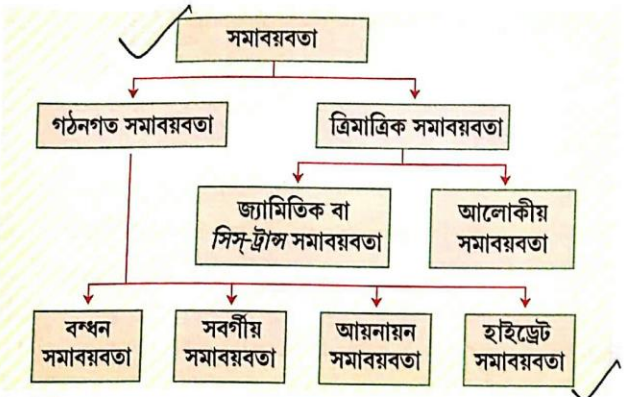
Name of the Teacher- Sutapa Chakrabarty
Subject: Chemistry
Class: Semester-4
Paper: DSC-1DT (CC-4)
Topic: Coordination Chemistry
Part 2

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

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

গঠনের এই বৈশিষ্ট্যকে সমাবয়বতা বা আইসোমেরিজম বলে। কোঅর্ডিনেশন যৌগের সমাবয়বতাকে প্রধানত দুটি ভাগে ভাগ করা যায়—**গঠনগত সমাবয়বতা** ও **ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা**। এগুলি আবার ভিন্ন ভিন্ন ভাগে বিভক্ত।



9.8.1 কোঅর্ডিনেশন যৌগের গঠনগত সমাবয়বতা (Structural isomerism in coordination compounds)

বন্ধন সমাবয়বতা (Linkage isomerism)

জটিল যৌগের কোঅর্ডিনেশন স্তরে উপস্থিত একটি নির্দিষ্ট অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ড ভিন্ন ভিন্ন দাতা পরমাণুর মাধ্যমে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর সঙ্গে ভিন্ন ভিন্ন ভাবে সংযুক্ত হওয়ার ফলে যেসব যৌগের সৃষ্টি হয় সেগুলিকে পরস্পরের **বন্ধন সমাবয়বী** বলে এবং সমাবয়ব গঠনের এরূপ বৈশিষ্ট্যকে **বন্ধন সমাবয়বতা** বলে।

উদাহরণ ❶ নাইট্রাইট (NO_2^-) মূলকটি N-পরমাণু বা O-পরমাণুর মাধ্যমে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে নাইট্রোমূলকঘটিত সবর্গীয় যৌগ বা নাইট্রাইটমূলকঘটিত সবর্গীয় যৌগ গঠন করে। যেমন—নিম্নে প্রদত্ত লাল বর্ণের যৌগটি অ্যাসিড দ্বারা বিয়োজিত হয়ে নাইট্রাস অ্যাসিড নির্গত করে, অর্থাৎ এটি নাইট্রাইট যৌগ। কিন্তু হলুদ বর্ণের অপর সমাবয়বী যৌগটি অ্যাসিড দ্বারা বিয়োজিত হয় না, অর্থাৎ এটি নাইট্রো যৌগ।

$[Co(NH_3)_5(ONO)]Cl$: পেন্টাঅ্যামিননাইট্রিটোকোবাল্ট(III) ক্লোরাইড
লাল বর্ণের যৌগ (O-পরমাণুর মাধ্যমে যুক্ত)

$[Co(NH_3)_5NO_2]Cl$: পেন্টাঅ্যামিননাইট্রোকোবাল্ট(III) ক্লোরাইড
হলুদ বর্ণের যৌগ (N-পরমাণুর মাধ্যমে যুক্ত)

❷ $[Cr(H_2O)_5SCN]^{2+}$ ও $[Cr(H_2O)_5NCS]^{2+}$
পরস্পরের বন্ধন সমাবয়বী।

বন্ধন সমাবয়ব গঠনে অংশগ্রহণ করে এরূপ অপর কয়েকটি লিগ্যান্ড হল: OCN^-, $S_2O_3^{2-}$, CN^- ইত্যাদি।

সবর্গীয় সমাবয়বতা (Coordination isomerism)

জটিল ক্যাটায়ন ও জটিল অ্যানায়ন সমন্বিত একটি নির্দিষ্ট কোঅর্ডিনেশন যৌগের এক সবর্গীয় স্তর থেকে অপর সবর্গীয় স্তরে এক বা একাধিক লিগ্যান্ডের স্থান বিনিময়ের ফলে যেসব যৌগের উদ্ভব হয় সেগুলিকে পরস্পরের **সবর্গীয় সমাবয়বী** বলে এবং সমাবয়ব গঠনের এরূপ বৈশিষ্ট্যকে **সবর্গীয় সমাবয়বতা** বলে।

উদাহরণ

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

❷ $[Cu(NH_3)_4][PtCl_4]$ এবং $[Pt(NH_3)_4][CuCl_4]$

❸ $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$ এবং $[PtCl(NH_3)_3][PtCl_3(NH_3)]$

আয়নায়ন সমাবয়বতা (Ionisation isomerism)

একই আণবিক সংকেতবিশিষ্ট জটিল যৌগ যারা দ্রবণে ভিন্ন ভিন্ন জটিল ও সরল আয়ন উৎপন্ন করে তাদের **আয়নায়ন সমাবয়বী** বলে। যে বৈশিষ্ট্যের ফলে এরূপ সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে **আয়নায়ন সমাবয়বতা** বলে।

উদাহরণ ❶ $[Co(NH_3)_5SO_4]Br \rightleftharpoons [Co(NH_3)_5SO_4]^+ + Br^-$

$[Co(NH_3)_5Br]SO_4 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_5Br]^{2+} + SO_4^{2-}$

❷ $[Co(NH_3)_4Cl_2]NO_2 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_4Cl_2]^+ + NO_2^-$

$[Co(NH_3)_4Cl(NO_2)]Cl \rightleftharpoons [Co(NH_3)_4Cl(NO_2)]^+ + Cl^-$

হাইড্রেট সমাবয়বতা (Hydrate isomerism)

