অবস্থান করে, তাই Ag^+ আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়া করে B, C এবং D যথাক্রমে 2 mol, 1 mol ও 1 mol AgCl অধঃক্ষিপ্ত করে। পরবর্তীকালে পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত হয়েছে যে C ও D যৌগ দুটি পরস্পরে জ্যামিতিক সমাবয়ব।



ভার্নার প্রদর্শিত জটিল যৌগের গঠনাকৃতি :
(a) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ (b) $[CoCl_2(NH_3)_4]Cl$

Scanned with CamScanner

পরিচ্ছেদ 9.1 ও 9.2 সংক্রান্ত প্রশ্ন

1. প্রথম ক্রম যৌগ বা সরল যৌগ ও দ্বিতীয় ক্রম যৌগ বা আণবিক যৌগ বলতে কী বোঝ? উদাহরণ দাও।
2. দ্বৈত লবণ বা যুগ্ম লবণ ও জটিল লবণের মধ্যে চারটি পার্থক্য লেখো।
3. মোর লবণে (*Mohr Salt*) উপস্থিত আয়নগুলি শনাক্ত করবে কীভাবে?
4. $Fe(CN)_2.4KCN$ একটি জটিল লবণ তা কীভাবে প্রমাণ করবে?
5. উদাহরণ সহযোগে যুগ্ম লবণের শ্রেণিবিভাগ করো।
6. মুখ্য যোজ্যতা বলতে কী বোঝ? একে আয়নীয় যোজ্যতা বলা হয় কেন?
7. গৌণ যোজ্যতা বলতে কী বোঝ? একে অনায়নীয় যোজ্যতা বলা হয় কেন?
8. $[Ni(CO)_4]$ ও $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ যৌগ দুটিতে Ni ও Co-এর কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা কত?

9.3 কোঅর্ডিনেশন যৌগ-সংক্রান্ত গুরুত্বপূর্ণ পদসমূহ (Important Terms Regarding Coordination Compounds)

কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি (Coordination entity)

একটি ধাতব পরমাণু বা আয়ন তার প্রথাগত সমযোজ্যতা পরিপূরণের জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক আয়ন অপেক্ষা বেশি সংখ্যক বিপরীতধর্মী আয়ন বা প্রশম অণু দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়ে ওই বিপরীত ধর্মী আয়ন বা প্রশম অণুগুলির সঙ্গে সংযুক্তির মাধ্যমে যে পৃথক সত্তাবিশিষ্ট অণু বা আয়ন গঠন করে তাকে কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি বলে।

উদাহরণ তড়িৎপ্রশম এন্টিটি: $[Ni(CO)_4]$, $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$

ক্যাটায়নিক এন্টিটি: $[Ag(NH_3)_2]^+$, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

অ্যানায়নিক এন্টিটি: $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[PtCl_4]^{2-}$

ক্যাটায়নিক ও অ্যানায়নিক কোঅর্ডিনেশন এন্টিটিগুলি যথাক্রমে ধাতবমূলক ও ধাতবমূলকের সঙ্গে যুক্ত হয়ে তড়িৎপ্রশম কোঅর্ডিনেশন যৌগ গঠন করে। যেমন— $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ ও $K_4[Fe(CN)_6]$।

চার্জযুক্ত কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি-কে **কমপ্লেক্স আয়ন** বলে।

কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়ন (Central metallic atom or ion)

জটিল যৌগের গঠন প্রক্রিয়ায় যে ধাতব পরমাণু বা আয়নটি উপযুক্ত সংখ্যক বিপরীতধর্মী আয়ন বা প্রশম অণুর সঙ্গে সংযুক্ত হয়ে ওই সকল আয়ন বা অণুর দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে সেই ধাতব পরমাণু বা আয়নটিকে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা ধাতব আয়ন বলে।

উদাহরণ $[Ni(CO)_4]$ ও $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ জটিল যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু ও কেন্দ্রীয় ধাতব আয়ন হল যথাক্রমে $\overset{0}{Ni}$ ও Cu^{2+}।

সংলগ্নক বা লিগ্যান্ড (Ligand) ও দাতা পরমাণু (Donor atom)

লিগ্যান্ড: কোঅর্ডিনেশন যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নকে পরিবেষ্টন করে যেসব প্রশম অণু বা আয়নগুলি সংযুক্ত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ যেসব প্রশম অণু বা আয়নগুলি ইলেকট্রন-জোড় দান করে অসমযোজী বন্ধন গঠনের মাধ্যমে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের গৌণ যোজ্যতা পরিপূরক করে তাদের সংলগ্নক বা লিগ্যান্ড বলে।

দাতা পরমাণু: প্রতিটি লিগ্যান্ডে এরূপ এক বা একাধিক পরমাণু থাকে যেগুলির যোজ্যতাকক্ষে অন্তত একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় বর্তমান। লিগ্যান্ডের অন্তর্গত এমন পরমাণুকে দাতা পরমাণু বলে।

ওই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় প্রদানের মাধ্যমে লিগ্যান্ডগুলি কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে অসমযোজী বন্ধন গঠন করে। ইলেকট্রন-জোড় এর আদান-প্রদানের ভিত্তিতে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নকে লুইস অ্যাসিডরূপে এবং লিগ্যান্ডকে লুইস ক্ষারকরূপে গণ্য করা যায়।

উদাহরণ প্রশম লিগ্যান্ড: $\ddot{N}H_3$, $H_2\ddot{O}$:, :CO, :NO, C_6H_5N:

অ্যানায়নিক লিগ্যান্ড: CN^-, F^-, Cl^-, CH_3COO^-

ক্যাটায়নিক লিগ্যান্ড: NO^+, $H_2N-\overset{+}{N}H_3$

কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা বা লিগ্যান্সি (Coordination no. or Ligancy)

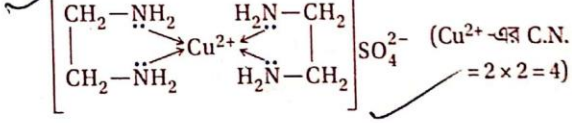
কোঅর্ডিনেশন যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে লিগ্যান্ডের মোট যেকটি দাতা পরমাণু সরাসরি যুক্ত থাকে বা লিগ্যান্ডগুলি কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে মোট যত সংখ্যক σ-বন্ধন (অসমযোজী) গঠন করে, তাকে ওই ধাতব পরমাণু বা আয়নের সবর্গাঙ্ক বা কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা (C.N.) বলে।

উদাহরণ $[Ag(NH_3)_2]Cl$ ও $[Cu(H_2\ddot{N}CH_2CH_2\ddot{N}H_2)_2]SO_4$ যৌগ দুটিতে Ag^+ ও Cu^{2+}-এর সঙ্গে যথাক্রমে 2টি ও 4টি অসমযোজী σ-বন্ধন গঠিত হয়েছে তাই Ag^+ ও Cu^{2+}-এর কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা যথাক্রমে 2 ও 4।

যদি কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে কেবলমাত্র একযোজী লিগ্যান্ড যুক্ত থাকে, তবে ওই লিগ্যান্ডের সংখ্যাই ধাতব পরমাণু বা আয়নের কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা নির্দেশ করে। অন্যদিকে, দ্বিযোজী লিগ্যান্ডের ক্ষেত্রে ওই লিগ্যান্ডের সংখ্যাকে দ্বিগুণ করলে ধাতব পরমাণু বা আয়নের কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা পাওয়া যায়।

উদাহরণ $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ যৌগে Cu^{2+}-এর C.N. = 4।

$\left[H_3N: \longrightarrow \overset{+}{Ag} \longleftarrow :NH_3\right]Cl^-$ (Ag^+-এর C.N. = 2)

