



الجمهورية العربية السورية

وزارة التربية

المركز الوطني للمتميزين

حلقة بحث علمية _ مادة الكيمياء

تقديم الطالبة: رنا منصور

الصف الثاني الثانوي

مقدمة للمدرس: محمد بسام أبو كف

COORDINATION CHEMISTRY

العام الدراسي 2014-2015

إهتالية البحث:

يبدو العالم من حولنا ملوناً بشكل رائع... لكن بالنسبة لكيميائيين فإن هذه الألوان هي موارد للمعلومات الغنية في البنية والترابط بين المواد... مركبات المعادن الانتقالية هي مجموعة مهمة من المركبات الملونة فبعض منها يستعمل في الأصبغة والبعض الآخر ينتج اللون في الزجاج والمجوهرات الثمينة. على سبيل المثال، تعود الألوان في الرسم على الزجاج بشكل أساسي إلى مركبات المعادن الانتقالية.

لماذا تملك هذه المركبات ألواناً...!!!!!! ولما تتواجد مركبات تحمل نفس الصيغة ولكن بألوان مختلفة...!!!!!!؟؟؟؟

إن الكيمياء التي سنكتشفها في هذا البحث وهي الكيمياء التناسقية سوف تساعدنا في الإجابة عن هذه الأسئلة.

المقدمة:

بين العمودين IIIA وIIA، تقع عشر أعمدة من المعادن الانتقالية – عائلات B... معظم هذه العناصر هي معادن لها تطبيقات تجارية مألوفة... الأدوات الحديدية وأسلاك النحاس ومجوهرات الفضة والعملات النقدية. تتضمن العديد من البلورات لتفاعلات صناعية مهمة معادن انتقالية.. الأمثلة موجودة في تصفية النفط و تصنيع الأمونيا من N_2 و H_2 .

بالإضافة إلى فوائدها التجارية، لدى العديد من المعادن الانتقالية أهمية حيوية. مثلاً توجد مركبات الحديد في كل أنحاء النبات و الممالك الحيوانية. يتواجد الحديد في الهيموغلوبين hemoglobin ، الجزيء في كريات الدم الحمراء المسؤول عن نقل الأوكسجين، O_2 ، من الرئتين إلى باقي أنسجة الجسم. الميوغلوبين Myoglobin الذي يوجد في الأنسجة العضلية، هو مركب مشابه يحتوي الحديد. يأخذ الميوغلوبين الأوكسجين من الهيموغلوبين، ويحمله إلى أن تحتاجه الخلايا العضلية.

تتضمن أكسدة المواد الغذائية السيتوكروم (مركبات تحوي الحديد) وموجودة في كل خلية. في هذه الحالات، يكون العنصر الانتقالي مركزياً بالنسبة للبنية والخصائص لهذا الجزيء الحيوي. الهيموغلوبين والميوغلوبين هي أمثلة للمعقدات المعدنية، أو المركبات التساندية، دعونا نتعرف على ماهية المعقدات و خصائصها وعلى أسرار تشكلها و تكونها.

الصفحة	الموضوع
5	بعض خصائص المعادن الانتقالية
6	التوزيع الالكتروني
7	المغناطيسية
9	تشكل وبنية المعقدات
10	مفاهيم أساسية في المعقدات
11	التسميات التعريفية في الكيمياء التناسقية
13	البنية و التماكبات في الكيمياء التناسقية
15	تماكب الرابطة
16	التماكب الفراغي الهندسي من النوع Cis-Trans
20	التماكب الفراغي الضوئي

فهرس الأشكال:

الصفحة	الوصف	رقم الشكل
5	المحاليل المائية لأيونات بعض المعادن الانتقالية	1
6	تصنيف العناصر الانتقالية إلى مجموعات B للعناصر الانتقالية والعناصر الانتقالية الداخلية	2
8	البارامغناطيسية: تتوضع السبينات بشكل عشوائي، وتصطف عندما تتعرض لحقل مغناطيسي	3
8	الفرامغناطيسية: السبينات مرتبة و تصبح عشوائية في الحرارة العالية.	4
10	بنية السيسبلاتين	5
14	ميزان غوي Gouy لقياس بارامغناطيسية المادة	6
17	لايملك المعقد رباعي الوجوه تماكبات فراغية	7
17	خصائص المعقد $[Pt(NH_3)_3Cl_2]$ (اللون والانحلالية)	8
18	نموذج الكرة والعصا للمتماكبان Cis-Trans	9
18	الصيغة البنوية لمتماكبي المعقد Cis-Trans.	10
19	الشكل الهندسي ثماني الوجوه (A) فيه كل الوضعيات فيه متكافئة (B) التمثيل الهندسي لهذا الشكل	11

19	نموذج الكرة والعصا لهذين المتماكبين	12
20	الشكل الهندسي للمتماكبين Cis-Trans	13
20	الاختلاف في لوني المتماكبين Cis-Trans	14
21	متماكب ضوئي لا يتطابق مع صورته في المرآة	15
21	لا تتطابق اليد اليمنى مع خيالها في المرآة	16

فهرس الجدول:

رقم الصفحة	الوصف	رقم الجدول
7	خصائص عناصر الدور الرابع الانتقالية	1
11	أمثلة عن أعداد تساندية مختلفة للمعدنات	2
12	أسماء الربيطات الأنيونية	3
12	الاستثناءات في تسمية الربيطات المعتدلة	4
13	الأسماء اللاتينية والإنكليزية للأنيونات	5

خصائص المعادن الانتقالية Properties of the Transition Elements:

غالباً تصنف كل عناصر B كعناصر انتقالية، مع ذلك وبتعبير أكثر دقة، تعرف العناصر الانتقالية على أنها تلك العناصر المعدنية التي تملك مدارات d غير ممتلئة بالكامل. يعد الحديد، الذي توزيعه الإلكتروني $[Ar]3d^64s^2$ أحد الأمثلة عن ذلك؛ يملك الحديد مدارات 3d غير ممتلئة بالكامل، النحاس هو مثال آخر. على الرغم من أن عنصر النحاس الحر لديه التوزيع الإلكتروني التالي $[Ar]3d^64s^2$ نلاحظ أن مدار ممتلئ، إلا أن النحاس يشكل أيون النحاس، والذي توزيعه الإلكتروني $[Ar]3d^9$ وفيه يكون مدار غير ممتلئ بالكامل.



شكل 1 المحاليل المائية لأيونات بعض المعادن الانتقالية

تملك عناصر العائلة IIB الزنك، الكاديوم، والزنابق مدارات d ممتلئة في العنصر و في الأيونات المعروفة له، لذا وبدقة أكبر لا تعتبر معادنًا انتقالية على الرغم من أنها تصنف كذلك غالباً.

