



**محاضرات مادة الكيمياء التناسقية**  
**العملي للمرحلة الثالثة**  
**قسم الكيمياء**

## ارشادات عامة

1. اقتن لك صدرية اثناء ساعات المختبر لتقي ثيابك من تأثير المواد الكيميائية .
2. كن مرتبا في عملك ، احفظ المنضدة التي تشتغل عليها نظيفة و جافة بقدر الامكان ، امسحها باسفنجة رطبة كلما سكب عليها سائل ما وكذلك عند الانتهاء من اجراء التجارب .
3. لا ترم قطعاً صلبة او خشنة في حوض المنضدة , وعند سكب السوائل افتح الصنبور اولا و اسكب السائل عندئذ .
4. حافظ على الادوات الحديدية من الصدأ ، رتب اجهزتك بصورة جميلة وجذابة ، نظفها جميعا بعد الانتهاء من تجاربك .
5. احفظ قناني المواد الكيميائية مقللة عند عدم استعمالها و عند فتحها امسك السداد بين اصابعك ولا ترمه على المنضدة ثم اغلق القنينة بالسداد .
6. عند ادخال انبوب زجاجي داخل سداد من الفلين او المطاط ، اثقب السداد اولا ثم رطبه اذا كان من المطاط خصوصا و امسك الانبوب بقطعة من القماش حتى لا تجرح يدك اذا ما كسر , و ابتدى بادخاله مع تدويره .
7. عند تسخين دورق او غيره من الاجهزة , جففه اولا ثم قربه الى لهب المصباح بصورة تدريجية الى المسافة المطلوبة .
8. تعرف عند وصولك الى المختبر على جميع الاجهزة و الادوات و المواد التي تقدم لك ، وتعلم اسماءها ، وقبل مغادرتك المختبر ارجعها الى حالتها الاولى اي مثلما كانت عليه قبل الابتداء بالتجارب .

9. في قراءة حجوم السوائل ، اقرأ الخط الموازي للتقعر السفلي لسطح السائل .
10. طالع بدقة قبل دخولك الى المختبر جميع التعليمات و افهمها جيدا , ثم اتبعها بدقة عند اجراء التجارب و أسأل المدرس عند النقاط الغامضة .
11. النظام والهدوء ضروريان في المختبر . افهم اولا الخطة والغاية من التجربة ثم ابدأ بالعمل.

### العناصر الانتقالية

توجد ثلاث دورات من العناصر الانتقالية, وفي كل منها يوجد 10 عناصر , وكذلك توجد دورة رابعة من العناصر الانتقالية تبدأ بالاكينيوم .

سميت بالعناصر الانتقالية لان صفاتها تتدرج بين صفات العناصر ذات الغلاف الخارجي s و صفات العناصر ذات الغلاف الخارجي p ويكون اوربيتالات الغلاف الثانوي d فيها غير مشبع وهذا له تأثير كبير على خواص هذه العناصر.

ان اضافة الالكترونات الى الاوربيتال 3d لاتتم بصورة منتظمة فهناك اختلاف في التوزيع الالكتروني لذرتي عنصر  $24Cr$  و  $29Cu$  والسبب لانه اذا كانت الاوربيتالات نصف ممتلئة او ممتلئة تماما تكون اكثر استقرار.

تتعدد حالات الاكسدة للعناصر الانتقالية والسبب في ذلك يعود الى عدد الالكترونات في الاغلفة الخارجية لذرة ذلك العنصر فتفقد الالكترونات الموجودة في ns اولا ثم تبدأ بفقدان الكترونات (n-1)d او ان تشترك بها واحد بعد الاخر من الالكترون الاخير الموجود فيه على ان لايزيد عدد الالكترونات على خمسة .

تمتاز ذرات العناصر الانتقالية او ايوناتها بامتلاكها اوربيتالات فارغة لها القابلية على تقبل زوج الالكترونات غير المشترك في تكوين اواصر من الجزيئات المستقطبة او الايونات التي لها شحنة معاكسة لايون العنصر الانتقالي لتكوين مركب تناسقي .