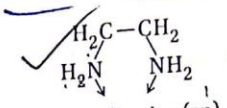
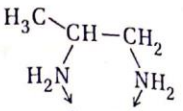
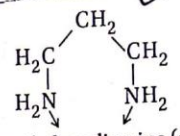
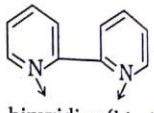
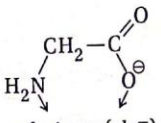
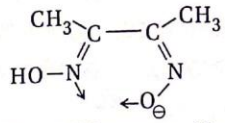
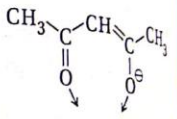
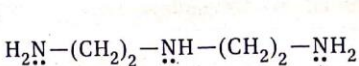
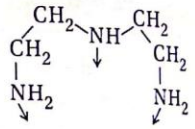
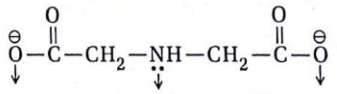
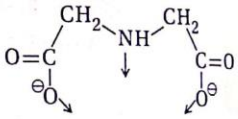
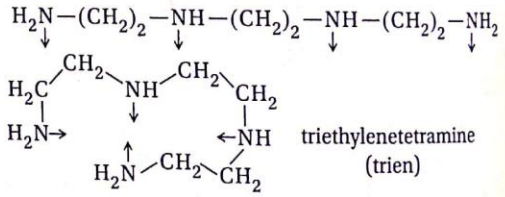
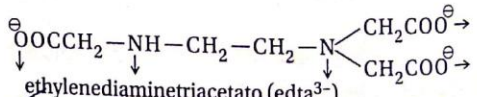
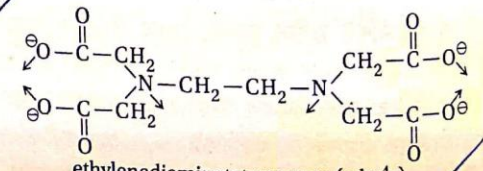


প্রথম সবর্গীয় স্তর বা কোঅর্ডিনেশন স্তর বা কোঅর্ডিনেশন অঞ্চল

কোঅর্ডিনেশন যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নকে পরিবেষ্টন করে যে ত্রিমাত্রিক অঞ্চলে তার গৌণযোজ্যতা পরিপূরণকারী লিগ্যান্ডগুলি অবস্থান করে, কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়ন ও লিগ্যান্ডসহ সেই ত্রিমাত্রিক অঞ্চলকে প্রথম সবর্গীয় স্তর বা সংক্ষেপে সবর্গীয় স্তর (*First coordination sphere*) বলে।

Scanned with CamScanner

তব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে 2 টি অসমযোজী বন্ধন গঠনে সক্ষম হলে

লিগ্যান্ড	লিগ্যান্ডের প্রকৃতি	উদাহরণ
মনোডেন্টেট লিগ্যান্ড (Monodentate ligand)		এক পরমাণুবিশিষ্ট আয়ন: F^-, Cl^-, Br^-, I^-, O^{2-}, S^{2-}
	অ্যানায়নিক (anionic) বা ঋণাত্মক লিগ্যান্ড	দুই বা ততোধিক পরমাণুবিশিষ্ট আয়ন: OH^-, CN^-, SCN^-, NO_2^-, NO_3^-, NH_2^-, CH_3COO^-, O_2^{2-}, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, $S_2O_3^{2-}$
	প্রশম (neutral) বা আধানবিহীন লিগ্যান্ড	$\ddot{N}H_3$, $H_2\ddot{O}$, $\ddot{C}O$, $\ddot{N}O$, $C_5H_5\ddot{N}$, $\ddot{P}H_3$
	ক্যাটায়নিক (cationic) বা ধনাত্মক লিগ্যান্ড	$\overset{+}{N}O$, $H_2N-\overset{+}{N}H_3$, $\overset{+}{N}O_2$
বাইডেন্টেট লিগ্যান্ড (Bidentate ligand)	2 টি প্রশম দাতা পরমাণুযুক্ত বাইডেন্টেট লিগ্যান্ড (ligand with two neutral donor groups)	 ethylenediamine (en)  propylenediamine (pn)  trimethylenediamine (en)  bipyridine (bipy)
	একটি প্রশম পরমাণু ও 1 টি অ্যানায়নিক গ্রুপযুক্ত বাইডেন্টেট লিগ্যান্ড: [ligand with one neutral donar and one acidic (anionic) donor group]	 glycinato (gly^-)  dimethylglyoxymato (dmg^-)  acetylacetonato ($acac^-$)
ট্রাইডেন্টেট লিগ্যান্ড (Tridentate ligand)	3 টি প্রশম দাতা পরমাণুযুক্ত ট্রাইডেন্টেট লিগ্যান্ড	 diethylenetriamine (dien) বা, 
	1 টি প্রশম দাতা পরমাণু ও 2 টি অ্যানায়নিক গ্রুপযুক্ত ট্রাইডেন্টেট লিগ্যান্ড	 iminodiacetato ($imda^{2-}$) বা, 
টেট্রাডেন্টেট বা কোয়াড্রিডেন্টেট লিগ্যান্ড (Tetradentate ligand) or (Quadridentate ligand)	প্রধানত 4 টি প্রশম দাতা পরমাণুযুক্ত টেট্রাডেন্টেট লিগ্যান্ড	 বা, triethylenetetramine (trien)
পেন্টাডেন্টেট লিগ্যান্ড (Pentadentate ligand)	প্রশম দাতা পরমাণু ও অ্যানায়নিক গ্রুপযুক্ত পেন্টাডেন্টেট লিগ্যান্ড	 ethylenediaminetriacetato ($edta^{3-}$)
হেক্সাডেন্টেট লিগ্যান্ড (Hexadentate ligand)	প্রথম দাতা পরমাণু ও অ্যানায়নিক গ্রুপযুক্ত হেক্সাডেন্টেট লিগ্যান্ড	 ethylenediaminetetraacetato ($edta^{4-}$)

Scanned with CamScanner

অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ড (Ambident ligands)

যেসব লিগ্যান্ডের একের অধিক প্রকার দাতা পরমাণু থাকা সত্ত্বেও এক-একটি জটিল যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র এক প্রকারের দাতা পরমাণু অংশগ্রহণ করে তাদের অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ড বলে।

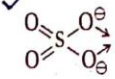
মনোডেন্টেট অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ড	বাইডেন্টেট অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ড
$\leftarrow:\overset{\ominus}{C}\equiv N:$ বা $:\overset{\ominus}{C}\equiv N:\rightarrow$ সায়ানাইড আয়ন	ডাইথায়োঅক্সালেট আয়ন
$\leftarrow:\overset{\ominus}{S}-C\equiv N:$ বা $:\overset{\ominus}{S}-C\equiv N:\rightarrow$ থায়োসায়ানাইড আয়ন	
$\leftarrow:N\overset{O}{\underset{O^{\ominus}}{}}$ বা $:N\overset{O}{\underset{O^{\ominus}}{}}\rightarrow$ (নাইট্রাইট আয়ন)	

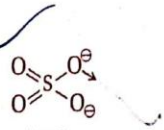
ভিন্ন ভিন্ন কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার ক্ষেত্রে নাইট্রাইট আয়ন (NO_2) কিছু ক্ষেত্রে N-পরমাণুকে, আবার কিছু ক্ষেত্রে O-পরমাণুকে দাতা পরমাণুরূপে ব্যবহার করে। অনুরূপে, থায়োসায়ানেট আয়ন (SCN^-) S বা N-পরমাণুর মধ্যে যে-কোনো একটিকে দাতা পরমাণুরূপে ব্যবহার করে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সঙ্গে বন্ধন গঠন করতে পারে। সুতরাং, এই মনোডেন্টেট লিগ্যান্ডগুলি অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ডরূপে কাজ করে। আবার, বাইডেন্টেট লিগ্যান্ড ডাইথায়োঅক্সালেট আয়ন 2 টি O-বা 2 টি S-পরমাণুর মাধ্যমে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সঙ্গে একইসাথে 2 টি বন্ধন গঠন করতে পারে, অর্থাৎ এটি অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ডরূপে কাজ করে।

ফ্লেক্সিডেন্টেট লিগ্যান্ড (Flexidentate ligands)