في بعض الأحيان يقوم الكيميائيون أيضاً بتضمين الدورين الاثنيين من العناصر الموجودين أسفل الجدول الدوري مع المعادن الانتقالية. هذان الدوران الاثنان، غالباً ما ينسبان إلى العناصر الانتقالية الداخلية، تملك هذه العناصر مدارات f مملوءة جزئياً في حالات الأكسدة المعروفة.

1تدعى عناصر الدور الأول منها اللانثانيدات lanthanides، أو العناصر الأرضية النادرة، وتدعى عناصر الدور الثاني الأكتينيدات actinides.

يظهر الشكل (1) أقسام المعادن الانتقالية. تشكل أعمدة B للعناصر الانتقالية، كما العناصر الانتقالية الداخلية بكثرة الأيونات المعقدة و المركبات التساندية.

Period	IA	IIA	Transition elements										IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA								
2																										
3																										
4			IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B			IB	IIB														
5			Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn														
6			Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd														
7			Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg														
			Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	(112)														
			Lanthanides										La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
			Actinides										Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

شكل 2 تصنيف العناصر الانتقالية إلى مجموعات B للعناصر الانتقالية والعناصر الانتقالية الداخلية

1. التوزيع الإلكتروني Electron Configurations:

البنية الالكترونية هامة جداً عند أي مناقشة أو حديث عن المعادن الانتقالية. يصنف الجدول رقم (1) التوزيع الإلكتروني في الحالة الأرضية لعناصر الدور الرابع الانتقالية، و تتبع هذه التوزيعات مبدأ البناء أوف باو. باتباع هذا المبدأ، يبدأ المدار بالامتلاء بعد الكالسيوم (توزيعه الإلكتروني $[Ar]3d^2$).

لذا يملك السكاناديوم التوزيع الإلكتروني $([Ar]3d^14s^2)$ ، وبالانتقال خلال الجدول الدوري تبدأ الإلكترونات الإضافية بالتموضع في مدارات 3d، فيكون لدينا التوزيع الإلكتروني $([Ar]3d^24s^2)$ للتيتانيوم و $([Ar]3d^34s^2)$ للفرانسيوم. وبعدها في الكروم يكون التوزيع الإلكتروني باتباع مبدأ البناء $([Ar]3d^44s^2)$ ، لكن التوزيع الفعلي هو $([Ar]3d^54s^1)$. التوزيع الإلكتروني لباقي العناصر هو نفسه عندما نتبع مبدأ البناء، حتى نصل إلى النحاس. هنا، التوزيع المتوقع هو $([Ar]3d^94s^2)$ ، لكن التوزيع الفعلي هو $([Ar]3d^{10}4s^1)$.

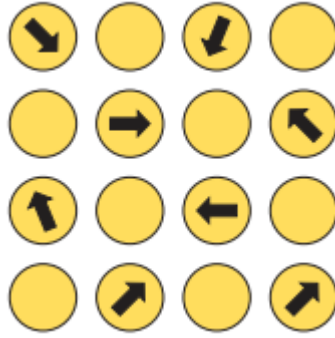
الجدول 1	خصائص عناصر الدور الرابع الانتقالية				
Property	Scandium	Titanium	Vanadium	Chromium	Manganese
Electron configuration	[Ar]3d ¹ 4s ²	[Ar]3d ² 4s ²	[Ar]3d ³ 4s ²	[Ar]3d ⁵ 4s ¹	[Ar]3d ⁵ 4s ²
Melting point, °C	1541	1660	1890	1857	1244
Boiling point, °C	2831	3287	3380	2672	1962
Density, g/cm ³	3.0	4.5	6.0	7.2	7.2
Electronegativity (Pauling scale)	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5
Covalent radius, pm	144	132	122	118	117
Ionic radius (for M ²⁺), pm	—	100	93	87	81
Property	Iron	Cobalt	Nickel	Copper	Zinc
Electron configuration	[Ar]3d ⁶ 4s ²	[Ar]3d ⁷ 4s ²	[Ar]3d ⁸ 4s ²	[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²
Melting point, °C	1535	1495	1453	1083	420
Boiling point, °C	2750	2870	2732	2567	907
Density, g/cm ³	7.9	8.9	8.9	8.9	7.1
Electronegativity (Pauling scale)	1.8	1.8	1.8	1.9	1.6
Covalent radius, pm	117	116	115	117	125
Ionic radius (for M ²⁺), pm	75	79	83	87	88

جدول 1 خصائص عناصر الدور الرابع الانتقالية

2. المغناطيسية Magnetism:

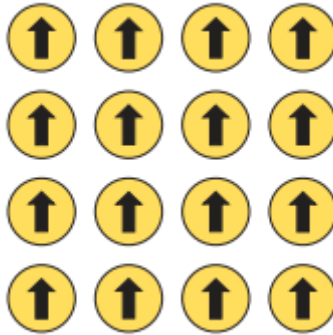
يمنح سبين الالكترون له عزمًا مغناطيسياً، وهي خاصية تجعل الالكترون كمغناطيس صغير. في المركب الصلب الدايمغناطيسي diamagnetic والذي يعرف على أن فيه جميع الالكترونات تكون متزاوجة، يلغي السبين للأعلى والسبين للأسفل بعضهما الآخر. فتوصف المواد عموماً على أنها غير مغناطيسية، لكن عندما تكون هذه المواد واقعة ضمن مجال حقل مغناطيسي، تجعل حركات الالكترونات المادة تتنافر بشكل ضعيف جداً بفعل المغناطيس. بتعبير آخر، هذه المواد غير المغناطيسية المفترضة تظهر بعض الخصائص المغناطيسية الضعيفة بوجود حقل مغناطيسي.

تعد المادة التي فيها تحوي الذرات أو الأيونات واحد أو أكثر من الكترون غير متزاوج بارامغناطيسية paramagnetic. في المادة الصلبة البارامغناطيسية، لا تتأثر اللكترونات أو الأيونات على الذرة الواحدة بالالكترونات غير الرابطة على الذرات المجاورة أو الأيونات. مما يؤدي، إلى أن العزوم المغناطيسية على الذرات أو الأيونات تتجه بشكل عشوائي كما يظهر الشكل (3). عندما تعرض المادة البارامغناطيسية إلى حقل مغناطيسي تميل العزوم المغناطيسية إلى الترتب بشكل موازي لبعضها، مما ينتج تأثيرات جذب بينها وبين المغناطيس. لذا تكون على العكس من من المواد الدايا مغناطيسية، والتي تتأثر بشكل ضعيف بالحقول المغناطيسية.



شكل 3 البارامغناطيسية: تتوضع السبينات بشكل عشوائي، وتصطف عندما تتعرض لحقل مغناطيسي.