**المركب المعقد او التناسقي :**

يتكون من ذرة او ايون فلز مركزي مرتبط او (متاصر) باواصر تناسقية مع عدد من الايونات المعاكسة له بالشحنة او مع عدد من المجاميع عديمة الشحنة (مستقطبة) تسمى مجاميع تناسقية او ليكنند وتنتظم هذه الليكنندات حول العنصر الانتقالي باواصر تناسقية وبشكل هندسي منتظم .

**المجاميع التناسقية او الليكنند :**

هي اما ان تكون جزيئات مستقطبة عديمة الشحنة مثل  $H_2O$  , او  $NH_3$  او تكون ايونات مشحونة بشحنة معاكسة للايون المركزي مثل  $Cl^-$  ,  $F^-$  ,  $CN^-$  تحتوي على زوج الكتروني غير مشترك في تكوين او اصرممكن وهبه الى الاوربيبتالات الفارغة للذرة او الايون المركزي وتكوين او اصرتناسقية وتعتبر قاعدة لويس . اما الذرة او ايون العنصر الانتقالي فيعتبر حامض لويس لانه يتقبل زوج الالكترونات غير المشتركة من الليكنندات .

### العدد التناسقي للفلز :

هو عدد الاواصر التناسقية التي تربط بين الليكنندات والذرة او الايون المركزي في المركب المعقد .

### انواع المعقدات التناسقية

1. مركب معقد يعطي عند تايينه معقد موجب الشحنة مثل :  
 $[Ni(NH_3)_6]Cl_2 \longrightarrow [Ni(NH_3)_6]^{+2} + 2Cl^-$
2. مركب معقد متعادل لايتاين مثل:  $Ni(DMG)_2$
3. مركب معقد يعطي عند تايينه معقد سالب الشحنة مثل :  
 $K_3[Al(C_2O_4)_3] \longrightarrow 3K^+ + [Al(C_2O_4)_3]^{-3}$

### تسمية المعقدات التناسقية

1. يسمى الايون الموجب ثم الايون السالب .
2. عند تسمية المعقد داخل القوسين [ ] تسمى الليكنندات اولاً ثم الايون الفلزي ثانياً سواء كان المعقد متعادل او سالب او موجب .
3. تسمى اليكنندات حسب الابجدية الانكليزية .
4. تستعمل المصطلحات di ثنائي, tri ثلاثي, tetra رباعي, penta خماسي, hexa سداسي عند تسمية الليكنندات البسيطة لبيان عددها .
5. تستعمل المصطلحات bis ثنائي, tris ثلاثي, tetrakis رباعي, pentakis خماسي عند تسمية الليكنندات العضوية الكبيرة لبيان عددها .
6. عدم ترك فاصلة ( فراغ ) عند تسمية ما بين القوسين [ ] مع ترك فاصلة ( فراغ ) بين الايون + و  $[-X]$  او بين الايون - و  $[+X]$  .
7. اذا كان المعقد  $[-]$  او  $[+]$  تكتب الحالة التاكسدية للايون الفلزي بين قوسين يمين اسم الفلز بالارقام اللاتينية مثل Iron (II) , vanadium (IV) , chromium (III) .

8. اذا كان المعقد متعادل [ ] فيجب كتابة الحالة التاكسدية للايون الفلزّي بين قوسين وبالارقام اللاتينية يمين اسم الايون الفلزّي، مثل (II) nickel , (III) cobalt .
9. اذا كان المعقد متعادل [ ] او موجب  $^{+x}$  [ ] يبقى اسم الايون الفلزّي كما هو مثل cobalt , chromium و platinum .
10. اما اذا كان المعقد سالب  $^{-x}$  [ ] فيضاف المقطع ate الى اسم الايون الفلزّي مثل cobalt يصبح cobaltate او يحذف المقطع ium او um ثم يضاف المقطع ate مثلا chromium تصبح chromate و platinum تصبح platinate .
11. قبل البدء بتسمية المعقد يجب تعيين الحالة التاكسدية للايون الفلزّي المركزي M داخل القوسين [ ]
- Fe اسمه iron في المعقد المتعادل او الموجب و ferrate في السالب .
12. عند تسمية الليكندات الجسرية : نضع الحرف  $\mu$  ميو قبل اسم الليكند الجسري .