দুই বা ততোধিক দাতা পরমাণুযুক্ত লিগ্যান্ডের সমস্ত দাতা পরমাণু যদি একইসঙ্গে বন্ধন গঠনের জন্য ব্যবহৃত না হয়ে ভিন্ন ভিন্ন দাতা পরমাণু ভিন্ন ভিন্ন ধাতব আয়নের সঙ্গে যুক্ত হয়ে বন্ধন গঠন করে, তবে ওই লিগ্যান্ডগুলিকে ফ্লেক্সিডেন্টেট লিগ্যান্ড বলে।

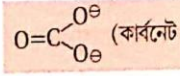
উদাহরণ

1. 
   বাইডেন্টেট লিগ্যান্ডরূপে আচরণকারী

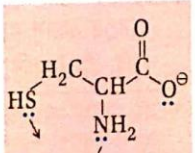
   
   মনোডেন্টেট লিগ্যান্ডরূপে আচরণকারী

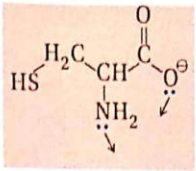
2. $[\overset{III}{Co}(NH_3)_4CO_3]Br$ (কার্বনেট আয়ন বাইডেন্টেট লিগ্যান্ডরূপে আচরণ করে)

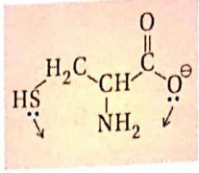
   $[\overset{III}{Co}(NH_3)_5CO_3]Br$ (কার্বনেট আয়ন মনোডেন্টেট লিগ্যান্ডরূপে আচরণ করে)

   
   (কার্বনেট আয়ন)

3. সিস্টেইন (cysteine) নামক ট্রাইডেন্টেট (S,N,O) লিগ্যান্ডটি, ডাইডেন্টেট লিগ্যান্ডরূপে তিনভাবে (S,N; N,O; S,O) কাজ করতে পারে। সুতরাং এটি







4. বহুসংখ্যক পলিডেন্টেট লিগ্যান্ড ফ্লেক্সিডেন্টেট লিগ্যান্ডরূপে আচরণ করে। যেমন, EDTA প্রধানত হেক্সাডেন্টেট লিগ্যান্ড হলেও কিছু ক্ষেত্রে এটি পেন্টাডেন্টেট বা টেট্রাডেন্টেট লিগ্যান্ডরূপে কাজ করে।

চিলেটিং লিগ্যান্ড (Chelating ligands)

একটি বাইডেন্টেট বা পলিডেন্টেট লিগ্যান্ড একই কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে দুই বা ততোধিক দাতা পরমাণুর মাধ্যমে সংযুক্ত হয়ে সবর্গীয় স্তরে বলয়াকার পরমাণু শৃঙ্খলের সৃষ্টি করলে সেই লিগ্যান্ডকে চিলেটিং লিগ্যান্ড এবং এভাবে উৎপন্ন জটিল যৌগকে চিলেট যৌগ বলে।

উদাহরণ gly^-, ox^{2-}, dmg^-, $acac^-$, bipy, dien ইত্যাদি। দুটি প্রশম দাতা পরমাণুসমন্বিত বাইডেন্টেট লিগ্যান্ড ইথিলিন-ডাইঅ্যামিনের দুটি অণু Cu^{2+}-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে চিলেট যৌগের প্রথম সবর্গীয় স্তর $[Cu(en)_2]^{2+}$ গঠন করে। এক্ষেত্রে ইথিলিন-ডাইঅ্যামিন ($H_2\ddot{N}-CH_2CH_2-\ddot{N}H_2$) একটি চিলেটিং লিগ্যান্ড। চিলেট যৌগের উদাহরণের জন্য 9.11.3 নং অনুচ্ছেদ দ্যাখো।

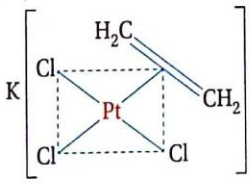
9.4.2 কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর সঙ্গে বন্ধনের প্রকৃতি (Nature of bonding with central metal atom) অনুসারে শ্রেণিবিভাগ

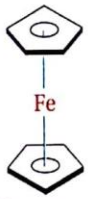
i **প্রথাগত লিগ্যান্ড (Classical ligands):** এই প্রকারের লিগ্যান্ড নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় প্রদানের মাধ্যমে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে অসমযোজী বন্ধন গঠন করে।

উদাহরণ F^-, Cl^-, OH^-, NH_3, H_2O, CO, CN^- ইত্যাদি

ii **প্রথাবহির্ভূত লিগ্যান্ড (Non-classical ligands):** এই প্রকারের লিগ্যান্ড কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে বন্ধন গঠনের জন্য π-বন্ধনীর ইলেকট্রন-জোড় ব্যবহার করে।

উদাহরণ C_2H_4, C_6H_6, $C_5H_5^-$ (সাইক্লোপেন্টাডাইইনাইল অ্যানায়ন)।


জাইসের লবণ $K[PtCl_3(C_2H_4)]$


ফেরোসিন $[Fe^{II}(C_5H_5)_2]$

π-অ্যাসিড লিগ্যান্ড (π-acid ligand): এই প্রকারের লিগ্যান্ডগুলি একদিকে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুকে ইলেকট্রন-জোড় প্রদান করে একটি σ-বন্ধন (M←L) গঠন করে এবং অপরদিকে, ওই ধাতব পরমাণু থেকে ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে একটি π-বন্ধন (*back-bonding*) (M→L) গঠন করে। যেমন— CO, PR_3 ইত্যাদি।

Scanned with CamScanner

9.5 সিড্‌উইকের তত্ত্ব: কার্যকারী পারমাণবিক সংখ্যার নিয়ম (Sidgwick Theory: Effective Atomic No. Rule)

কোঅর্ডিনেশন যৌগের স্থিতিশীলতা ব্যাখ্যা করার জন্য বিজ্ঞানী সিড্‌উইক কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর কার্যকারী পারমাণবিক সংখ্যার ভিত্তিতে একটি নিয়মের প্রবর্তন করেন: **কোঅর্ডিনেশন যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর কার্যকারী পারমাণবিক সংখ্যার মান, নিকটবর্তী (পরবর্তী) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পারমাণবিক সংখ্যার সমান হয়।**

কার্যকারী পারমাণবিক সংখ্যা (Effective atomic number): কোঅর্ডিনেশন যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন সংখ্যা এবং ওই ধাতব পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে অসমযোজী বন্ধন গঠনে লিগ্যান্ডগুলি যে সংখ্যক ইলেকট্রন ব্যবহার করে, তাদের সমষ্টিকে সংশ্লিষ্ট পরমাণু বা আয়নটির কার্যকারী পরমাণবিক সংখ্যা (EAN) বলে।

সব ক্ষেত্রে প্রযোজ্য না হলেও বহুক্ষেত্রেই কার্যকারী পারমাণবিক সংখ্যার মান ধাতব পরমাণুটির নিকটবর্তী (পরবর্তী) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু-ক্রমাঙ্কের সমান হয় [যেমন— 36(Kr), 54(Xe), 86(Rn)]। EAN এর মান নিম্নপ্রদত্ত ফর্মুলার সাহায্যে গণনা করা হয়।

EAN = ধাতুর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক – ধাতুর জারণ সংখ্যা + 2 × লিগ্যান্ডের সংখ্যা

কয়েকটি ধাতব পরমাণুর EAN গণনা

ধাতব পরমাণু ও পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	কোঅর্ডিনেশন এন্‌টিটি	EAN
Fe(26)	$[\overset{0}{Fe}(CO)_5]$	$26 - 0 + 2 \times 5 = 36$
Fe(26)	$[\overset{II}{Fe}(CN)_6]^{4-}$	$26 - 2 + 2 \times 6 = 36$
Co(27)	$[\overset{III}{Co}(NH_3)_5Cl]^{2+}$	$27 - 3 + 2 \times 6 = 36$
Ni(28)	$[\overset{0}{Ni}(CO)_4]$	$28 - 0 + 2 \times 4 = 36$
Cu(29)	$[\overset{I}{Cu}(CN)_4]^{3-}$	$29 - 1 + 2 \times 4 = 36$
Fe(26)	$[\overset{III}{Fe}(CN)_6]^{3-}$	$26 - 3 + 2 \times 6 = 35$
Pd(46)	$[\overset{IV}{Pd}(NH_3)_6]^{4+}$	$46 - 4 + 2 \times 6 = 54$
Ag(47)	$[\overset{I}{Ag}(NH_3)_2]^{+}$	$47 - 1 + 2 \times 2 = 50$
Pt(78)	$[\overset{IV}{Pt}Cl_6]^{2-}$	$78 - 4 + 2 \times 6 = 86$