عندما نفكر بالمغناطيس قد يتبادر إلى ذهنك صورة مغناطيس من الحديد. يسلك الحديد سلوكاً فرومغناطيسياً *ferromagnetism*، وهو قسم من المغناطيسية أقوى من البارامغناطيسية. تظهر الفرومغناطيسية عندما تتأثر الإلكترونات غير الرابطة للذرات أو الأيونات. التوضع الأكثر استقراراً (ذو الطاقة الأقل) هو عندما يترتب سبيننا الإلكترونين على ذرات أو أيونات متجاورة في نفس الاتجاه، في الشكل (4). عندما يتعرض مركب فرومغناطيسي لحقل مغناطيسي، قد يكون الانجذاب إلى لحقل المغناطيسي أقوى بمليون مرة منه في حالة المركبات البارامغناطيسية.



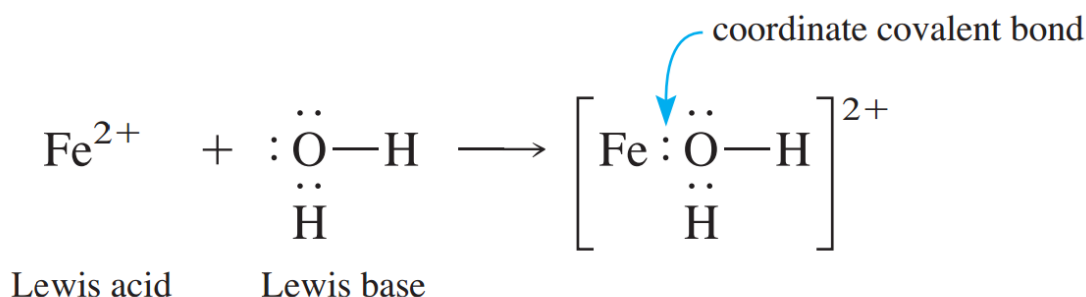
شكل 4 الفرومغناطيسية: السبينات مرتبة و تصبح عشوائية في الحرارة العالية.

المعادن الانتقالية الفرومغناطيسية الوحيدة هي Fe, Co, Ni ، ولكن العديد من السبائك تتصرف بشكل فرومغناطيسي أيضاً، والتي تكون في بعض الأحيان أقوى من فرومغناطيسية المعادن لوحدها. تتواجد الفرومغناطيسية القوية في المركبات التي تحتوي على معادن انتقالية و معادن من اللانثانيدات. من بين أكثر الأمثلة أهمية على هذا $SmCo_5$ و $Nd_2Fe_{14}B$.

1. ² Theodore L. Brown ,H. Eugene Lemay, Jr, Bruce E. Bursten, Catherine J. Murphy, Patrick M. Woodward, Matthew W. Stoltzfus "Chemistry The Central Science" 13ed, Usa, 2015

تشكل وبنية المعقدات :Formation and Structure of Complexes

تتصرف ذرة المعدن، وتحديداً ذرة المعدن الانتقالي، غالباً كأساس لويس في التفاعلات الكيميائية، فتقبل أزواجاً الكترونية من الجزيئات أو الأيونات، على سبيل المثال Fe^{2+} و H_2O يمكن لها أن ترتبط مع بعضها في تفاعل حمض-أساس لويس.

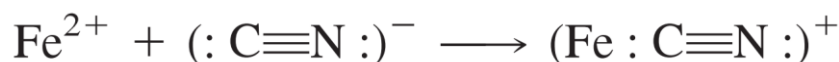


يشكل زوج من الالكترونات الموجود على ذرة أوكسجين H_2O رابطة تساهمية مع Fe^{2+}

في الماء، يرتبط أيون Fe^{2+} مع ست جزيئات H_2O مشكلاً أيون $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$

يخضع أيون Fe^{2+} أيضاً لتفاعل حمض-أساس لويس مشابه مع أيونات السيانيد. في هذه

الحالة، يرتبط أيون Fe^{2+} مع الزوج الالكتروني على ذرة الكربون في CN^-



أخيراً ينتج أيون مستقر جداً $[Fe(CN)_6]^{4-}$ ، والذي فيه يرتبط أيون Fe^{2+} بست أيونات

سيانيد. نلاحظ أن الشحنة على أيون = تساوي مجموع الشحن على الأيونات المكون منها:

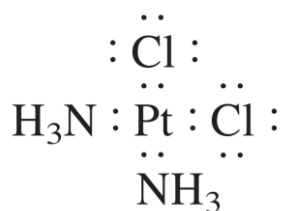
$2 + 6(-1) = -4$ في بعض الحالات تنتج أنواع معتدلة من أيون معدن و أنيونات، سيسبلاتين،

العقار المضاد للسرطان الذي يملك البنية الموضحة بالشكل () يحتوي Pt^{2+} مع اثنين من

جزيئات NH_3 (بشكل معتدل) و أيوني Cl^- ، فيتشكل أنواع معتدلة. بنتاكاربونيل

الحديد $[Fe(CO)_5]$ ، هو مثال عن الأنواع المعتدلة المتشكلة من ذرة حديد محايدة و

جزيئات Co .



شكل 5 بنية السيسبلاتين

مفاهيم أساسية في المعقدات Basic Definitions:

الأيون المعقد complex ion: أيون معدني مرتبط مع أسس لويس بروابط مشتركة تساندية. المعقد (المركب التناسقي) (complex (or coordination compound): مركب يحتوي إما على أيونات معقدة أو أيونات أخرى بشحنات متعاكسة (على سبيل المثال، المركب $K_4[Fe(CN)_6]$ مكون من الأيون المعقد $[Fe(CN)_6]^{4-}$ وأربع أيونات K^+ أو من أنواع معقدة معتدلة الشحنة (مثل cisplatin).

الربيطات Ligands: أسس لويس التي ترتبط بذرة المعدن في المعقد. وهي تعطي الكترولونات، لذا قد تكون الربيطات جزيئات معتدلة (مثل H_2O أو NH_3 أو أنيونات (مثل Cl^- أو CN^-) و تملك على الأقل ذرة فيها زوج الكترولوني غير رابط. نادراً ما تتصرف الكاتيونات كربيطات. ويمكنك أن تتوقع ذلك بسهولة، لأن الزوج الالكترولوني على الكاتيون يكون محمياً بواسطة الشحنة الموجبة (لا يمكن التخلي عنه بسهولة)، لذا لا تدخل الكاتيونات في الربط التساندي.

عدد التساندي The coordination number: لذرة معدن في معقد ما هو العدد الكلي للروابط التي يشكلها المعدن مع الربيطات.