### اسماء الليكندات المتعادلة :

H <sub>2</sub> O	aqua	اكوا , ماء
CO	carbonyl	كاربونيل
NO	nitrosyl	نتروزيل
NH <sub>3</sub>	ammine	امين
en	ethylenediamine	اثيلين ثنائي الامين
MeNH <sub>2</sub>	methylamine	مثيل امين
MeCONH <sub>2</sub>	acetamide	اسيتاميد
(ph) <sub>3</sub> P	triphenylphosphine	ثلاثي فنييل فوسفين
Meph <sub>2</sub>	methyl phosphane	مثيل فوسفان
py	pyridine	بيردين
bipy	bipyridine	باي بيردين
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	urea	يوريا
CS(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	thiourea	ثايويوريا
EDTA	ethylenediaminetartaric acid	اثيلين ثنائي امين رباعي حامض الخليك
DMSO	dimethyl sulphoxide	ثنائي مثيل سلفوكسايد

### اسماء الليكندات السالبة :

F <sup>-</sup>	florido	فلوريدو
Cl <sup>-</sup>	chlorido	كلوريدو
Br <sup>-</sup>	bromido	بروميدو
I <sup>-</sup>	iodido	ايوديدو
OH <sup>-</sup>	hydroxido	هيدروكسيدو

CN <sup>-</sup>	cyanido	سيانيدو
NH <sub>2</sub> <sup>-</sup>	amido	اميدو
NH <sup>-2</sup>	imido	ايميدو
MeNH <sup>-</sup>	methylamido	مثيل اميدو
H <sup>-</sup>	hydrido	هايدريدو
N <sup>-</sup>	nitrido	نتريدو
S <sup>-2</sup>	sulphido	سلفيدو
D <sup>-</sup>	deuterido	ديوتريدو
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	nitro	نترو
ONO <sup>-</sup>	nitrito	نترينو
SCN <sup>-</sup>	thiocyanato	ثايسيانيتو
NCS <sup>-</sup>	isothiocyanato	ايزو ثايسيانيتو
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	sulphato	سلفيتو
MeCOO <sup>-</sup>	acetato	اسيتيتو
DMG <sup>-</sup>	dimethylglyoximato	ثنائي مثيل كلايوكسيميتو
acac <sup>-</sup>	acetylacetonato	استيل اسيتونيتو
gly <sup>-</sup>	glycinato	كلايسينيتو
NH <sub>2</sub> -NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	hydrazinium	هيدرازينيوم

### اسماء الليكندات الموجبة :

هيدرازينيوم

### النكل

وهو احد عناصر السلسلة الانتقالية الاولى , الترتيب الالكتروني له هو  $[Ar] 18 4s^0 3d^8$  وان حالة التاكسد +2 هي الاكثر استقرار وهناك عدد قليل من المركبات يكون فيها النكل في حالة التاكسد +3 , +4 . اما المركبات في حالة التاكسد اقل من +2 فهي نادرة . وتتميز معقدات النكل بتنوع اعداد التناسق فيها ومن ثم تنوع اشكالها . يوجد النكل في الطبيعة متحدا مع الزرنيخ والانتيمون والكبريت فرواسبه تحتوي على NiSb , NiAs , NiSbS , NiAsS , غير ان اهم خاماته من الناحية التجارية هو الكارنيرايت وهو عبارة عن سليكات مغنسيوم متنوعة التركيب وكذلك خام الحديد بيروتايت والذي يحتوي على 3-5% نكل .

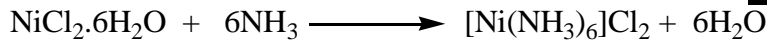
### التجربة الاولى

#### تحضير المعقد $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$

Hexaamminenickel(II) chloride

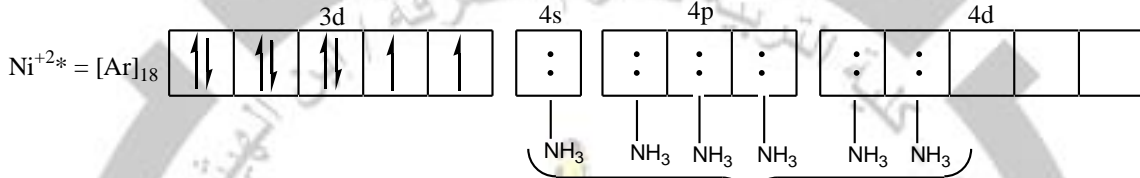
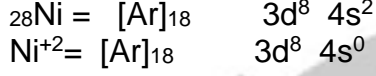
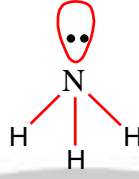
كلوريد سداسي امين نكل (II)