সিড্‌উইক তত্ত্বের প্রয়োগ

এই তত্ত্বের ভিত্তিতে কোঅর্ডিনেশন যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত লিগ্যান্ডের সংখ্যা গণনা করা যায়। যেমন—

i) নিকেল কার্বনিল যৌগে লিগ্যান্ডের সংখ্যা নির্ণয়: নিকেলের পারমাণবিক সংখ্যা = 28

পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পারমাণবিক সংখ্যা = 36

কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর সঙ্গে অসমযোজী বন্ধন গঠনের জন্য লিগ্যান্ডগুলি মোট যে সংখ্যক ইলেকট্রন ব্যবহার করে তার সংখ্যা $= 36 - 28 = 8$

আবার প্রতিটি লিগ্যান্ড (CO) দুটি করে ইলেকট্রনের যোগান দেয়।

$\therefore$ লিগ্যান্ডের (CO) সংখ্যা $= 8 \div 2 = 4$

ii) আয়রন কার্বনিল যৌগে লিগ্যান্ডের সংখ্যা নির্ণয়: Fe-এর পারমাণবিক সংখ্যা = 26। পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পারমাণবিক সংখ্যা = 36।

$\therefore$ উক্ত যৌগে লিগ্যান্ডের (CO) সংখ্যা $= \frac{36 - 26}{2} = 5$

পরিচ্ছেদ 9.4 ও 9.5 সংক্রান্ত প্রশ্ন

1. লিগ্যান্ডগুলি কীরূপ প্রকৃতির—(i) $C_5H_5\ddot{N}$ (ii) $acac^-$ (iii) $EDTA^{4-}$
2. উদাহরণসহ সংজ্ঞা দাও:
   (i) অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ড (ii) ফ্লেক্সিডেন্টেট লিগ্যান্ড (iii) চিলেটিং লিগ্যান্ড
3. কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর সঙ্গে বন্ধনের প্রকৃতি অনুসারে লিগ্যান্ডকে কটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়? কী কী? উদাহরণ দাও।
4. π-অ্যাসিড লিগ্যান্ড বলতে কী বোঝ? উদাহরণ দাও।
5. EAN বা কার্যকারী পারমাণবিক সংখ্যা বলতে কী বোঝ? $[PtCl_6]^{2-}$ ও $[Fe(CO)_5]$-যৌগ দুটিতে Pt ও Fe-এর EAN গণনা করো।

9.6 কোঅর্ডিনেশন যৌগের নামকরণ (Nomenclature of Coordination Compounds)

বর্তমানে IUPAC প্রবর্তিত (2004) নিয়মানুসারে কোঅর্ডিনেশন যৌগ-সমূহের নামকরণ✤ করা হয়। নামকরণ সম্পর্কিত নিয়মাবলিগুলি নিম্নরূপ—

নিয়ম 1: ক্যাটায়নিক ও অ্যানায়নিক উভয় কোঅর্ডিনেশন এন্‌টিটির ক্ষেত্রে **প্রথমে ক্যাটায়নের ও পরে অ্যানায়নের নাম উল্লেখ করা হয়।**

উদাহরণ $K_4[Fe(CN)_6]$ → পটাশিয়াম (ক্যাটায়ন) হেক্সাসায়ানিডোফেরেট(II) (অ্যানায়ন)

নিয়ম 2: কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের নামের পূর্বে লিগ্যান্ডের নাম উল্লেখ করা হয়।

নিয়ম 3: কোঅর্ডিনেশন স্তরের নামকরণে ব্যবহৃত পদগুলির মধ্যে কোনো ফাঁক রাখা হয় না।

উদাহরণ $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$: ডাইঅ্যামিনডাইক্লোরিডোপ্ল্যাটিনাম(II), $[Co(NH_3)_6]^{3+}$: হেক্সাঅ্যামিনকোবাল্ট(III) আয়ন

নিয়ম 4: যৌগমধ্যস্থ লিগ্যান্ডগুলিকে (অ্যানায়নিক, ক্যাটায়নিক বা প্রশম) ইংরেজি বর্ণমালায় তাদের নামের প্রথম অক্ষরের ক্রম অনুযায়ী পরপর উল্লেখ করা হয়। এই ক্রম নির্ণয়ে লিগ্যান্ডের সংখ্যা নির্দেশক ডাই, ট্রাই-ইত্যাদি উপসর্গগুলিকে বিবেচনা করা হয় না।

✤ এই অধ্যায়ে প্রদত্ত জটিল যৌগের নামকরণগুলি IUPAC Recommendation (2004) অনুযায়ী করা হয়েছে। [site:http://media.iupac.org/publications/books/rbooks/Red_Book_2005.pdf]

Scanned with CamScanner

উদাহরণ $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$:
পেন্টাঅ্যামিনক্লোরিডোকোবাল্ট(III) ক্লোরাইড

নিয়ম 5: ❶ জটিল যৌগের কোঅর্ডিনেশন স্তরে একই প্রকারের একাধিক লিগ্যান্ড থাকলে লিগ্যান্ডগুলির নামের পূর্বে ডাই (di), ট্রাই (tri), টেট্রা (tetra), পেন্টা (penta), হেক্সা (hexa) ইত্যাদি উপসর্গ বসিয়ে ওদের সংখ্যা নির্দেশ করা হয়।

উদাহরণ $[Ag(NH_3)_2]Cl$: ডাইঅ্যামিনসিলভার(I) ক্লোরাইড

$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$: হেক্সাঅ্যাকোয়াক্রোমিয়াম(III) ক্লোরাইড

$[Cu(H_2O)_2(NH_3)_4]SO_4$: টেট্রাঅ্যামিনডাইঅ্যাকোয়াকপার(II) সালফেট

❷ লিগ্যান্ডের নামের মধ্যে ডাই, ট্রাই ইত্যাদি উপসর্গগুলি থাকলে লিগ্যান্ডের নামের পূর্বে বিস্ (bis), ট্রিস্ (tris) ইত্যাদি উপসর্গ বসিয়ে ওদের সংখ্যা নির্দেশ করা হয়।

উদাহরণ $[Cu(NH_2CH_2CH_2NH_2)_2]SO_4$:
বিস(ইথিলিনডাইঅ্যামিন)কপার(II) সালফেট

$[Co(en)_3]Cl_3$: ট্রিস(ইথেন-1,2-ডাইঅ্যামিন)কোবাল্ট(III) ক্লোরাইড

$[Fe(bipy)_3]Cl_2$: ট্রিস(বাইপিরিডিন)আয়রন(II) ক্লোরাইড

❸ প্রশম জৈব লিগ্যান্ডের ক্ষেত্রে বিস্, ট্রিস্ উপসর্গ ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ $[Cu(CH_3NH_2)_2Cl_2]$:
ডাইক্লোরিডোবিস(মিথাইলঅ্যামিন)কপার(II)

$[Fe(CH_3NC)_6]Br_2$:
হেক্সাকিস(মিথাইলআইসোসায়ানিডো)আয়রন(II) ব্রোমাইড

$[CuCl_2\{O=C(NH_2)_2\}_2]$: ডাইক্লোরিডোবিস(ইউরিয়া)কপার(II)

$[NiCl_2(PPh_3)_2]$: ডাইক্লোরিডোবিস(ট্রাইফিনাইলফসফিন)নিকেল(II)