H_2O অণু সমন্বিত যেসব জটিল যৌগের আণবিক সংকেত একই কিন্তু সবর্গীয় স্তরে ভিন্ন সংখ্যক H_2O অণু উপস্থিত থাকে, সেইসব যৌগকে পরস্পরের **হাইড্রেট সমাবয়বী** বলা হয় এবং এরূপ সমাবয়বতাকে **হাইড্রেট সমাবয়বতা** বলে। এই প্রকারের সমাবয়বতাকে সবর্গীয় সমাবয়বতার একটি বিশেষ রূপ হিসেবে গণ্য করা যেতে পারে।

$CrCl_3 \cdot 6H_2O$ সংকেতবিশিষ্ট 3 টি হাইড্রেট সমাবয়বীর সবর্গীয় স্তরের গঠন ও বিশিষ্ট ধর্মাবলি

গঠন-সংকেত ও বর্ণ	গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শোষিত H_2O অণুর সংখ্যা	$AgNO_3$ দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত Cl^- আয়নের সংখ্যা	জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন আয়নসমূহ
$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ (বেগুনি)	0	3	$[Cr(H_2O)_6]^{3+} + 3Cl^-$
$[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2 \cdot H_2O$ (সবুজ)	1	2	$[Cr(H_2O)_5Cl]^{2+} + 2Cl^-$
$[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl \cdot 2H_2O$ (সবুজ)	2	1	$[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+ + Cl^-$

Scanned with CamScanner

1.11 কোঅর্ডিনেশন যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Stereoisomerism in coordination compounds)

একই আণবিক সংকেত ও একই গঠন-সংকেতবিশিষ্ট জটিল যৌগ একই সবর্গীয় স্তরের সংযুতি অভিন্ন হলেও কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সঙ্গে যুক্ত লিগ্যান্ডসমূহের ত্রিমাত্রিক দিকে অবস্থানের ভিন্নতার জন্য যে সমাবয়বতার উদ্ভব হয় তাকে জটিল যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা বলে। এরূপ জটিল যৌগগুলিকে পরস্পরের ত্রিমাত্রিক সমাবয়ব বলে।

1.12 কোঅর্ডিনেশন যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়বতা (Geometrical isomerism in coordination compounds)

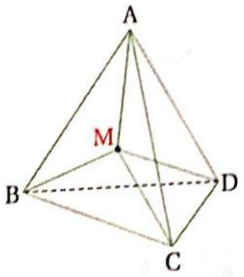
একই আণবিক সংকেত ও একই গঠন-সংকেতবিশিষ্ট জটিল যৌগের সবর্গীয় স্তরের সংযুতি অভিন্ন হলেও কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সঙ্গে যুক্ত লিগ্যান্ডসমূহের আপেক্ষিক অবস্থানের ভিন্নতার জন্য যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয়, তাকে জ্যামিতিক সমাবয়বতা বলে। সংশ্লিষ্ট যৌগগুলিকে পরস্পরের জ্যামিতিক সমাবয়ব বলে।

কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সবর্গাঙ্ক 2 বা 3 হলে জ্যামিতিক সমাবয়বতা লক্ষ্য হয় না। কিন্তু সবর্গাঙ্কের মান 4 বা 6 হলে বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে এরূপ সমাবয়বতার সৃষ্টি হয়।

(i) চতুর্বর্গীয় যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়বতা (Geometrical isomerism of 4 coordinated compounds)

4 সবর্গাঙ্কবিশিষ্ট যৌগের সংযুতি পাঁচ প্রকারের হতে পারে: MA_4, MA_3B, MA_2B_2, MA_2BC এবং MABCD (যেখানে M= কেন্দ্রীয় ধাতব আয়ন, A, B, C, D= মনোডেন্টেট লিগ্যান্ড)। আবার এদের আকৃতি দুই প্রকারের হতে পারে: চতুস্তলকীয় (*tetrahedral*) ও সামতলিক বর্গাকার (*square planar*)।

চতুস্তলকীয় আকৃতির যৌগ: চতুস্তলকীয় আকৃতির সবর্গীয় যৌগে ধাতব আয়নটি চতুস্তলকের কেন্দ্রে এবং লিগ্যান্ডের দাতা পরমাণুগুলি চতুস্তলকের চারটি শীর্ষ বিন্দুতে অবস্থান করে। এক্ষেত্রে বন্ধন কোণের মান $109°28'$ এবং প্রতিটি লিগ্যান্ড অপর লিগ্যান্ড থেকে সমদূরত্বে অবস্থান করে।

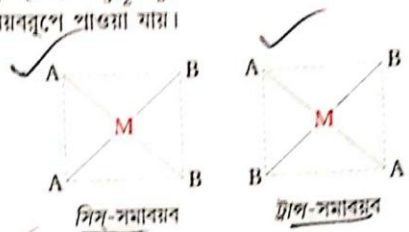


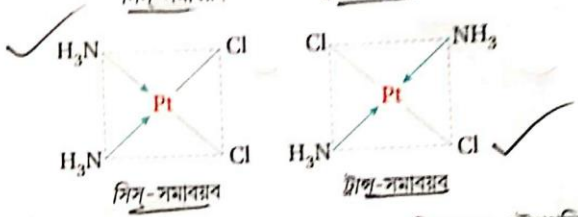
চতুস্তলকীয় গঠনাকৃতির জন্য MA_4, MA_3B, MA_2B_2, MA_2BC বা MABCD সংযুতিসম্পন্ন সবর্গীয় যৌগে জ্যামিতিক সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় না। (তবে MABCD সংযুতিসম্পন্ন সবর্গীয় যৌগগুলি আলোকীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করে)।