### الجزء النظري :



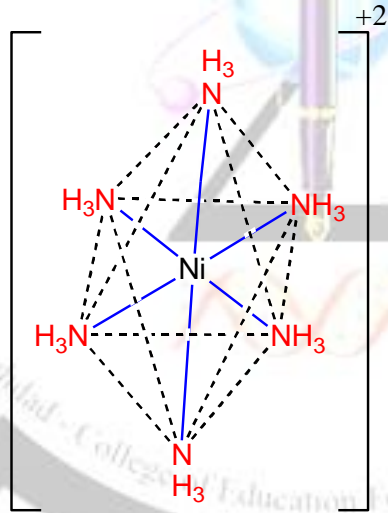
راسب بنفسجي

جزئية الامونيا: ليكند احادي السن



$sp^3 d^2$   
خارجي  
بارامغناطيسي  
ثماني السطوح منتظم

التهجين :  
اوربیتال d :  
الصفة المغناطيسية :  
الشكل الهندسي :



### المواد الكيميائية المستخدمة :

$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  : كلوريد النيكل المائي

$\text{NH}_3$  : الامونيا المركزة

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  : الكحول الايثيلي

### طريقة العمل :

1. اذب 0.5 غم من كلوريد النيكل المائي في اقل كمية ممكنة من الماء الدافئ (1مل تقريبا).
2. اضع الى المحلول السابق 3 مل من الامونيا المركزة مع الرج المستمر حتى يتم ذوبان جميع هيدروكسيد النيكل المتكون في البداية ويصبح المحلول ازرق غامق .
3. اضع 3 مل من الكحول الايثيلي , برد في الثلج , ثم رشح البلورات البنفسجية .

## المنافشة :

- س1: مادور الامونيا في هذه التجربة ؟
- س2: ماسبب اذابة ملح كلوريد النيكل في اقل كمية ممكنة من الماء ؟
- س3: مافائدة اضافة الكحول الايثلي في طريقة التحضير ؟
- س4: هل المعقد موصل للكهربائية ؟ ولماذا؟
- س5: لماذا يبرد الناتج قبل الترشيح ؟
- س6: ماهي انواع الاواصر الموجودة في هذا المعقد ؟

## النحاس

وهو احد عناصر السلسلة الانتقالية الاولى , الترتيب الالكتروني له هو  $183d^{10}4s^1$  [Ar]ورغم احتواء ذرة النحاس على الكترون واحد من نوع خارج غلاف الممتلئ (مما يبرر وضع النحاس في الزمرة الاولى ) الا ان النحاس لايشبه العناصر القلوية في صفاته ماعدا حالة التاكسد +1 . ويكون ايون النحاسوز مع الليكندات البسيطة مثل ايون الهاليد والامينات معقدات رباعي السطوح ومعظمها عديمة اللون ودايامغناطيسية . كذلك نجد ان هناك مركبات ومعقدات ملونة للنحاس تكون اعداد التاكسد له فيها +2 , +3 وهي خاصة من خواص العناصر الانتقالية . وتعتبر حالة التاكسد +2 من اهم حالات التاكسد للنحاس . ومن الملاحظ ان معظم مركبات النحاسوز تتاكسد بسهولة الى مركبات النحاسيك ولكن الاخيرة لا تتاكسد تحت الظروف العادية الى  $Cu^{+3}$  . والنحاس عنصر واسع الانتشار في الطبيعة بصورته الفلزية , وعلى هيئة كبريتيد وزرنيخيد وكلوريد وكاربونات .