লিগ্যান্ডের সংখ্যা	একযোজী লিগ্যান্ডের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত উপসর্গ	ডাই, ট্রাই ইত্যাদি উপপদযুক্ত লিগ্যান্ডের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত উপসর্গ
1	মনো (mono)	—
2	ডাই (di)	বিস্ (bis)
3	ট্রাই (tri)	ট্রিস্ (tris)
4	টেট্রা (tetra)	টেট্রাকিস্ (tetrakis)
5	পেন্টা (penta)	পেন্টাকিস্ (pentakis)
6	হেক্সা (hexa)	হেক্সাকিস্ (Hexakis)
7	হেপ্টা (hepta)	
8	অক্টা (octa)	

নিয়ম 6: ❶ অ্যানায়নিক লিগ্যান্ডগুলির নামের শেষে 'ও'কার (*i.e.*, the letter 'o' in english) যোগ করা হয়। অর্থাৎ, যেসব অ্যানায়নের নাম 'ide' (*e.g.*, chloride), 'ate' (*e.g.*, sulphate, nitrate) এবং 'ite' (*e.g.*, nitrite, sulphite) দিয়ে শেষ হয় সেগুলিকে যথাক্রমে 'ido', 'ato' এবং 'ito'-তে রূপান্তরিত করা হয়।

অ্যানায়নিক লিগ্যান্ডের নামকরণ

সংকেত	মূলক হিসাবে নাম	দাতা পরমাণু	লিগ্যান্ড হিসাবে নাম
F^-	ফ্লুরাইড (fluoride)	F	ফ্লুরিডো (fluorido)
Cl^-	ক্লোরাইড (chloride)	Cl	ক্লোরিডো (chlorido)
Br^-	ব্রোমাইড (bromide)	Br	ব্রোমিডো (bromido)
I^-	আয়োডাইড (iodide)	I	আয়োডিডো (iodido)
H^-	হাইড্রাইড (hydride)	H	হাইড্রিডো (hydrido)
D^-	ডয়টেরাইড (deuteride)	D	ডয়টেরিডো (deuterido)
CN^-	সায়ানাইড (cyanide)	C	সায়ানিডো (cyanido or, cyanido-C)
NC^-	আইসোসায়ানাইড (isocyanide)	N	আইসোসায়ানিডো (isocyanido or, cyanido-N)
OH^-	হাইড্রক্সাইড (hydroxide)	O	হাইড্রক্সিডো (hydroxido)
NH_2^-	অ্যামাইড (amide)	N	অ্যামিডো (amido)
N^{3-}	নাইট্রাইড (nitride)	N	নাইট্রিডো (nitrido)
N_3^-	অ্যাজাইড (azide)	N	অ্যাজিডো (azido)
S^{2-}	সালফাইড (sulphide)	S	সালফিডো (sulphido)
CH_3COO^-	অ্যাসিটেট (acetate)	O	অ্যাসিটেটো (acetato) বা ইথানোয়েটো
NO_3^-	নাইট্রেট (nitrate)	O	নাইট্রেটো (nitrato)
CNO^-	সায়ানেট (cyanate)	O	সায়ানেটো (cyanato)
CNS^-	থায়োসায়ানেট (thiocyanate)	S	থায়োসায়ানেটো (thiocyanato)
NCS^-	আইসোথায়োসায়ানেট (isothiocyanate)	N	আইসোথায়োসায়ানেটো (isothiocyanato)
SO_4^{2-}	সালফেট (sulphate)	O	সালফেটো (sulphato)
$S_2O_3^{2-}$	থায়োসালফেট (thiosulphate)	O	থায়োসালফেটো (thiosulphato)
$C_2O_4^{2-}$	অক্সালেট (oxalate)	O, O	অক্সালেটো (oxalato)
CO_3^{2-}	কার্বনেট (carbonate)	O	কার্বনেটো (carbonato)
$O=N-O^-$	নাইট্রাইট (nitrite)	O	নাইট্রিটো (nitrito or nitrito-O)
NO_2^-	নাইট্রাইট (nitrite)	N	নাইট্রো (nitro or nitrito-N)
O^{2-}	অক্সাইড (oxide)	O	অক্সো (oxo)
O_2^{2-}	পারক্সাইড (peroxide)	O	পারক্সো (peroxo)
$CH_2(NH_2)COO^-$	গ্লাইসিনেট (glycinate)	N, O	গ্লাইসিনেটো (glycinato)
NH^{2-}	ইমাইড (imide)	N	ইমিডো (imido)

Scanned with CamScanner

সংকেত	মূলক হিসাবে নাম	দাতা পরমাণু	লিগ্যান্ড হিসাবে নাম
$CH_3-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-CH=\underset{\underset{O^{\ominus}}{|}}{C}-CH_3$	অ্যাসিটাইলঅ্যাসিটোনেট (acetylacetonate)	O, O	অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোনেটো (acetylacetonato)

অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ডের নামকরণ

$\leftarrow :\overset{\ominus}{C}\equiv N:$	সায়ানিডো (cyanido or cyanido-C)
$:\overset{\ominus}{C}\equiv N:\rightarrow$	আইসোসায়ানিডো (isocyanido or cyanido-N)
$O=\underset{\downarrow}{N}-O^{\ominus}$	নাইট্রো (nitro or nitrito-N)
$O=\ddot{N}-\overset{\ominus}{O}\rightarrow$	নাইট্রিটো (nitrito or nitrito-O)
$:N\equiv C-\overset{\ominus}{O}\rightarrow$	সায়ানেটো (cyanato or cyanato-O)
$\leftarrow :N\equiv C-\overset{\ominus}{O}$	আইসোসায়ানেটো (isocyanato or cyanato-N)
$\leftarrow \overset{\ominus}{S}-C\equiv N:$	থায়োসায়ানেটো (thiocyanato or thiocyantato-S)
$\overset{\ominus}{S}-C\equiv N:\rightarrow$	আইসোথায়োসায়ানেটো (isothiocyanato or thiocyanato-N)

IUPAC (1990) নিয়ম অনুযায়ী 'ide' পদাংশ দিয়ে শেষ হয় এরূপ কয়েকটি মূলক থেকে সৃষ্ট লিগ্যান্ডের নাম

সংকেত	মূলক হিসেবে নাম	লিগ্যান্ড হিসেবে নাম
F^-	ফ্লুরাইড (fluoride)	ফ্লুরো (fluoro)
Cl^-	ক্লোরাইড (chloride)	ক্লোরো (chloro)
Br^-	ব্রোমাইড (bromide)	ব্রোমো (bromo)
I^-	আয়োডাইড (Iodide)	আয়োডো (iodo)
O^{2-}	অক্সাইড (oxide)	অক্সো (oxo)

❷ প্রশম লিগ্যান্ডকে সাধারণত তাদের প্রচলিত নামেই উল্লেখ করা হয়। তবে কয়েকটি ক্ষেত্রে বিশেষ নাম ব্যবহার করা হয়।

প্রশম লিগ্যান্ডের নামকরণ

লিগ্যান্ডের সংকেত	দাতা পরমাণু	লিগ্যান্ডের নাম
CH_3NH_2	N	মিথাইলঅ্যামিন (methylamine) বা মিথান্যামিন (methanamine)
$H_2N(CH_2)_2NH_2$ (en)	N, N	ইথিলিনডাইঅ্যামিন (ethylenediamine) বা ইথেন-1,2- ডাইঅ্যামিন [ethane-1,2-diamine)
C_5H_5N (py)	N	পিরিডিন (pyridine)
PH_3	P	ফসফিন (phosphine)
$(C_6H_5)_3P$	P	ট্রাইফিনাইলফসফিন (triphenylphosphine)
H_2NCSNH_2	N, N	থায়োইউরিয়া (thiourea)
NH_3	N	অ্যামিন (ammine)
$(NH_3)_2$	N	ডাইঅ্যামিন (diammine)
$(NH_3)_4$	N	টেট্রাঅ্যামিন (tetraammine)
$(en)_2$	N, N	বিস্(ইথিলিনডাইঅ্যামিন) [bis(ethylenediamine)]
$(CH_3NH_2)_2$	N	বিস্(মিথাইলঅ্যামিন) [bis(methylamine)]
H_2O	O	অ্যাকোয়া (aqua)
NO (নাইট্রিক অক্সাইড)	N	নাইট্রোসিল (nitrosyl)
CO (কার্বন মনোক্সাইড)	C	কার্বনিল (carbonyl)
N_2	N	ডাইনাইট্রোজেন
O_2	O	ডাইঅক্সিজেন