সমতলীয় বর্গাকৃতি যৌগ: সমতলীয় বর্গাকৃতি জটিল যৌগে ধাতব আয়নটি থাকে কর্ণদ্বয়ের ছেদবিন্দুতে এবং লিগ্যান্ডের দাতা পরমাণুগুলি থাকে চারটি শীর্ষ বিন্দুতে। এই জাতীয় MA_4 বা MA_3B সংযুতির যৌগগুলি কোনোরূপ সমাবয়বতা প্রদর্শন করে না, কিন্তু MA_2B_2, MA_2BC এবং MABCD প্রভৃতি সংযুতিবিশিষ্ট যৌগগুলি জ্যামিতিক সমাবয়বতা প্রদর্শন করে। এছাড়া দ্বিযোজী লিগ্যান্ডবিশিষ্ট যৌগের ক্ষেত্রেও এধরনের সমাবয়বতা লক্ষ করা যায়।

i MA_2B_2 সংযুতির যৌগ: দুটি সম বা সদৃশ লিগ্যান্ড (যেমন, A ও A অথবা B ও B) পাশাপাশি অবস্থান করলে সংশ্লিষ্ট যৌগটিকে *সিস*-সমাবয়ব (I), কিন্তু পরস্পরের বিপরীতে অর্থাৎ কোণাকুণি (*diagonally*) অবস্থান করলে *ট্রান্স*-সমাবয়ব (II) বলে।

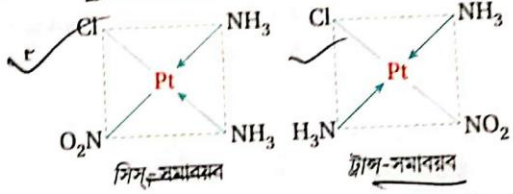
উদাহরণ $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ জটিল যৌগটিকে *সিস*- এবং *ট্রান্স*-সমাবয়বরূপে পাওয়া যায়।





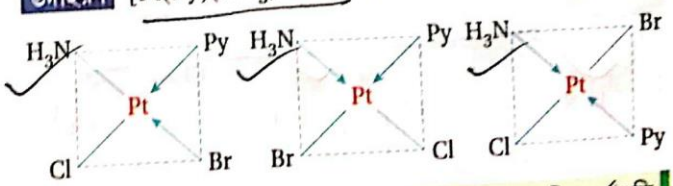
ii MA_2BC সংযুতির যৌগ: MA_2BC সংযুতিসম্পন্ন যৌগগুলিও *সিস*- এবং *ট্রান্স*- এই দুই প্রকার জ্যামিতিক সমাবয়বরূপে অবস্থান করে। দুটি সম-গ্রুপ (A ও A)-এর আপেক্ষিক অবস্থান অনুযায়ী *সিস*- এবং *ট্রান্স*- নামকরণ করা হয়।

উদাহরণ $[Pt(NH_3)_2ClNO_2]$ যৌগটির 2টি সমাবয়ব বর্তমান।



iii MABCD সংযুতির যৌগ: MABCD সংযুতির জটিল যৌগগুলিকে তিনটি বিভিন্ন জ্যামিতিক সমাবয়বরূপে পাওয়া যায়। (যে-কোনো একটি লিগ্যান্ড ধরি, A-এর বিপরীত অবস্থানে অপর তিনটি লিগ্যান্ড B, C ও D-কে পর্যায়ক্রমে বসালে এই সমাবয়বগুলির উদ্ভব ঘটে)।

উদাহরণ $[Pt(Py)(NH_3)BrCl]$ যৌগটির 3টি সমাবয়ব বর্তমান।

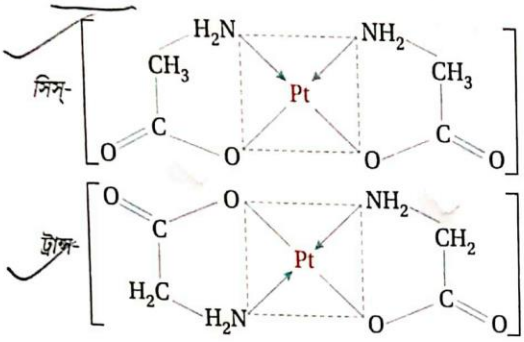


MA_2B_2, MA_2BC এবং MABCD সংযুতিবিশিষ্ট সমতলীয় বর্গাকৃতি যৌগগুলি আলোকীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করে না কারণ প্রতিটি যৌগের ক্ষেত্রেই প্রতিসাম্য তল বর্তমান।

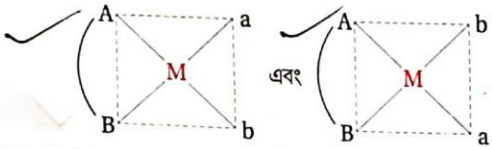
Scanned with CamScanner

iv $[M(AB)_2]$ সংযুতির যৌগ: কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সঙ্গে অপ্রতিসম বাইডেন্টেট লিগ্যান্ড 'AB'-এর দুটি অণু সংযুক্ত করলে জ্যামিতিক সমাবয়বতার উদ্ভব ঘটে।

উদাহরণ $[Pt(gly)_2]$ যৌগটির 2টি জ্যামিতিক সমাবয়ব বর্তমান।

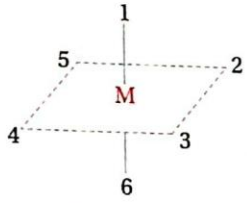


v $[M(AB)ab]$ সংযুতির যৌগ: 2টি জ্যামিতিক সমাবয়ব বর্তমান।



ষড়বর্গীয় (6-coordinated) যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়বতা

ষড়বর্গীয় জটিল যৌগগুলি অষ্টতলকীয় হয়। অষ্টতলকের কেন্দ্রে থাকে ধাতব আয়ন এবং শীর্ষ বিন্দুতে থাকে 6 টি লিগ্যান্ডের দাতা পরমাণু।



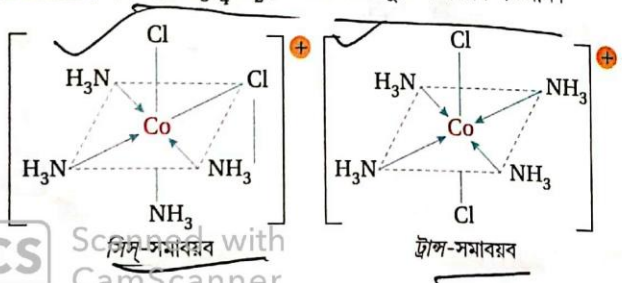
সিস্-অবস্থানসমূহ: 1, 2; 1,3; 1,4; 1,5; 2,3; 3,4; 4,5; 2,5; 2,6; 3,6; 4,6; 5,6।