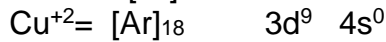
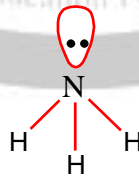
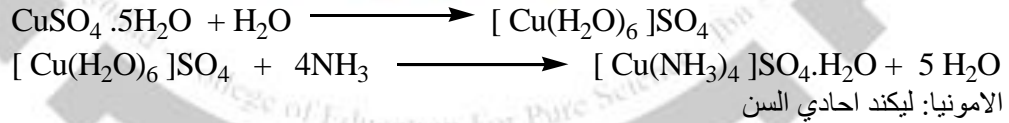
## التجربة الثانية

### تحضير المعقد $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$

Tetraamminecopper(II) sulphate hydrate

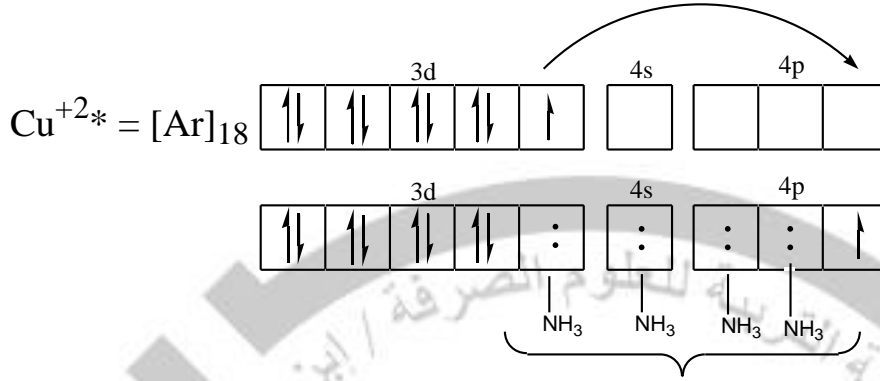
كبريتات رباعي امين نحاس (II) المائي

## الجزء النظري :



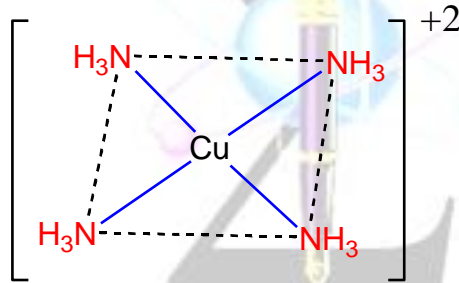
سابقا كان يعتقد ان تهجين الايون المركزي هو  $sp^3$  ولكن دراسات الاشعة السينية اثبتت ان الشكل الهندسي هو مربع مستوي لذلك يكون التهجين  $dsp^2$  حيث ينتقل الكترون من  $3d$  الى  $4p$  .





$\text{dsp}^2$   
داخلي  
بارامغناطيسي  
مربع مستوي

التهجين :  
اوربیتال d :  
الصفة المغناطيسية :  
الشكل الهندسي :



### المواد الكيميائية المستخدمة :

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  : كبريتات النحاس المائية

$\text{NH}_3$  : الامونيا المركزة

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  : الكحول الايثيلي

### طريقة العمل :

1. اذب 0.5 غم من كبريتات النحاس المائية في خليط مكون من 2 مل امونيا و 2 مل من الماء , ثم حرك المحلول لمدة 5 دقائق .
2. اضع الى المحلول الازرق 2 مل من الكحول الايثيلي وبصورة تدريجية , ثم اترك الخليط بدرجة حرارة الغرفة لمدة 10 دقيقة .
3. برد المحلول في حمام ثلجي ثم رشح البلورات , واغسلها بمحلول مكون من (2مل امونيا و 2 مل كحول ايثيلي) , ثم اغسلها بالكحول الايثيلي , جفف تاناج في الهواء , ثم زنه .

### المناقشة :

س1: ماهو الاحتمال النظري لتهجين الايون المركزي و شكل المعقد ؟

س2: ماالغرض من اضافة الكحول الايثيلي اثناء تحضير المعقد ؟

### التجربة الثالثة

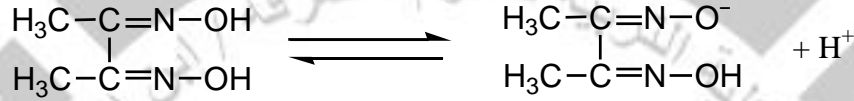
### تحضير المعقد المتعادل $Ni(DMG)_2$

Bis – dimethylglyoximatonickel(II)

بس – ثنائي مثيل كلايوكسيميتو نيكل (II)

### الجزء النظري :

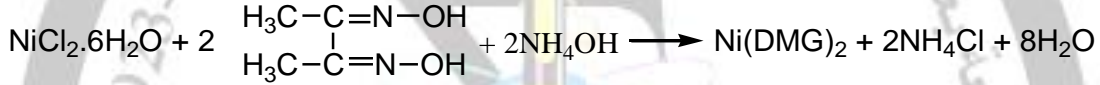
يعد الكاشف داي مثيل كلايوكسيم من المرسبات العضوية وهو حامض ضعيف ويكتب بالصيغة المختصرة DMG وهو قليل الذوبان بالماء ويعطي ايونا واحدا من الهيدروجين عند تايينه .