❸ ক্যাটায়নিক লিগ্যান্ডের নামের শেষে 'ইয়াম (ium)' যোগ করা হয়

ক্যাটায়নিক লিগ্যান্ডের নামকরণ

লিগ্যান্ডের সংকেত	দাতা পরমাণু	লিগ্যান্ডের নাম
$H_2N-\overset{\oplus}{N}H_3$	N	হাইড্রাজিনিয়াম
NO^+	N	নাইট্রোসোনিয়াম
NO_2^+	N	নাইট্রোনিয়াম

নিয়ম 7: লিগ্যান্ডগুলির নাম লেখা সম্পূর্ণ হওয়ার পর কেন্দ্রীয় ধাতুর নাম উল্লেখ করা হয়। কোঅর্ডিনেশন এনটিটির সামগ্রিক আধান ঋণাত্মক হলে ধাতুর নামের শেষে 'এট (—ate)' পদাংশ যোগ করা হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে ধাতুর ল্যাটিন নাম ব্যবহার করে 'এট (—ate)' পদাংশ যোগ করা হয়। কিন্তু কোঅর্ডিনেশন এনটিটির সামগ্রিক আধান ধনাত্মক বা শূন্য হলে ধাতুর নাম উল্লেখ করার পর অতিরিক্ত কোনো পদাংশ যোগ করা হয় না।

'এট (—ate)' পদাংশসহ কয়েকটি ধাতুর নাম	
Al	(aluminate) অ্যালুমিনেট
Pt	(platinate) প্ল্যাটিনেট
Mo	(molybdate) মলিবডেট
Zn	(zincate) জিংকেট
Ni	(nickelate) নিকেলেট

'এট (—ate)' পদাংশসহ কয়েকটি ধাতুর ল্যাটিন নাম	
Fe	ফেরেট (ferrate)
Cu	কিউপ্রেট (cuprate)
Sn	স্ট্যানেট (stannate)
Pb	প্লাম্বেট (plumbate)
Ag	আর্জেন্টেট (argentate)

Scanned with CamScanner

'এট (—ate)' পদাংশসহ কয়েকটি ধাতুর নাম		'এট (—ate)' পদাংশসহ কয়েকটি ধাতুর ল্যাটিন নাম	
Co	(cobaltate) কোবাল্টেট	Au	অরেট (aurate)
Cr	(chromate) ক্রোমেট		
Mn	(manganate) ম্যাঙ্গানেট		

উদাহরণ $Na_3[Co(NO_2)_6]$: সোডিয়াম হেক্সানাইট্রোকোবাল্টেট(III) [sodium hexanitrocobaltate(III)]

$K_4[Fe(CN)_6]$: পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানিডোফেরেট (II) [potassium hexacyanidoferrate(II)]

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$: হেক্সাঅ্যামিনকোবাল্ট(III) ক্লোরাইড [hexaamminecobalt(III) chloride]

❶ **নিয়ম 8:** কোঅর্ডিনেশন যৌগের কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের জারণ স্তর ধাতুটির নামের ঠিক পরেই অথবা 'এট' পদাংশযুক্ত ধাতুর নামের ঠিক পরেই প্রথম বন্ধনীর মধ্যে রোমান হরফে লেখা হয়।

উদাহরণ নিয়ম 7-এর উদাহরণ দ্রষ্টব্য।

❷ **নিয়ম 9:** কোঅর্ডিনেশন যৌগের অণুতে কেলাস-জল থাকলে তাও নামকরণে উল্লেখ করা হয়।

উদাহরণ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl{\cdot}2H_2O$:
টেট্রাঅ্যাকোয়াডাইক্লোরিডোক্রোমিয়াম(III) ক্লোরাইড ডাইহাইড্রেট
(tetraaquadichloridocromium(III) chloride dihydrate)

9.7 কোঅর্ডিনেশন যৌগের সংকেত লেখার নিয়মাবলি (IUPAC, 2004)

i) প্রথমে ক্যাটায়ন ও পরে অ্যানায়নের সংকেত লেখা হয়।

উদাহরণ $K_4[Fe(CN)_6]$, $[Ag(NH_3)_2]Cl$

ii) ❶ কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি-এর সংকেত লেখার সময় প্রথমে তৃতীয় বন্ধনীতে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু বা আয়নের চিহ্ন লেখা হয়। এরপর ওই ধাতব পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত লিগ্যান্ডগুলিকে (তাদের সংকেত প্রকাশক প্রথম মৌলের চিহ্ন অনুযায়ী বর্ণানুক্রমে) পরপর লেখা হয়।

উদাহরণ NH_3, CO, H_2O ইত্যাদি লিগ্যান্ডগুলির ক্রম নির্ণয়ের ক্ষেত্রে N, C ও H অক্ষরগুলির বর্ণানুক্রম বিবেচনা করা হয়।

❷ আবার, কোনো একটি লিগ্যান্ডের সংকেতকে কীভাবে লেখা হয় তার উপর ওই লিগ্যান্ডের বর্ণানুক্রমিক অবস্থান নির্ভর করে।

উদাহরণ CH_3CN, MeCN এবং NCMe-এর ক্ষেত্রে বর্ণানুক্রমিক অবস্থান যথাক্রমে C, M এবং N এই অক্ষরগুলি দ্বারা নির্ধারিত হয়।

❸ লিগ্যান্ডগুলির ক্রম তাদের আধানের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়।

iii) পলিডেন্টেট লিগ্যান্ডগুলির সংকেতের ক্রম নির্ণয়ে একই নিয়ম প্রয়োগ করা হয়। সংক্ষিপ্ত রূপের ক্ষেত্রেও প্রথম অক্ষরটিকে বিবেচনা করা হয়।

উদাহরণ ইথিলিনডাইঅ্যামিন (en), বাইপিরিডিন (bipy), অ্যাসিটাইল-অ্যাসিটোনেট (acac)-এর ক্ষেত্রে ক্রম হল acac, bipy, en। যেমন—$[Fe(biby)(en)(NH_3)_2]^{2+}$।

iv) জৈব লিগ্যান্ডের অণুতে হেটেরোঅ্যাটম (যেমন—N, O, S ইত্যাদি) থাকলে সংশ্লিষ্ট হেটেরোঅ্যাটমের বর্ণানুক্রমিক স্থান অনুসারে ওই লিগ্যান্ডের অবস্থান নির্ধারিত হয়। দুটি লিগ্যান্ডে একই হেটেরোঅ্যাটম থাকলে যে লিগ্যান্ডে হেটেরোঅ্যাটমের সংখ্যা কম হবে, সেই লিগ্যান্ডটির সংকেত আগে লিখতে হবে। দুটি লিগ্যান্ডে হেটেরোঅ্যাটমের সংখ্যা সমান হলে, কম সংখ্যক C-পরমাণুযুক্ত লিগ্যান্ডের সংকেত আগে লেখা হয়।

v) একাধিক পরমাণুযুক্ত লিগ্যান্ডগুলিকে প্রথম বন্ধনীর মধ্যে লেখা হয় [যেমন— (NO_2), (NH_2) ইত্যাদি]। লিগ্যান্ডের সংক্ষিপ্ত রূপকেও প্রথম বন্ধনীর মধ্যে লেখা হয় [যেমন— (en), (bipy) ইত্যাদি]।

vi) কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি-এর অন্তর্গত ধাতব পরমাণু ও লিগ্যান্ডসমূহকে কোনো ফাঁক না রেখে পরপর লেখা হয়।

vii) কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি (চার্জযুক্ত বা চার্জবিহীন যাই হোক না কেন)-কে সর্বদা তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে লেখা হয়।

viii) কোনো লিগ্যান্ডের সংখ্যা উল্লেখ করার জন্য সংশ্লিষ্ট লিগ্যান্ডের সংকেতের ডানদিকে নীচে (*right hand subscript*) প্রযোজ্য সংখ্যাটি লেখা হয় [যেমন, Cl_2]। প্রয়োজনে লিগ্যান্ডের সংকেত বা সংক্ষিপ্ত রূপকে প্রথম বন্ধনীর মধ্যে রেখে একইভাবে লিগ্যান্ডের সংখ্যা উল্লেখ করা হয় [যেমন— $(NH_3)_4$, $(en)_2$, $(acac)_2$]।

ix) চার্জযুক্ত কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি-এর সংকেত লেখার ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট সংকেতকে তৃতীয় বন্ধনীতে রেখে বন্ধনীর বাইরে ডানদিকে উপরে (*right superscript*) চার্জের মান লিখে উপযুক্ত চিহ্ন দেওয়া হয়।