ট্রান্স-অবস্থানসমূহ: 1, 6; 2,4; 3,5।

অষ্টতলকীয় MA_6, $M(AA)_3$ বা MA_5B সংযুতিসম্পন্ন সবর্গীয় যৌগগুলি জ্যামিতিক সমাবয়বতা প্রদর্শন করে না। কিন্তু MA_4B_2, MA_3B_3 ইত্যাদি যৌগের ক্ষেত্রে জ্যামিতিক সমাবয়বতা লক্ষ করা যায়।

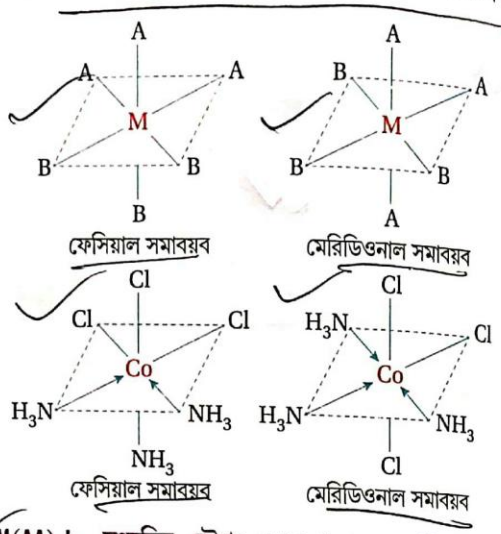
MA_4B_2 সংযুতির যৌগ: MA_4B_2 সংযুতিসম্পন্ন সবর্গীয় যৌগগুলি *সিস্-* ও *ট্রান্স-* সমাবয়বরূপে অবস্থান করে। *সিস্-* সমাবয়বে দুটি B লিগ্যান্ড পরস্পরের সঙ্গে 90° কোণে অবস্থান করে কিন্তু *ট্রান্স-* সমাবয়বে উক্ত লিগ্যান্ড দুটি পরস্পরের সঙ্গে 180° কোণে নত থাকে।

উদাহরণ $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$ আয়নটির দুটি সমাবয়ব বর্তমান।

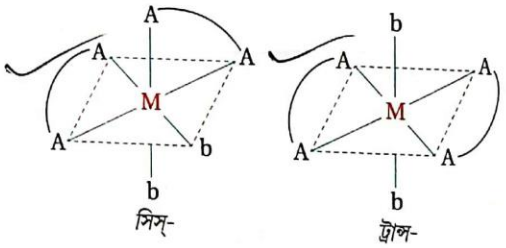


MA_3B_3 সংযুতির যৌগ: MA_3B_3 সংযুতিসম্পন্ন জটিল যৌগ দুটি সমাবয়ব গঠন করে। একটি সমাবয়বে 3টি A লিগ্যান্ড অষ্টতলকের যে-কোনো একটি তলের 3টি কৌণিক বিন্দুতে অবস্থান করে অর্থাৎ অষ্টতলকের একটি তল গঠন করে। অনুরূপে, 3টি B লিগ্যান্ড অষ্টতলকেরতল গঠন করে, এরূপ সমাবয়বকে ফেসিয়াল সমাবয়ব (*facial isomer*) বলে। অপর সমাবয়বটিতে 3টি A লিগ্যান্ড বা 3টি B লিগ্যান্ড দ্বারা সৃষ্ট তল, অষ্টতলককে সমদ্বিখন্ডিত করে। এই ধরনের সমাবয়বকে মেরিডিওনাল সমাবয়ব (*meridional isomer*) বলে।

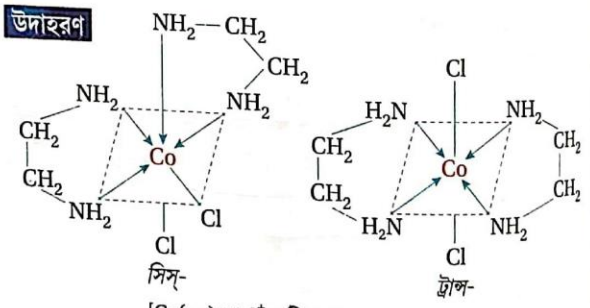
উদাহরণ $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ যৌগটি এই প্রকার সমাবয়বতা প্রদর্শন করে।



$M(AA)_2b_2$ সংযুতির যৌগ: $M(AA)_2b_2$ সংযুতিসম্পন্ন সবর্গীয় যৌগগুলি *সিস্-* ও *ট্রান্স-* সমাবয়বরূপে অবস্থান করে।



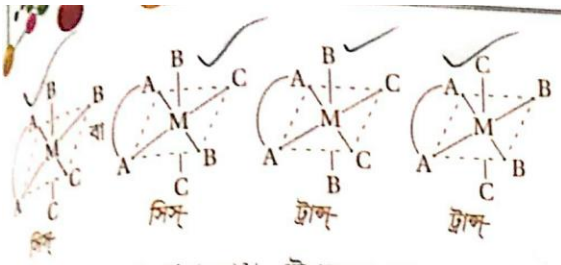
উদাহরণ



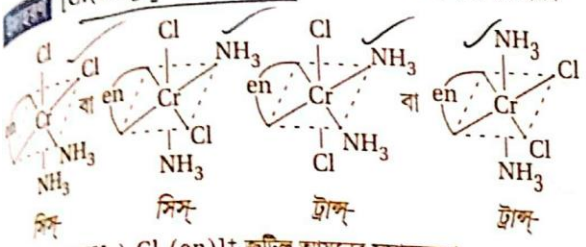
$[Co(en)_2Cl_2]^+$ জটিল আয়নের সমাবয়বতা

$M(AA)B_2C_2$ সংযুতির যৌগ: $M(AA)B_2C_2$ সংযুতিসম্পন্ন সবর্গীয় যৌগগুলি *সিস্-* ও *ট্রান্স-* সমাবয়বরূপে অবস্থান করে।