في $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ ، ترتبط ذرة الحديد مع كل ذرة أكسجين في ستة جزيئات ماء. لذا، العدد التساندي للحديد في هذا الأيون هو 6، وهو الأكثر شيوعاً، العدد التساندي 4 مشهور أيضاً، و اكتشفت أمثلة عديدة على العدد 5. يعطي الجدول (2) بعض الأمثلة عن معقدات لها أعداد تساندية ما بين 2-8. يعتمد العدد التساندي لذرة على عدة عوامل، لكن حجم ذرة المعدن مهم جداً. على سبيل المثال، الأعداد التساندية 7 و 8 توجد بشكل رئيسي في عناصر الدور الخامس و السادس، والتي تكون ذراتها كبيرة نسبياً، أما الأعداد التساندية العالية جداً (9-12) تكون معروفة في بعض الأيونات المعقدة لعناصر اللانثانيدات.

المعقد Complex	عدد التساند Coordination Number
$[Ag(NH_3)_2]^+$	2
$[HgI_3]^-$	3
$[PtCl_4]^{2-}$, $[Ni(CO)_4]$	4
$[Fe(CO)_5]$, $[Co(CN)_5]^{3-}$	5
$[Co(NH_3)_6]^{3+}$, $[W(CO)_6]$	6
$[Mo(CN)_7]^{3-}$	7
$[W(CN)_8]^{4-}$	8

جدول 2 أمثلة عن أعداد تساندية مختلفة للمعقدات.

NOMENCLATURE IN التسميات التعريفية في الكيمياء التناسقية :COORDINATION CHEMISTRY

يوجد الآن آلاف المركبات التناسقية المعروفة. ولكي تتم تسمية هذه المركبات وفق طريقة منظمة، نحتاج إلى معرفة معلومات أساسية عن بنية هذا المركب التناسقي الذي نقوم بتسميته. ما هو المعدن في هذا المعقد؟ هل توجد ذرة المعدن ضمن الكاتيون أم الأنيون؟ ما هي حالة الأكسدة لهذا المعدن؟ ما هي الربيطات؟ يمكنك أن تجيب على هذه الأسئلة باتباع قواعد التسمية الموافق عليها من قبل الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (the International Union of Pure and Applied Chemistry) أو (IUPAC). هذه القواعد هي بشكل أساسي تمديد و تعميم أشمل للمفهوم الذي أعطاه العالم Werner.

1. عند تسمية ملح، يسبق اسم الكاتيون اسم الأنيون. (وهذه قاعدة معروفة)



2. يتكون اسم المعقد سواء أكان أنيوناً أو كاتيوناً أو جزيئاً معتدلاً من جزأين مكتوبين مع بعضهما ضمن كلمة واحدة. تسمى الربيطات أولاً ثم تسمى ذرة المعدن ثانياً.

hexacyanoferrate(II) ion يسمى $[Fe(CN)_6]^{4-}$

hexaamminecobalt(III) ion يسمى $[Co(NH_3)_6]^{3+}$

3. يتضمن اسم الربيطه بادئة يونانية توضح عدد الربيطات، متبوعه باسم الربيطه المحدد، تكتب الربيطات بالترتيب الهجائي (باهمال البادئة اليونانية).
(a) تنتهي الربيطات الأنيونية ب -o.

اسم الأنيون Anion Name	اسم الربيطه Ligand Name
Bromide Br^-	Bromo
Carbonate CO_3^{2-}	Carbonato
Chloride Cl^-	Chloro
Cyanide CN^-	Cyano
Fluride F^-	Fluro
Hydroxide OH^-	Hydroxo
Oxalate CO_2^{2-}	Oxalato
Oxide O^{2-}	Oxo
Sulfate SO_4^{2-}	Sulfato

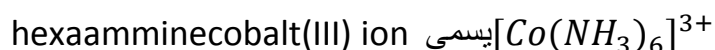
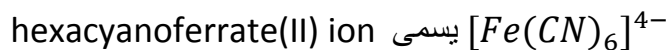
جدول 3 أسماء الربيطات الأنيونية

- (b) غالباً ما تبقى الربيطات المعتدلة كأسمائها الأصلية، وعلى أية حال هناك دائماً بعض الاستثناءات:

Molecule الجزيء	اسم الربيطه Ligand Name
Ammonia, NH_3	Ammine
Carbon monoxide, CO	Carbonyl
Water, H_2O	Aqua

جدول 4 الاستثناءات في تسمية الربيطات المعتدلة.

(c) الباءات التي تستخدم لتوضيح عدد الروابط هي (1)-mono; (2)-di; (3)-tri; (4)-tetra; (5)-penta; (6)-hexa. وهكذا...، لكي نرى كيف يتم تشكيل اسم الربيطة، لنفرض الأيونات المعقدة التالية:



عندما يحتوي اسم الربيطة أيضاً على بادئة توضح الرقم، يوضح عدد الربيطات ب:

(4) tetra, (3) tris, (2) bis وهكذا...، يوضع اسم الربيطة بين قوسين. على سبيل المثال، المعقد $[Co(en)_3]Cl_3$ يسمى كما يلي:



4. يحتوي اسم المعدن على اسم المعدن نفسه متبوعاً باللاحقة -ate إذا كان المعقد أنيوناً، ويتبع بعدد الأكسدة للمعدن مع وضع الرقم اليوناني بين قوسين. (يوضح عدد الأكسدة 0 عن طريق 0 بين قوسين) عندما يكون هناك اسم لاتيني للمعدن، يستخدم عادة لتسمية الأنيون.

English Name الاسم الانكليزي	Latin Name الاسم اللاتيني	Anion Name اسم الأنيون
Copper	Cuprum	Cuprate
Gold	Aurum	Aurate
Iron	Ferrum	Ferrate
Lead	Plumbum	Plumbate
Silver	Argentum	Argenate
Tin	Stannum	Stannate

جدول 5 الأسماء اللاتينية والإنكليزية للأنيونات.