উদাহরণ $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$ ইত্যাদি।

x) কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর জারণ সংখ্যা উল্লেখ করার প্রয়োজন হলে সংশ্লিষ্ট পরমাণুর চিহ্নের উপরে (*superscript*) রোমান হরফে উপযুক্ত সংখ্যাটি লেখা হয়।

xi) যেকোনো কোঅর্ডিনেশন যৌগের ক্ষেত্রে ক্যাটায়নের আধান সর্বদা অ্যানায়নের আধান দ্বারা প্রশমিত হয়।

9.7.1 কোঅর্ডিনেশন যৌগের নামকরণ ও তার ব্যাখ্যা

জটিল ক্যাটায়ন ও সরল অ্যানায়ন সমন্বিত কোঅর্ডিনেশন যৌগ

এই প্রকারের যৌগের ক্ষেত্রে নিয়মানুযায়ী ক্যাটায়ন তথা জটিল ক্যাটায়নের নাম আগে ও অ্যানায়নের নাম পরে উল্লেখ করা হয়।

উদাহরণ ❶ $[CoCl_2(NH_3)_4]Cl$:
টেট্রাঅ্যামিনডাইক্লোরিডোকোবাল্ট(III) ক্লোরাইড
[tetraamminedichloridocobalt(III) chloride]

কোঅর্ডিনেশন স্তরে উপস্থিত ধাতব পরমাণু 'কোবাল্ট' এর নাম উল্লেখ করার আগে অ্যামিন (NH_3) ও ক্লোরাইড (Cl^-) লিগ্যান্ড দুটিকে তাদের ইংরেজি নামের বর্ণানুক্রমে পরপর উল্লেখ করা হয়েছে। 'অ্যামিন' শব্দের আগে 'টেট্রা' পদাংশ ব্যবহার করে সংশ্লিষ্ট লিগ্যান্ডের সংখ্যা নির্দেশ করা হয়েছে। লিগ্যান্ডগুলির নাম সম্পূর্ণ হওয়ার পর কেন্দ্রীয় ধাতুর নাম উল্লেখ করে পাশে প্রথম বন্ধনীতে ধাতুটির জারণ স্তর নির্দেশ করা হয়েছে। শেষে কোঅর্ডিনেশন স্তরের বাইরে উপস্থিত

Scanned with CamScanner

ক্লোরাইড মূলকের নাম লেখা হয়েছে। জটিল আয়নটি ক্যাটায়নিক, তাই কেন্দ্রীয় ধাতুর নামের শেষে কোনো অতিরিক্ত পদাংশ যুক্ত হয়নি।

② $[Co(NH_3)_4(SO_4)]NO_3$:
টেট্রাঅ্যামিনসালফেটোকোবাল্ট(III) নাইট্রেট
[tetraamminesulphatocobalt(III) nitrate]

③ $[Cr(H_2NCH_2CH_2NH_2)_3]Cl_3$:
ট্রিস(ইথেন-1, 2-ডাইঅ্যামিন)ক্রোমিয়াম(III) ক্লোরাইড
[tris(ethane-1,2-diamine)chromium(III) chloride]

④ $[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]SO_4$:
টেট্রাঅ্যামিনডাইঅ্যাকোয়াকপার(II) সালফেট
[tetraamminediaquacopper(II) sulphate]

সরল ক্যাটায়ন ও জটিল অ্যানায়ন সমন্বিত কোঅর্ডিনেশন যৌগ

এই প্রকারের যৌগের ক্ষেত্রে সরল ক্যাটায়নের নাম আগে ও জটিল অ্যানায়নের নাম পরে উল্লেখ করা হয়।

উদাহরণ ① $K_2[HgI_4]$: পটাশিয়াম টেট্রাআয়োডিডোমারকিউরেট(II)
[potassium tetraiodidomercurate(II)]

প্রথমে সরল ক্যাটায়ন গঠনকারী ধাতু পটাশিয়ামের নাম উল্লেখ করা হয়েছে। এরপর কোঅর্ডিনেশন স্তরে উপস্থিত 4 টি লিগ্যান্ডের জন্য 'টেট্রাআয়োডিডো' পদটি লেখা হয়েছে এবং তারপর কেন্দ্রীয় ধাতুর নাম উল্লেখ করে 'এট (—ate)' পদাংশ যোগ করা হয়েছে। সবশেষে কেন্দ্রীয় ধাতুর জারণ সংখ্যা রোমান হরফে প্রথম বন্ধনীর মধ্যে লেখা হয়েছে। প্রথা অনুযায়ী এই আয়নীয় যৌগে ক্যাটায়ন (K^+) ও অ্যানায়ন, $[HgI_4]^{2-}$-এর সংখ্যা উল্লেখ করা হয়নি।

② $K[Ag(CN)_2]$: পটাশিয়াম ডাইসায়ানিডোআর্জেন্টেট(I)
[potassium dicyanidoargentate(I)]

③ $K_3[Cr(C_2O_4)_3]$: পটাশিয়াম ট্রাইঅক্সালেটোক্রোমেট(III)
[potassium trioxalatochromate(III)]

জটিল ক্যাটায়ন ও জটিল অ্যানায়ন সমন্বিত কোঅর্ডিনেশন যৌগ

এই প্রকারের যৌগের ক্ষেত্রে আগে জটিল ক্যাটায়নের নাম ও পরে জটিল অ্যানায়নের নাম উল্লেখ করা হয়।

উদাহরণ ① $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$
টেট্রাঅ্যামিনপ্ল্যাটিনাম(II) টেট্রাক্লোরিডোপ্ল্যাটিনেট(II)
[tetraammineplatinum(II) tetrachloridoplatinate(II)]

② $[Pt(NH_3)_4][PtCl_6]$:
টেট্রাঅ্যামিনপ্ল্যাটিনাম(II) হেক্সাক্লোরিডোপ্ল্যাটিনেট(IV)
[tetraammineplatinum(II) hexachloridoplatinate(IV)]
(∵ যৌগটি $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$ ও $[PtCl_6]^{2-}$ আয়ন দ্বারা গঠিত)

③ $[Co(NH_3)_6][CdCl_5]$:
হেক্সাঅ্যামিনকোবাল্ট(III) পেন্টাক্লোরিডোক্যাডমেট(II)
[hexaammineco balt(III) pentachloridocadmate(II)]