Scanned with CamScanner



$[Cr(NH_3)_2Cl_2(en)]^+$ এই ধরনের সমাবয়বতা দেখায়।



$[Cr(NH_3)_2Cl_2(en)]^+$ জটিল আয়নের সমাবয়বতা

III কোঅর্ডিনেশন যৌগের আলোকীয় সমাবয়বতা (Optical isomerism in coordination compounds)

একই সংযুতিসম্পন্ন দুটি সবর্গীয় যৌগে লিগ্যান্ডগুলি কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের চতুর্দিকে যদি এরূপে বিন্যস্ত থাকে যে একটির গঠনাকৃতি অপরটির প্রতিবিম্বের মতো হয়, তবে ওই যৌগদুটিকে আলোকীয় সমাবয়ব বলে।

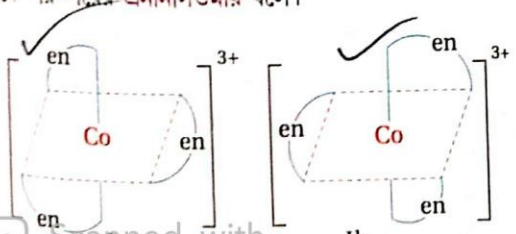
চতুর্বর্গীয় যৌগের আলোকীয় সমাবয়বতা

i সমতলীয় বর্গাকৃতি গঠনবিশিষ্ট জটিল যৌগগুলির প্রতিসাম্য তল উপস্থিত থাকায় আলোকীয় সমাবয়বতা দেখা যায় না।

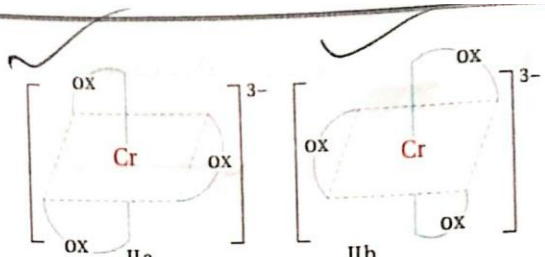
ii চতুস্তলকীয় গঠনবিশিষ্ট MABCD সংযুতিসম্পন্ন যৌগগুলি আলোকীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করে, কিন্তু এরূপ যৌগের সংখ্যা নগণ্য।

ষড়বর্গীয় যৌগের আলোকীয় সমাবয়বতা

i $M(AA)_3$ সংযুতির যৌগ (AA = প্রতিসম বাইডেন্টেট লিগ্যান্ড): এরূপ সংযুতিবিশিষ্ট দুটি জটিল আয়ন হল $[Co(en)_3]^{3+}$ এবং $[Cr(ox)_3]^{3-}$। এই আয়নগুলির প্রতিটির ক্ষেত্রেই দর্পণ-প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত এরূপ একজোড়া করে গঠনাকৃতি সম্ভব যারা পরস্পর উপরিপাতযোগ্য নয় (*non-superimposable*)। অর্থাৎ, উল্লিখিত আয়নগুলি আলোকীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করে। Ia ও Ib প্রথমোক্ত আয়নটির এবং IIa ও IIb শেষোক্ত জটিল আয়নের একজোড়া আলোকীয় সমাবয়ব। দর্পণ প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত আলোকীয় সমাবয়ব-গুলিকে পরস্পরের এনানসিওমার বলে।



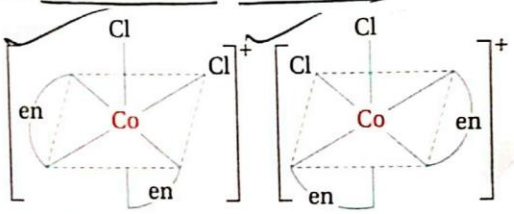
$[Co(en)_3]^{3+}$-এর একজোড়া এনানসিওমার



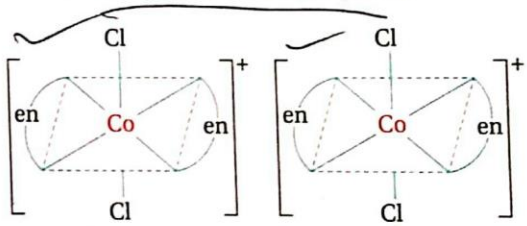
$[Cr(ox)_3]^{3+}$-এর একজোড়া এনানসিওমার

ii $M(AA)_2b_2$ সংযুতির যৌগ: এরূপ সংযুতিবিশিষ্ট যৌগের দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব (*সিস্-* ও *ট্রান্স-*) বর্তমান (এ সম্পর্কে আগে আলোচনা করা হয়েছে)। এদের মধ্যে *সিস্-* সমাবয়বটি আলোকীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করে, কিন্তু *ট্রান্স-* সমাবয়বের প্রতিসাম্যতল থাকায় আলোকীয় সমাবয়বতা দেখা যায় না।

উদাহরণ $[Co(en)_2Cl_2]^+$, $[Rh(en)_2Cl_2]^+$।



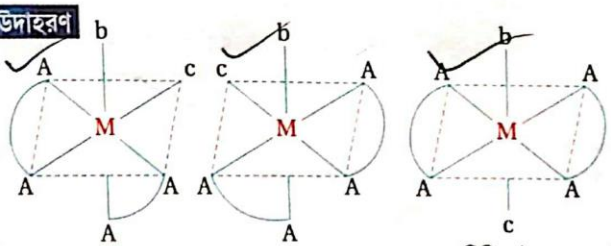
সিস্-$[Co(en)_2Cl_2]^+$ জটিল আয়নের একজোড়া আলোক-সক্রিয় সমাবয়ব (এনানসিওমার)



ট্রান্স-$[Co(en)_2Cl_2]^+$ জটিল আয়নের দর্পণ প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত একজোড়া গঠনাকৃতি

iii $M(AA)_2bc$ সংযুতিবিশিষ্ট যৌগ: এরূপ সংযুতিবিশিষ্ট যৌগেরও দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব (*সিস্-* ও *ট্রান্স-*) বর্তমান। *ট্রান্স-* সমাবয়বের প্রতিসাম্যতল উপস্থিত থাকায় এটি আলোক-নিষ্ক্রিয়। কিন্তু *সিস্-* সমাবয়বটি অপ্রতিসম হওয়ায় আলোকীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করে।