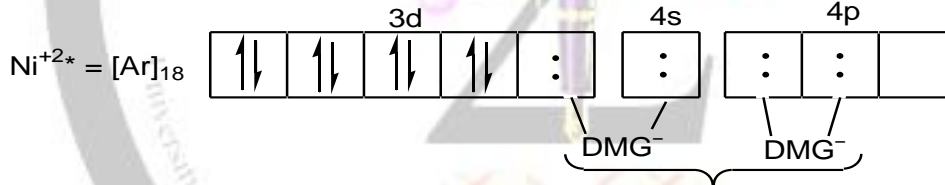
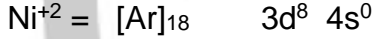
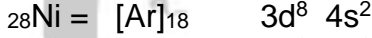
DMG

DMG<sup>-</sup>

يستخدم المحلول الكحولي لهذا الكاشف لترسيب النيكل كميًا، والنيكل يترسب عند اتحاده مع جزئيتين من الداي مثيل كلايوكسيم محررا ايونين من الهيدروجين، حيث يتعادلان مع زيادة من هيدروكسيد الامونيوم .



والمعقد المتكون راسب احمر قليل الذوبان جدا في الماء ولكنه يذوب في الحوامض المعدنية المخففة .



dsp<sup>2</sup>

داخلي

دايامغناطيسي

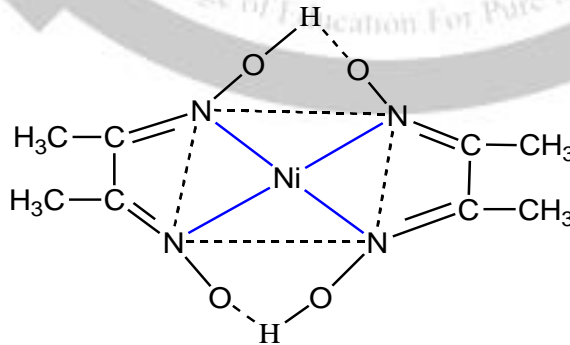
مربع مستوي

التهجين :

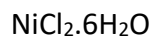
اوربیتال d :

الصفة المغناطيسية :

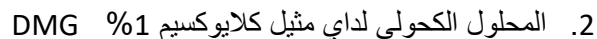
الشكل الهندسي :



### المواد الكيميائية المستخدمة :



1. كلوريد النيكل المائي



2. المحلول الكحولي لداي مثيل كلايوكسيم



3. الامونيا المركزة

## الادوات المستخدمة :

2بيكر ، دورق مخروطي ، اسطوانة مدرجة ، محرك زجاجي ، قمع ترشيح ، ورق ترشيح .

## طريقه العمل :

1. اذب 0.3 غم من كلوريد النيكل في 10 مل من الماء المقطر ثم اصف اليه 1 مل من الامونيا المركزة .
2. اصف تدريجياً 2 مل من محلول 1% من داي مثيل كلايسيم الى المحلول السابق الى ان تظهر البلورات الحمراء ، تاكد من تمام الترسيب باضافة عدة قطرات اخرى من DGM .
3. اترك الراسب ليستقر لمدة نصف ساعة .
4. رشح ثم جفف ثم زن الراسب .

## المناقشة :

- س1: ما فائدة اضافة القاعدة الضعيفة  $\text{NH}_4\text{OH}$  ؟ ولماذا لا يمكن اضافة قاعدة قوية مثل  $\text{NaOH}$  ؟
- س2: لماذا يترك الراسب ليستقر لمدة نصف ساعة ؟
- س3: لماذا يعتبر هذا التفاعل كشف عن النيكل ؟
- س4: هل المعقد موصل للكهربائية ؟ ولماذا ؟
- س5: قارن بين سلوك الليكند  $\text{DMG}^-$  في هذا المعقد مع سلوك  $\text{NH}_3$  في المعقد  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  ؟