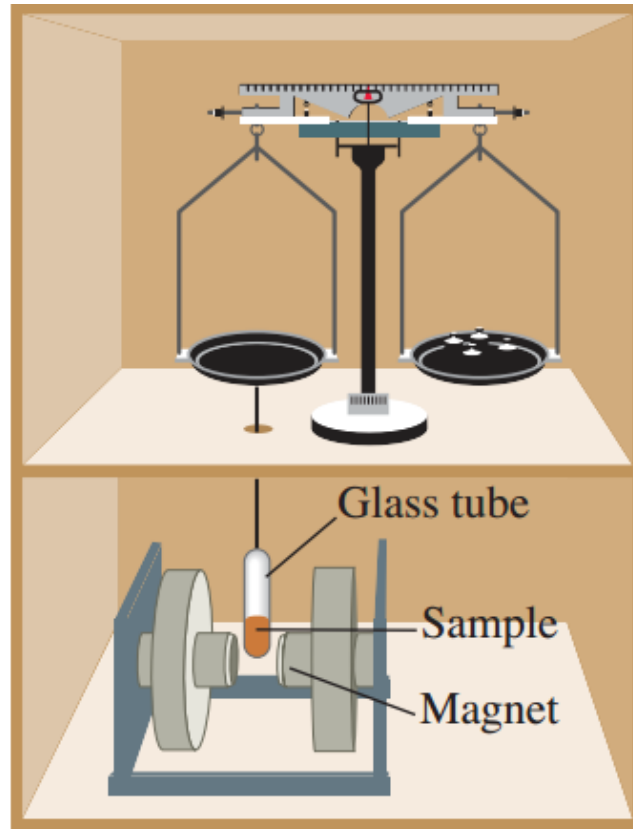
البنية و المتماثلات في الكيمياء التناسقية Structure and Isomerism in Coordination

Compounds:

على الرغم من أننا وصفنا تفاعل تشكل المعقد على أنه تفاعل أساس-حمض لويس، لكننا لم نتطرق حتى الآن إلى البنية. لم نتعرف إلى هندسة الأيونات المعقدة أو نبحت في الطبيعة الدقيقة للروابط فيه. تحدد ثلاث خصائص للمعقدات هذه المعلومات.

التماكب: التماكب هي مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية (أو نفس الصيغة المبسطة) لكن توضع الذرات فيها مختلفة عن بعضها. ولأن الذرات فيها مرتبة بشكل مختلف، للمتماكبات خصائص مختلفة عن بعضها. يوجد العديد من الاحتماليات للمتماكب في المركبات التناسقية. وبالدراسة الدقيقة للمتماكب يمكننا الوصول إلى معلومات عن التوضع الذري في هذه المركبات.

البارامغناطيسية: تمت مناقشتها سابقاً و يمكن أن يقاس مفهوم البارامغناطيسية عن طريق ميزان غوي Gouy ، وفيه تتناسب قوة الانجذاب المغناطيسي مع الوزن. وبسبب ارتباط بالتوزيع الإلكتروني للمعقد، من الممكن لهذه القياسات أن تعطي معلومات عن الروابط.



شكل 6 ميزان غوي Gouy لقياس بارامغناطيسية المادة.

اللون: تعد المادة ملونة عندما تكون قادرة على امتصاص الضوء في المنطقة المرئية من الطيف. امتصاص الضوء المرئي يعود للانتقال ما بين مستويات الطاقة الإلكترونية المتقاربة.

كما رأينا، فإن العديد من المركبات التناسقية ملونة بشكل واضح. يعود اللون للبنية الإلكترونية للمركبات.

هناك نوعين رئيسيين من المتماكبات، المتماكبات البنيوية و المتماكبات الفراغية، من أنواع المتماكبات البنيوية، متماكبات الرابطة وهي التي تختلف بالكيفية التي ترتبط بها الذرات مع بعضها. على سبيل المثال،

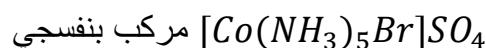
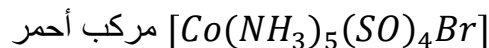


و هي متماكبات رابطة لأن ذرة H مرتبطة مع ذرة N في إحدى الحالتين أما في الحالة الأخرى فهي مرتبطة مع ذرة O .

المتماكبات الفراغية من ناحية أخرى، هي متماكبات ترتبط الذرات فيها مع بعضها بنفس الترتيب و لكنها تختلف بالتوضع في الفراغ.³

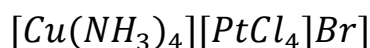
متماكبات الرابطة Constitutional isomers:

للمركبات التناسقية أنواع عديدة من متماكبات الرابطة. وعلى سبيل المثال، هذان متماكبان للكوبالت:



في المتماكب الأول يرتبط أيون الكبريتات بذرة الكوبالت وأيون البروميدي في الشبكة البلورية كالأنيون الذي يعاكس كاتيون المعقد المعدن. في المتماكب الثاني، أيون الكبريتات في الشبكة البلورية، بينما أيون البروميدي يرتبط برة الكوبالت.

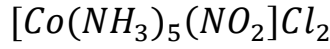
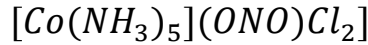
يمكن لكل من الكاتيون و الأنيون أن يكون أيون معقد معدني، وينتج نوعاً آخر من المتماكبات. على سبيل المثال مركبي النحاس -البلاتينيوم:



في المركب الأول، ترتبط ربيطات NH_3 مع ذرة النحاس و ربيطات الـ Cl^- مع ذرة اللاتينيوم. في المركب الثاني، تتبادل الربيطات.

³ DARRELL D. EBBING, STEVEN D. GAMMON "GENERAL CHEMISTRY"
9 ED, USA, 2009.

يمثل المركب التالي أحد الأمثلة عن المتماكبات التشكلية الغير ملاحظة بسهولة:

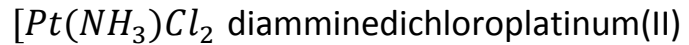


في المركب الأول، ترتبط ربيطة النتريت NO_2^- ، مع ذرة الكوبالت عن طريق زوج الكتروني موجود على ذرة الأوكسجين. هذا المركب الأحمر الذي يتغير ببطء إلى المركب الثاني البني المصفر، الذي فيه ترتبط ربيطة النتريت مع ذرة الكوبالت بزواج الكتروني على ذرة النتريت.

المتماكبات الفراغية Stereoisomers :

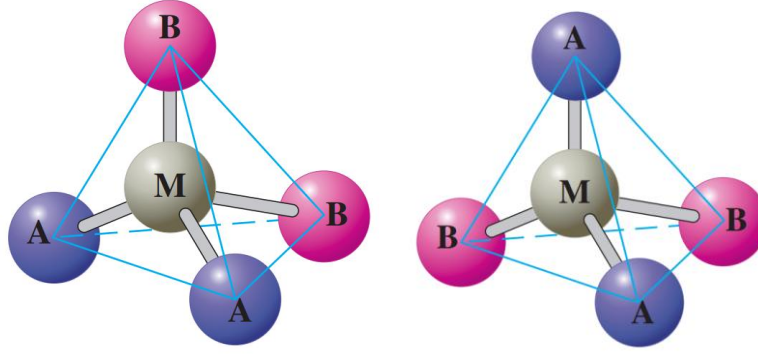
إن وجود المتماكبات البنيوية دعم قوي للنظرية التي تقول أن المعقدات تتواجد ضمن مجموعات مرتبطة بشكل مباشر مع ذرة مركزية. وجود المركبات الفراغية ليس فقط تدعم لهذه النظرية بل يساعد أيضاً على شرح الكيفية التي تترتب بها هذه المجموعات حول الذرة المركزية.