উদাহরণ



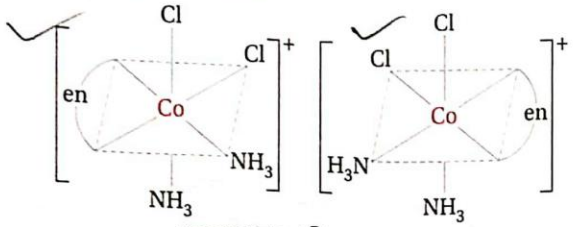
*সিস্-*সমাবয়বের একজোড়া আলোক-সক্রিয় সমাবয়ব (এনানসিওমার)

আলোক-নিষ্ক্রিয় *ট্রান্স-*সমাবয়ব (প্রতিসাম্য তল বর্তমান)

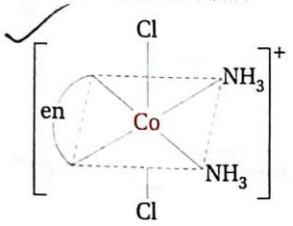
iv $M(AA)b_2c_2$ সংযুতিবিশিষ্ট যৌগ: এই প্রকারের যৌগগুলি আলোকীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করে।

Scanned with CamScanner

উদাহরণ $[CoCl_2(en)(NH_3)_2]^+$ জটিল আয়নটির একজোড়া এনানসিওমার বর্তমান।



একজোড়া আলোকীয় সমাবয়ব



আলোক-নিষ্ক্রিয়

পরিচ্ছেদ 9.8 সংক্রান্ত প্রশ্ন

1. $[Co(NH_3)_5(ONO)]Cl$ ও $[Co(NH_3)_5NO_2]Cl$ যৌগ দুটি কী ধরনের সমাবয়বতা প্রদর্শন করে? যৌগ দুটির মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করার একটি পদ্ধতি উল্লেখ করো।
2. $[Co(NH_3)_5SO_4]Br$-এর আয়নায়ন সমাবয়বটির সংকেত লেখো। যৌগটির এরূপ সমাবয়বতা প্রদর্শনের কারণ কী?
3. MA_4, MA_3B, MA_2B_2, MA_2BC সংযুক্তিবিশিষ্ট যৌগগুলি কোনোরূপ জ্যামিতিক সমাবয়বতা প্রদর্শন করে না— উক্তিটি বিচার করো। (যেখানে M= কেন্দ্রীয় ধাতব আয়ন, A, B, C, D= মনোডেন্টেট লিগ্যান্ড)
4. ফেসিয়াল ও মেরিডিওনাল সমাবয়বতা বলতে কী বোঝ? MA_3B_3 সংযুক্তিসম্পন্ন একটি যৌগের সাহায্যে তা ব্যাখ্যা করো। (যেখানে A, B= মনোডেন্টেট লিগ্যান্ড)
5. প্রদত্ত যৌগগুলি কী ধরনের সমাবয়বতা দেখায়—
   (i) $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$ (ii) $[Zn(NH_3)_2Cl_2]$ (চতুস্তলকীয়)
6. প্রদত্ত যৌগগুলির আয়নায়ন সমাবয়বের সংকেত লেখো—
   (i) $[Ni(en)_2(NO_2)_2]Cl_2$ (ii) $[Fe(NH_3)_5CN]SO_4$

কোঅর্ডিনেশন যৌগের বন্ধনের প্রকৃতি

বিজ্ঞানী ভার্নার কোঅর্ডিনেশন যৌগের গঠন-সংক্রান্ত যে তত্ত্ব উপস্থাপিত করেন তা বিশেষ কোনো মৌলিক নীতির উপর ভিত্তি করে রচিত হয়নি। পরবর্তীকালে রাসায়নিক বন্ধনের ইলেকট্রনিক তত্ত্ব আবিষ্কারের পর বিজ্ঞানী সিড্‌উইক ও লাউরি সিদ্ধান্ত করেন যে ভার্নার প্রস্তাবিত মুখ্য ও গৌণ যোজ্যতা যথাক্রমে আয়নীয় ও সমযোজ্যতা (তথা অসমযোজ্যতা) ছাড়া আর কিছুই নয়।

ভার্নার প্রস্তাবিত তত্ত্ব থেকে যে প্রশ্নগুলির উত্তর পাওয়া যায় না

1. কোঅর্ডিনেশন যৌগের গঠন প্রক্রিয়ায় নির্বাচিত কিছু সংখ্যক ধাতব মৌল অংশগ্রহণ করে কেন?
2. কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু তথা আয়নের গৌণ যোজ্যতাগুলি ত্রিমাত্রিক দিকে নির্দিষ্টভাবে বিন্যস্ত থাকে কেন?
3. কোঅর্ডিনেশন যৌগের চৌম্বকীয় ও আলোকীয় ধর্মের কারণ কী?

Scanned with CamScanner

কোঅর্ডিনেশন যৌগের বন্ধন, গঠন ও ধর্মাবলি ব্যাখ্যা করার জন্য একাধিক আধুনিক তত্ত্ব প্রকাশিত হয়েছে। এখানে কেবলমাত্র দুটি তত্ত্ব আলোচনা করা হবে: ① যোজ্যতা-বন্ধন তত্ত্ব এবং ② ক্রিস্টাল ফিল্ড তত্ত্ব।

9.9 যোজ্যতা-বন্ধন তত্ত্ব (Valence Bond Theory)