কয়েকটি কোঅর্ডিনেশন যৌগের সংকেত ও IUPAC নাম

প্রকৃতি	সংকেত	IUPAC নাম
সরল ক্যাটায়ন ও জটিল অ্যানায়ন	$K_3[Fe(CN)_6]$	পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানিডোফেরেট(III) [potassium hexacyanidoferrate(III)]
	$K_2[Zn(OH)_4]$	পটাশিয়াম টেট্রাহাইড্রক্সিডোজিংকেট(II) [potassium tetrahydroxidozincate(II)]
	$K_2[PdCl_4]$	পটাশিয়াম টেট্রাক্লোরিডোপ্যালাডেট(II) [potassium tetrachloridopalladate(II)]
	$Na_2[SiF_6]$	সোডিয়াম হেক্সাফ্লুরিডোসিলিকেট(IV) [sodium hexafluoridosilicate(IV)]
	$K_3[Fe(CN)_5NO]$	পটাশিয়াম পেন্টাসায়ানিডোনাইট্রোসিলফেরেট(II) [potassium pentacyanidonitrosylferrate(II)]
	$Na_3[Co(NO)_6]$	সোডিয়াম হেক্সানাইট্রোসিলকোবাল্টেট(III) [sodium hexanitrosylcobaltate(III)]
	$Hg[Co(NCS)_4]$	মার্কারি টেট্রাআইসোথায়োসায়ানেটোকোবাল্টেট(II) [mercury tetraisothiocyanatocobaltate(II)]
	$Na[Au(CN)_2]$	সোডিয়াম ডাইসায়ানিডোঅরেট(I) [sodium dicyanidoaurate(I)]
	$Na[Co(CO)_4]$	সোডিয়াম টেট্রাকার্বনিলকোবাল্টেট(–I) [sodium tetracarbonylcobaltate(–I)]
	$K_4[Mo(CN)_8]$	পটাশিয়াম অক্টাসায়ানিডোমলিবডেট(IV) [potassium octacyanidomolybdate(IV)]
	$NH_4[Cr(NCS)_4(NH_3)_2]$	অ্যামোনিয়াম ডাইঅ্যামিনটেট্রাআইসোথায়োসায়ানেটোক্রোমেট (III) [ammonium diamminetetraisothiocyanatochromate(III)]
	$K[CrF_4O]$	পটাশিয়াম টেট্রাফ্লুরোঅক্সোক্রোমেট(V) [potassium tetrafluorooxochromate(V)]
	$Li[AlH_4]$	লিথিয়াম টেট্রাহাইড্রিডোঅ্যালুমিনেট(III) [lithium tetrahydridoaluminate(III)]
	$K_2[Cr(CN)_2O_2(O_2)NH_3]$	পটাশিয়াম অ্যামিনডাইসায়ানিডোডাইঅক্সোপারক্সোক্রোমেট(VI) [potassium amminedicyanidodioxoperoxochromate(VI)]

Scanned with CamScanner

প্রকৃতি	সংকেত	IUPAC নাম
	$[Ag(NH_3)_2]Cl$	ডাইঅ্যামিনসিলভার(I) ক্লোরাইড [diamminesilver(I) chloride]
	$[CoCl(NH_3)_4(NO_2)]Cl$	টেট্রাঅ্যামিনক্লোরিডোনাইট্রিটো-N-কোবাল্ট(III) ক্লোরাইড [tetraamminechloridonitrito-N-cobalt(III) chloride]
	$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$	হেক্সাঅ্যাকোয়াক্রোমিয়াম(III) ক্লোরাইড [hexaaquachromium(III) chloride]
	$[Pt(NH_3)_6]Cl_4$	হেক্সাঅ্যামিনপ্ল্যাটিনাম(IV) ক্লোরাইড [hexaammineplatinum(IV) chloride]
	$[Cu(H_2O)_2(NH_3)_4]SO_4$	টেট্রাঅ্যামিনডাইঅ্যাকোয়াকপার(II) সালফেট [tetraamminediaquacopper(II) sulphate]
	$[Fe(CNMe)_6]Br_2$	হেক্সাকিস্(মিথাইলআইসোসায়ানাইড)আয়রন(II) ব্রোমাইড [hexakis(methylisocyanide)iron(II) bromide]
জটিল ক্যাটায়ন ও সরল অ্যানায়ন	$[PtCl(NO_2)(NH_3)_4]SO_4$	টেট্রাঅ্যামিনক্লোরিডোনাইট্রিটো-N-প্ল্যাটিনাম(IV) সালফেট [tetraaminechloridonitrito-N-platinum(IV) sulphate]
	$[Fe(H_2O)_5(NO)]SO_4$	পেন্টাঅ্যাকোয়ানাইট্রোসোনিয়ামআয়রন(I) সালফেট [pentaaquanitrosoniumiron(I) sulphate]
	$[Co(en)_3]Cl_3$	ট্রিস্(ইথেন-1,2-ডাইঅ্যামিন)কোবাল্ট(III) ক্লোরাইড [tris(ethane-1,2-diamine)cobalt(III) chloride]
	$[CoCl_2(en)_2]_2SO_4$	ডাইক্লোরিডোবিস্(ইথেন-1,2-ডাইঅ্যামিন)কোবাল্ট(III) সালফেট [dichloridobis(ethane-1, 2-diamine)cobalt(III) sulphate]
	$[Fe(C_2O_4)(H_2O)_4]_2SO_4$	টেট্রাঅ্যাকোয়াঅক্সালেটোআয়রন(III) সালফেট [tetraaquaoxalatoiron(III) sulphate]
	$[Co(NH_3)_5ONO]Cl_2$	পেন্টাঅ্যামিননাইট্রিটো-O-কোবাল্ট(III) ক্লোরাইড [pentaamminenitrito-O-cobalt(III) chloride]
	$[PtCl(NH_2Me)(NH_3)_2]Cl$	ডাইঅ্যামিনক্লোরিডো(মিথান্যামিন)প্ল্যাটিনাম(II) ক্লোরাইড [diamminechlorido(methanamine)platinum(II) chloride]
	$[Cr(NH_3)_5CO_3]Cl$	পেন্টাঅ্যামিনকার্বনেটোক্রোমিয়াম(III) ক্লোরাইড [pentaamminecarbonatochromium(III) chloride]
	$[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$	টেট্রাঅ্যামিনপ্ল্যাটিনাম(II) টেট্রাক্লোরিডোপ্ল্যাটিনেট(II) [tetraammineplatinum(II) tetrachloridoplatinate(II)]
জটিল ক্যাটায়ন ও জটিল অ্যানায়ন	$[Co(NH_3)_6][Cr(CN)_6]$	হেক্সাঅ্যামিনকোবাল্ট(III) হেক্সাসায়ানিডো-C-ক্রোমেট(III) [hexaamminecobalt(III) hexacyanido-C-chromate(III)]
	$[Cr(NH_3)_6][Co(C_2O_4)_3]$	হেক্সাঅ্যামিনক্রোমিয়াম(III) ট্রাইঅক্সালেটোকোবাল্টেট(III) [hexaamminechromium(III) trioxalatocobaltate(III)]
	$[Pt(Py)_4][PtCl_4]$	টেট্রাকিস্(পিরিডিন)প্ল্যাটিনাম(II) টেট্রাক্লোরিডোপ্ল্যাটিনেট(II) [tetrakis(pyridine)platinum(II) tetrachloridoplatinate(II)]
	$[Fe(CO)_5]$	পেন্টাকার্বনিলআয়রন(0) [pentacarbonyliron(0)]
অ-আয়নীয় জটিল যৌগ	$[PtCl_2(NH_3)_2]$	ডাইঅ্যামিনডাইক্লোরিডোপ্ল্যাটিনাম(II) [diamminedichloridoplatinum(II)]
	$[CuCl_2\{O=C(NH_2)_2\}_2]$	ডাইক্লোরিডোবিস্(ইউরিয়া)কপার(II) [dichloridobis(urea)copper(II)]
	$[Fe(C_5H_5)_2]$	বিস্(সাইক্লোপেন্টাডাইইনাইল)আয়রন(II) [bis(cyclopentadienyl)iron(II)]

Scanned with CamScanner

(ঃ) হেক্সাকিস্(মিথাইলআইসোসায়ানাইড)আয়রন(II) ব্রোমাইড

Solve the following problems:

1. প্রদত্ত যৌগগুলির IUPAC পদ্ধতি অনুযায়ী নাম লেখো।
   (i) $K_3[Cr(CN)_6]$ (ii) $Na_3[Co(NO_2)_6]$
   (iii) $[Cr(NH_3)_6]\,[Co(C_2O_4)_3]$ (iv) $[Co(en)_3]Cl_3$
2. প্রদত্ত যৌগগুলির সংকেত লেখো।
   (i) পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানিডোফেরেট(III)
   (ii) পেন্টাঅ্যামিনক্লোরিডোপ্ল্যাটিনাম(IV) ক্লোরাইড
   (iii) সোডিয়াম (ইথিলিনডাইঅ্যামিনটেট্রাঅ্যাসিটেট)ক্রোমেট(II)

Scanned with CamScanner