من أنواع المتماكبات الفراغية المتماكبات الهندسية هي متماكبات فيها الذرات مرتبطة بذرة أخرى بنفس الطريقة و لكن تختلف لأن بعض الذرات يمكن لها أن تتخذ مواضع مختلفة في الفراغ. ليكون لدينا المعقد:



يعرف مركبان اثنان لهما نفس هذا التركيب أحدهما مركب أصفر يميل للبرتقالي له انحلالية 0.252 عند درجة الحرارة $25^\circ C$ لكل 100g من الماء. أما المركب الآخر فإن لونه أصفر شاحب و له انحلالية أقل (وهي 0.037 عند درجة الحرارة $25^\circ C$ لكل 100g من الماء). كيف يمكن أن نفسر هذا؟ كيف نفسر تشكل الماكبين؟

يوجد شكلان هندسيان محتملان للمعقد الذي يملك أربع ربيطات: رباعي الوجوه المنتظم و المربع المستوي. نعبّر عنه بالصيغة MA_2B_2 وهو يتكون من الربيطات A و B حول الذرة المركزية M. وكما يظهر الشكل (7)، تسمح بنية الهرم رباعي الوجوه بتوضع وحيد للربيطات. أما بنية المربع المستوي فتسمح بتوضعين. يوضح الشكلان (9-10) هذين التوضعين.





شكل 7 لايمك المعقد رباعي الوجوه متماكبات فراغية

الأول سيس فيه الربيطتان A و B على أحد الجانبين. التوضع الآخر، ترانس، فيه الربيطتان A و B متقابلتان ضمن المربع. إن توضع سيس وترانس للجزيء هي أمثلة عن المتماكبات الهندسية.

و بما أن هناك مماكبين لـ $[Pt(NH_3)Cl_2]$ فهذا يدعم فرضية أن الشكل الهندسي لمركب هو مربع مستوي.

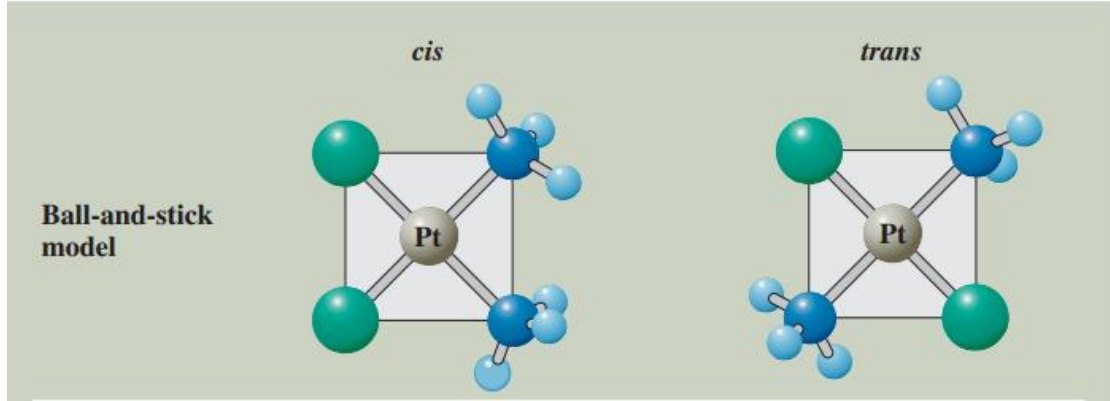
ولكن كيف نحدد المواد وخصائصها اعتماداً على توضع ترانس وسيس؟ يمكنك أن تميز بينهما عن طريق القطبية. توضع ترانس، يكون متناظر تماماً فهو غير قطبي. توضع سيس، فيه كهرسلبية ذرة الكلور عالية موجودة على طرف وذرة البلاتينيوم موجودة على الطرف الآخر فهو قطبي. و هذا الفرق بين توضع ترانس وسيس يؤثر على انحلايتهما في الماء، لأن المواد القطبية منحلّة في الماء (القطبي) أكثر من المواد غير القطبية.

لذا، نستنتج أن المماكب الأكثر انحلاية هو المماكب سيس.

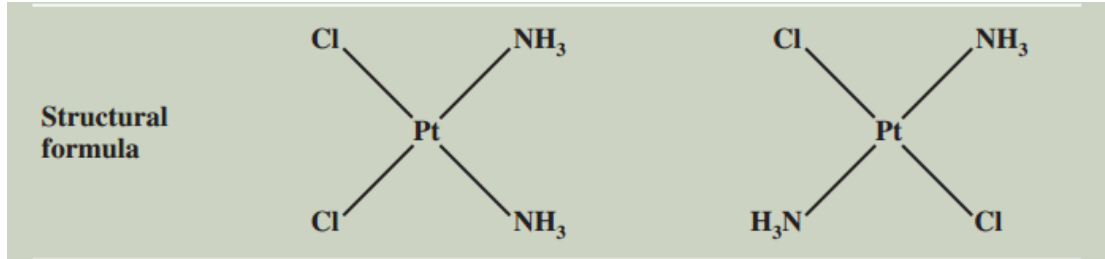
		
Color	Orange-yellow	Pale yellow
Solubility	0.252 g/100 g H ₂ O	0.037 g/100 g H ₂ O

شكل 8 خصائص المعقد $[Pt(NH_3)_3Cl_2]$ (اللون والانحلاية)

على الرغم من أن الاختلاف في الانحلالية مفيد، ولكن الدليل الأقوى على قطبية مادة يأتي من قياس العزم القطبي. (العزم القطبي هو قياس انفصال الشحنة في الجزيء). هذه القيم تظهر أن معقد البلاتينيوم (II) الأقل انحلالية لا يملك عزم ثنائي قطب ويجب أن يكون ترانس أما المماكب الآخر فهو يملك عزماً قطبياً ويجب أن يكون سيس. يظهر الشكل (8) المماكبين الاثنين وخواصهما.