পাউলিং (*L. Pauling*)-এর যোজ্যতা-বন্ধন তত্ত্ব (VBT) অনুসারে—

i কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু প্রথমে উপযুক্ত সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করে ধাতব আয়নে পরিণত হয়। বর্জিত ইলেকট্রনের সংখ্যাই ধাতব আয়নের মুখ্য যোজ্যতা নির্দেশ করে।

ii ধাতব আয়নটি প্রয়োজন অনুসারে যোজ্যতা-কক্ষের ইলেকট্রনগুলির পুনর্বিন্যাসের মাধ্যমে প্রয়োজনীয় সংখ্যক খালি কক্ষক (*s*, *p* বা *d*) সৃষ্টি করে। এই পুনর্বিন্যাস প্রক্রিয়ায় কিছু অযুগ্ম ইলেকট্রন জোটবদ্ধ হয়ে যুগ্ম ইলেকট্রনে পরিণত হয় (হুন্ডের নিয়মের বিরুদ্ধাচরণ)। মনে করা হয়, শক্তিশালী লিগ্যান্ডের প্রভাবে ইলেকট্রনের যুগ্মকরণ ঘটে।

iii এরপর খালি কক্ষকগুলির সংকরায়ণের ফলে সমসংখ্যক সমশক্তিসম্পন্ন সংকর কক্ষক সৃষ্টি হয়। সংকরায়িত কক্ষকের সংখ্যাই সংশ্লিষ্ট ধাতব আয়নের কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা (সবর্গাঙ্ক) নির্দেশ করে।

iv সংকর কক্ষকগুলি ত্রিমাত্রিক দিকে নির্দিষ্ট অভিমুখে এমনভাবে প্রসারিত থাকে যাতে সংশ্লিষ্ট জটিল যৌগটি উদ্দিষ্ট জ্যামিতিক গঠন লাভ করে।

সবর্গাঙ্ক	সংকরায়ণের প্রকৃতি	জ্যামিতিক আকৃতি
4	sp^3	চতুস্তলকীয়
4	dsp^2	সমতলীয় বর্গাকৃতি
5	sp^3d	ত্রিকোণীয় দ্বি-পিরামিডীয়
6	sp^3d^2, d^2sp^3	অষ্টতলকীয়

v যে *d*-অর্বিট্যালগুলি সংকরায়ণে অংশগ্রহণ করে সেগুলি অভ্যন্তরীণ $(n-1)d$-অর্বিট্যাল অথবা বহিস্থ nd-অর্বিট্যাল হতে পারে। সংকরায়ণ প্রক্রিয়ায় $(n-1)d$-অর্বিট্যাল অংশগ্রহণ করলে উৎপন্ন যৌগকে অভ্যন্তরীণ কক্ষকঘটিত জটিল যৌগ (*inner orbital complex*) এবং nd-অর্বিট্যাল অংশগ্রহণ করলে উৎপন্ন যৌগকে বহিস্থ কক্ষকঘটিত জটিল যৌগ (*outer orbital complex*) বলা হয়।

vi ধাতব আয়নের খালি সংকর কক্ষকগুলি লিগ্যান্ড থেকে ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে উপযুক্ত সংখ্যক L→M সিগ্‌মা বন্ধন (অসমযোজী) গঠন করে। অন্যভাবে বলা যায়, ধাতব আয়নের খালি সংকর কক্ষকের সঙ্গে লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন-পূর্ণ কক্ষকের অভিলেপনে অসমযোজী L→M বন্ধন গঠিত হয়। অভিলেপনের মাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে বন্ধন-শক্তি তথা উৎপন্ন সবর্গীয় যৌগের স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি পায়।

vii এভাবে লিগ্যান্ডগুলি কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সঙ্গে অসমযোজ্যতার মাধ্যমে যুক্ত হয়ে বিশেষ জ্যামিতিক আকৃতিবিশিষ্ট কোঅর্ডিনেশন এন্টিটি তথা জটিল যৌগ গঠন করে।

viii উৎপন্ন যৌগে অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকলে এটি প্যারাম্যাগনেটিক ধর্ম প্রদর্শন করে, অন্যথায় এটি ডায়াম্যাগনেটিক প্রকৃতির হয়।

- প্যারাম্যাগনেটিক যৌগের চৌম্বক-ভ্রামক (*magnetic moment*), $\mu = \sqrt{n(n+2)}$ BM, যেখানে n = অযুগ্ম ইলেকট্রনের সংখ্যা।
- অযুগ্ম ইলেকট্রনের সংখ্যা থেকে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সংকরায়ণের প্রকৃতি তথা জটিল আয়নের জ্যামিতিক গঠনাকৃতি সম্পর্কে ধারণা করা যায়। সবর্গীয় যৌগের জ্যামিতিক গঠনাকৃতি থেকে ওই যৌগে অযুগ্ম ইলেকট্রনের সংখ্যা তথা কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সংকরায়ণ জানা যায়।

9.9.1 4 সবর্গাঙ্ককবিশিষ্ট (4 coordinated) জটিল যৌগের গঠন

4 সবর্গাঙ্ককবিশিষ্ট জটিল যৌগের জ্যামিতিক আকৃতি চতুস্তলকীয় অথবা সামতলিক বর্গাকার উভয় প্রকারের হতে পারে। প্রদত্ত সারণিতে যোজ্যতা-বন্ধন তত্ত্বের ভিত্তিতে চতুস্তলকীয় $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$ ও $[ZnCl_4]^{2-}$ এবং সামতলিক বর্গাকার $[Ni(CN)_4]^{2-}$-এর গঠনাকৃতি, গঠন-প্রক্রিয়া এবং চৌম্বকীয় প্রকৃতি বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হল:

জটিল আয়ন/যৌগ ও তার গঠনাকৃতি	গঠন-প্রক্রিয়া
চতুস্তলকীয় $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নের গঠন প্রক্রিয়া: Ni^{2+} আয়নের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় উল্লিখিত জটিল আয়নটি গঠিত হয়। প্রথমে $Ni^{2+}(3d^8)$ আয়নের sp^3-সংকরায়ণের ফলে 4 টি সমতুল্য sp^3 সংকর কক্ষক গঠিত হয়, যেগুলি একটি চতুস্তলকের চারটি কৌণিক বিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এরপর ওই 4 টি সংকর কক্ষক 4 টি NH_3 অণুর 4 টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে 4 টি অসমযোজী বন্ধন গঠনের মাধ্যমে চতুস্তলকীয় আকৃতিবিশিষ্ট $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$ জটিল আয়নটি উৎপন্ন করে। উল্লিখিত জটিল আয়ন তথা জটিল যৌগে 2 টি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকায় এটি প্যারাম্যাগনেটিক ধর্ম প্রদর্শন করে। যৌগটির চৌম্বক-ভ্রামক, $\mu = \sqrt{n(n+2)} = \sqrt{2(2+2)} = 2\sqrt{2}$ BM	Ni -পরমাণু $(3d^8 4s^2 4p^0)$: ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ (3d) ; ↑↓ (4s) ; (4p) Ni^{2+} আয়ন $(3d^8 4s^0 4p^0)$: ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ (3d) ; □ (4s) ; (4p) └ sp^3-সংকরায়ণ ┘ Ni^{2+} আয়ন (সংকরায়িত) : ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ; □ □ □ □ 4টি সমতুল্য sp^3-সংকর কক্ষক ↓ $4NH_3$ Ni^{2+} আয়ন $([Ni(NH_3)_4]^{2+}$ আয়ন গঠনের পর) : ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ; ×× ×× ×× ×× 2 টি অযুগ্ম ইলেকট্রন ; 4 টি NH_3 অণু থেকে প্রাপ্ত 4 জোড়া ইলেকট্রন [লিগ্যান্ড প্রদত্ত ইলেকট্রন-জোড় (বিপরীত ঘূর্ণনবিশিষ্ট)-কে '××' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।]
চতুস্তলকীয় $[ZnCl_4]^{2-}$ আয়নের গঠন প্রক্রিয়া: এক্ষেত্রে $Zn^{2+}(3d^{10})$ আয়নের sp^3-সংকরায়ণের ফলে 4 টি সমতুল্য sp^3 সংকর কক্ষক গঠিত হয়, যেগুলি একটি চতুস্তলকের চারটি কৌণিক বিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এরপর ওই 4 টি সংকর কক্ষক 4 টি Cl^- আয়ন থেকে 4 টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে 4 টি অসমযোজী বন্ধন গঠনের মাধ্যমে চতুস্তলকীয় আকৃতিবিশিষ্ট $[ZnCl_4]^{2+}$ জটিল আয়নটি উৎপন্ন করে। উল্লিখিত জটিল আয়নে অযুগ্ম ইলেকট্রন না থাকায় এটি ডায়াম্যাগনেটিক। আয়নটির চৌম্বক-ভ্রামক, $\mu = 0$।	Zn -পরমাণু $(3d^{10} 4s^2 4p^0)$: ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ (3d) ; ↑↓ (4s) ; (4p) Zn^{2+} আয়ন $(3d^{10} 4s^0 4p^0)$: ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ (3d) ; □ (4s) ; (4p) └ sp^3-সংকরায়ণ ┘ Zn^{2+} আয়ন (সংকরায়িত) : ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ; □ □ □ □ 4টি সমতুল্য sp^3-সংকর কক্ষক ↓ $4Cl^-$ Zn^{2+} আয়ন $([ZnCl_4]^{2+}$ আয়ন গঠনের পর) : ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ; ×× ×× ×× ×× 4 টি Cl^- আয়ন থেকে প্রাপ্ত 4 জোড়া ইলেকট্রন
সামতলিক বর্গাকার $[Ni(CN)_4]^{2-}$ আয়নের গঠন প্রক্রিয়া: লিগ্যান্ডের প্রভাবে $Ni^{2+}(3d^8)$ আয়নের $3d$-কক্ষকের দুটি বিজোড় ইলেকট্রন প্রথমে জোড়বদ্ধ হয় ($3d_{x^2-y^2}$ কক্ষকের বিজোড় ইলেকট্রনটি $3d_{z^2}$-কক্ষকে স্থানান্তরিত হয়) এবং dsp^2-সংকরায়ণের ফলে 4 টি সমতুল্য সংকর কক্ষকের সৃষ্টি হয়। এগুলি সামতলিক বর্গক্ষেত্রের চারটি কৌণিক বিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। পরে ওই 4 টি dsp^2-সংকর কক্ষক 4 টি CN^- আয়ন থেকে 4 টি ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে অসমযোজী বন্ধন গঠনের মাধ্যমে $[Ni(CN)_4]^{2-}$ জটিল আয়নের সৃষ্টি করে। [উল্লেখ্য, dsp^2-সংকরায়ণ প্রক্রিয়ায় একই তলে অবস্থানকারী নিম্নতর কক্ষের $d_{x^2-y^2}$ কক্ষক এবং বহিস্তম কক্ষের p_x ও p_y কক্ষক অংশগ্রহণ করে।] কোনো অযুগ্ম ইলেকট্রন না থাকায় এটি ডায়াম্যাগনেটিক ধর্ম প্রদর্শন করে	Ni^{2+} আয়ন $(3d^8 4s^0 4p^0)$: ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ (3d) ; □ (4s) ; (4p) Ni^{2+} আয়ন (বিজোড় ইলেকট্রন জোড়বদ্ধ করার পর) : ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ □ (3d) ; □ (4s) ; (4p) └ dsp^2 সংকরায়ণ ┘ Ni^{2+} আয়ন (dsp^2-সংকরায়িত) : ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ; □ □ □ □ □ 4টি সমতুল্য dsp^2-সংকর কক্ষক ↓ $4CN^-$ Ni^{2+} আয়ন ($[Ni(CN)_4]^{2-}$ আয়ন গঠনের পর) : ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ; ×× ×× ×× ×× □ 4 টি CN^- আয়ন থেকে প্রাপ্ত 4 জোড়া ইলেকট্রন

Scanned with CamScanner

Solve the following problems:

1. $[Co(NH_3)_5SO_4]Br$ এর আয়নায়ন সমাবয়বটির সংকেত লেখো।

2. প্রদত্ত যৌগগুলি কী ধরনের সমাবয়বতা দেখায় —— i) $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$

ii) $[Zn(NH_3)_2Cl_2]$ (চতুস্তলকীয়)

3. যোজ্যতা বন্ধনতত্ত্ব অনুসারে $[ZnCl_4]^{2-}$ আয়নের গঠন প্রক্রিয়াটি সমালোচনা করো।

Scanned with CamScanner