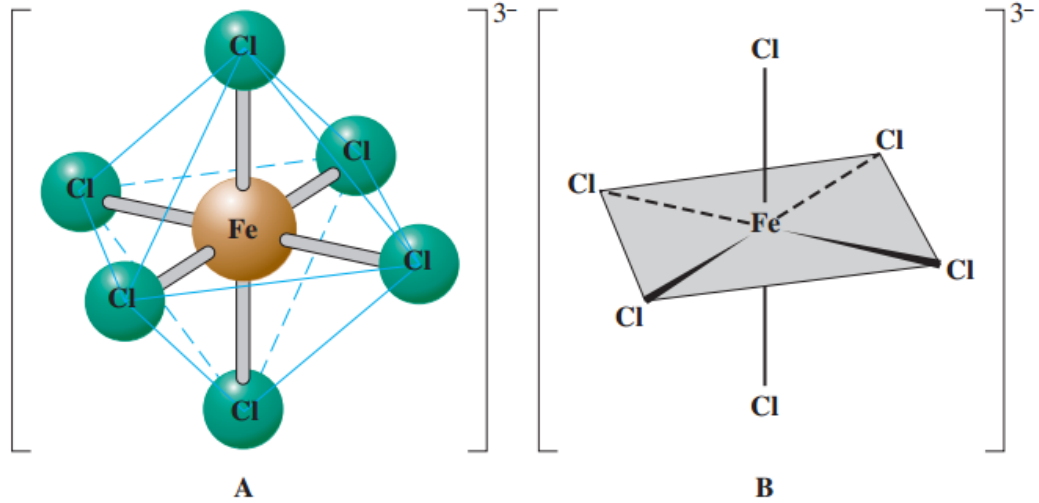


شكل 9 نموذج الكرة والعصا للمتماكبان Cis-Trans



شكل 10 الصيغة البنوية للمتماكبي المعقد.

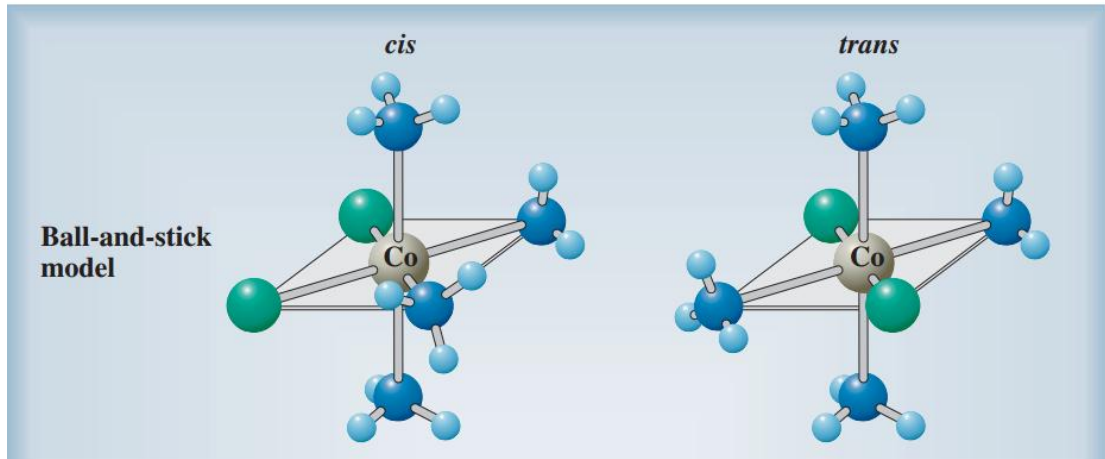
تملك المعقدات ذات العدد التساندي 6 بنية هندسية واحدة فقط: الهرم ثماني الوجوه و يظهر في الشكل (9).



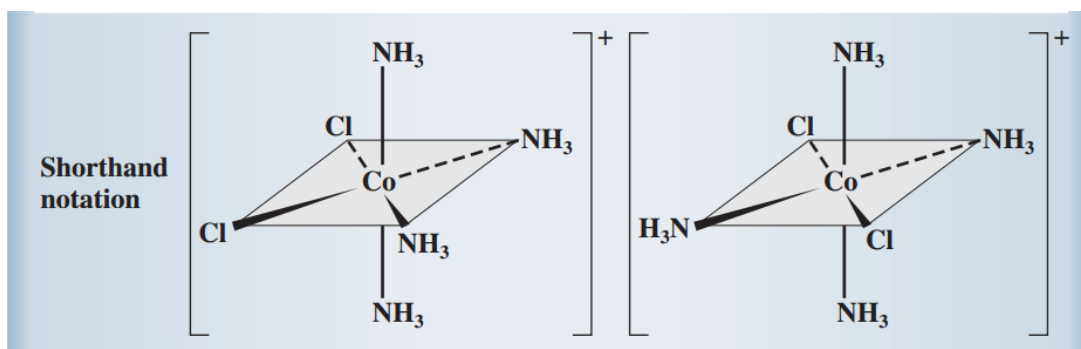
شكل 11 الشكل الهندسي ثماني الوجوه (A) فيه كل الوضعيات فيه متكافئة

(B) التمثيل الهندسي لهذا الشكل

يحتمل وود المتماكبات في هذه البنية أيضاً. ليكن لدينا المعقد MA_4B_2 والذي فيه تشغل ربيطتان مواقع بحيث تعاكس بعضهما. الربيطات الأربعة الباقية لها توضع مربع مستوي يحتمل فيه تشكل المماكين سيس وترانس. المعقد $[Co(NH_3)_3Cl_2]Cl$ فيه تماكب هندسي. المركب سيس بنفسجي؛ بينما المركب ترانس أخضر. ويوضح الشكل () ذلك.



شكل 12 نموذج الكرة والعصا لهذين المتماكين



شكل 13 الشكل الهندسي للمتماكبين *Cis-Trans*

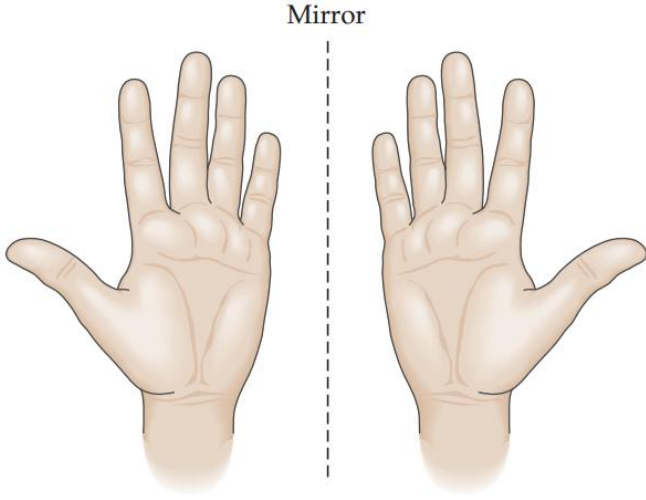


شكل 14 الاختلاف في لوني المتماكبين *Cis-Trans*

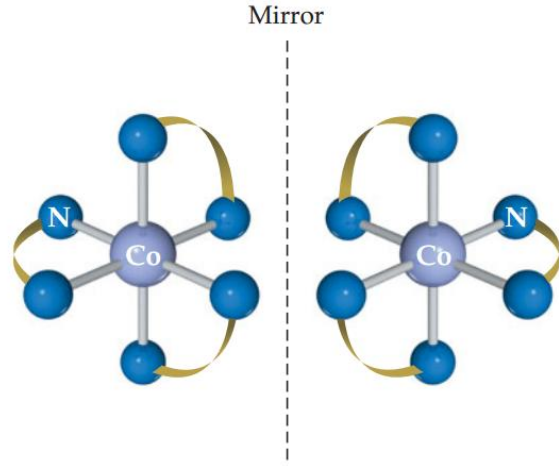
المتماكبات الضوئية optical isomerism:

إن النوع الثاني من أنواع المتماكبات الفراغية هو المتماكبات الضوئية optical isomerism، و تدعى enantiomers، وهي تشبه خيالين في المرآة لا يطابق أحدهما الآخر، بشكل يشبه إلى حد كبير اليد اليمنى واليسرى. فإذا نظرت إلى يدك اليسرى في المرآة، يطابق الخيال يدك اليمنى. ومهما حاولت فإنك لا تستطيع أن تطبق يدك اليمنى على اليسرى. ومن الأمثلة على المعقدات التي تملك متماكبات ضوئية، أيون $Co(en)_3^{3+}$. يظهر الشكل () مماكبي هذا المعقد وصورتيهما في المرآة. و كما أنه لا يوجد هناك طريقة نستطيع بها أن نطوي أو ندير يدنا

اليمنى لتتطبق على اليسرى، لا توجد طريقة ندير بها أحد هذين المتماكين لينطبق على الآخر. إن الذرات والأيونات التي لا تتطابق مع صورها في المرآة تدعى كيرالية chiral.



شكل 16 اليد اليمنى لا تتطابق مع خيالها في المرآة



شكل 15 متماكب ضوئي لا يتطابق مع صورته في المرآة

النتائج:

1. المعقدات : مركبات لها الشكل الكيميائي الذي تون فيه الذرة مرتبطة بعدد من الذرات الأخرى أو بعدد من مجموعة الذرات ، يزيد هذا العدد شحنة أو درجة أكسدة الذرة

C: الذرة المركزية مثل Fe, Cu, Cr, Mn

L: المرتبطات مثل NH_3, CN^-, Cl^-

P: العدد التساندي : عدد المرتبطات بالذرة المركزية.

q :شحنة شاردة المعقد تنتج من المجموع الجبري لشحنات الأيون المركزي و المرتبطات الأنيونية و الكاتيونية.

2. تكتب المرتبطات و الشاردة المعدنية والمركزية داخل [] على أن يوضع الأنيون المعقد على اليمين و الكاتيون المعقد على اليسار.
3. تنقسم المعقدات إلى:

معقد موجب: عبارة عن شاردة موجبة $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$

معقد سالب: عبارة عن شاردة سالبة $[Fe(CN)_6]^{3-}$

معقد معتدل: المعقد جزئي معتدل $Cr(CO)_6$

4. المرتبطات هي أسس لويس لأنها تحوي دائماً ذرة واحدة على الأقل فيها زوج من الإلكترونات تمنحه إلى ذرة أخرى ويحصل بينهما رابطة تساندية.
5. عندما يقترب المرتبط مع الأيون المعدني، يكون الزوجان الإلكترونيان مع المعدن رابطة ناشئة من تداخل زوج الكتروني من المرتبطان الحران مع مدار ذري فارغ في الأيون أو الذرة المعنية ويتشكل ما يعرف بالرابطة التساندية.
6. الشرط الأساسي لتكون معقد هو أن يحوي قسم من الذرات المشكلة للمعقد أزواج الكترونية حرة.
7. يوجد أنواع كثيرة للتماكب في المعقدات منها: تماكب الرابطة و التماكب الفراغي ومن أنواعه التماكب من النوع Cis-Trans .
8. يتواجد التماكب Cis-Trans في المعقدات المربعة المستوية والمعقدات مئمة الوجوه.
9. لا يوجد مماكبات Cis-Trans في المعقدات رباعية الوجوه إذ تكن كل المرتبطات فيها من النوع بالنسبة لبعضها.

الخاتمة:

إذاً رأينا أن مجال علم المعقدات واسع جداً بحيث يشمل كل نواحي حياتنا، ويتدخل في أجسامنا وخلايانا وأنسجتنا، والمعقدات هي المسؤول الرئيسي عن ألوان الأصبغة والدهانات والمجوهرات الثمينة، فلم تترك جانباً من جوانب حياتنا إلا ودخلته، وحتمت علينا دراستها والتعمق في أسرارها وطبيعة بنيتها و ممتلكاتها، هذه الممتلكات التي هي أساس علاج السرطانات وبخاصة سرطان الدم في أيامنا هذه، فإذا مضينا قدماً في اكتشاف أسرارنا أمكننا ذلك من ابتكار حلول جيدة وعقاقير ذات تأثير فعال وناجح على الأمراض التي تواجه البشرية، لذلك نوصي بأن يتم تسليط الضوء على هذا العلم الهام ضمن المناهج السورية التي تخلو اليوم من فكرة بسيطة حوله وأن نقوم بمبادرات لترجمة الكتب والمراجع التي تعالج هذا الموضوع وتشرح كيمياء المعقدات بشكل مبسط وممتع، لرفد مكتبتنا العربية بالكتب والأوراق العلمية القيمة حتى لا يبقى العلم الذي يحكم حياتنا حبيس المراجع الأجنبية.

1. A.J.Ctrombery;Dp.Cemtshenko" Physical Chemistry " Moscow.1973.
2. Darrell D. Ebbing,Steven D. Gammon "General Chemistry" 9 Ed,Usa,2009.
3. Gray Wulfs Berg, "Inorganic Chemistry"; Universityscience Books 2000.
4. Theodore L. Brown ,H. Eugene Lemay, Jr, Bruce E. Bursten,Catherine J. Murphy,Patrick M. Woodward,Matthew W. Stoltzfus"Chemistry The Central Science" 13ed,Usa,2015.
5. J.A.Mccleverty,T.J.Meyer,"Comprehensive Coordination Chemistry Ii"Los Alamos National Laboratory,Los Alamos, Usa,2005.
6. J.S Hutchinson, Connexions 2010, Concept Development Studies In Chemistry.
7. N.N.Greenood And A.Earnshaw.Chemistry Of The Elements, 2ndEd 1998.
8. P.W.Atkins "Physical Chemistry" 3ed, 1986.
9. R.A.Alberty;F.Daniels " Physical Chemistry " 5ed.1980.
10. S.A.Cotton, Chemistry Of Precious Metals, First Edition,1997.
11. Sausalito ,S. Ceyer, C. Cummins "Principles Of Chemical Science", Mit Opencourseware,2005.
12. Y.A.Gerasmov " Physical Chemistry Ii" 1-Ed.1974.