## التجربة الرابعة

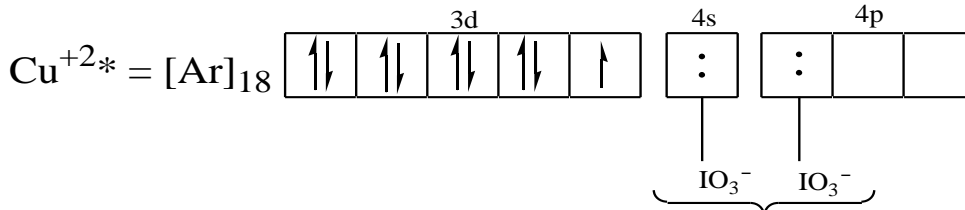
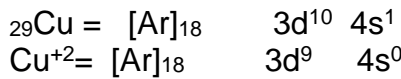
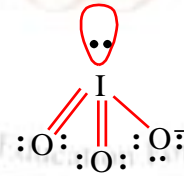
### تحضير المعقد المتعادل $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$

Diiodatocopper(II)

ثنائي ايوديتونحاس (II)

## الجزء النظري :

$\text{IO}_3^-$  ليكند احادي السن له الصيغة الجزيئية التالية :



sp

بارامغناطيسي  
مستقيم

التهجين :

الصفة المغناطيسية :

الشكل الهندسي :



نوع التفاعل : تفاعل استبدال

### المواد الكيميائية المستخدمة :

نترات النحاس المائية :  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

ايودات البوتاسيوم :  $\text{KIO}_3$

### طريقة العمل :

1. اذب 0.5 غم من ايودات البوتاسيوم في 20 مل من الماء المقطر .
2. اذب 0.3 غم من نترات النحاس المائية في 5 مل من الماء المقطر .
3. اصف المحلول الاول تدريجيا الى المحلول الثاني مع الرج المستمر نلاحظ تكون راسب من المعقد ذو اللون الازرق الباهت .
4. برد ثم رشح الراسب.

### المناقشة :

- س1: اكتب الحالات الرنينية لـ  $\text{IO}_3^-$  ؟
- س2: ما الفرق بين مصطلح ايوديت وايوديتو ؟
- س3: قارن بين  $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$  و  $\text{KIO}_3$  من ناحية التسمية , نوع الاصرة الرابطة , الاذابة بالماء , قابلية التوصيل الكهربائي ؟

### **الكروم**

هو احد عناصر السلسلة الانتقالية الاولى وينتمي الى A6 وله الترتيب الالكتروني الاتي  $[\text{Ar}]_{18} 3d^5 4s^1$ . ان اكثر حالات تاكسد الكروم استقراراً هي حالة التاكسد +3 , +6 ورغم ظهور حالتي التاكسد +4 و +5 ظهوراً عابراً اثناء اختزال الكروم +6 إلا انهما حالتين غير مستقرتين سرعان ما يتفكك كل منهما تفككاً ذاتياً الى حالتي التاكسد المستقرتين +3 و +6 و اما حالة التاكسد +2 قليلة الاستقرار حيث تتأكسد بسهولة الى حالات التاكسد العالية . الكروم فلز صلب ابيض و هش و براق و شديد المقاومة للتآكل ، ولهذا السبب يستعمل كطبقة رقيقة مقاومة فوق الفولاذ . كما يتم أيضاً ترسيب طبقات رقيقة من الكروم على الأشياء المصنوعة من النحاس الأصفر أو البرونز بواسطة الطلاء الكهربائي لأغراض التزيين و الزخرفة و التجميل كيميائياً والكروم غير فعال عند درجات الحرارة الاعتيادية لكن عند التسخين يتحد مع الهالوجينات والكبريت والكاربون والنتروجين وهو قابل للذوبان في حامض الهيدروكلوريك المخفف وحامض النتريك المخفف.

تتميز حالة التاكسد +2 باللون الازرق في المحاليل المائية وتتأكسد بسهولة الى +3 التي تعتبر الحالة الاكثر ثباتاً , ويوجد فعلياً في المحاليل المائية على شكل الايون المعقد البنفسجي للكروم (III)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+3}$ , وهذا الايون هو الذي يضيف اللون البنفسجي على العديد من املاح الكروم. ويمثل الكروميت  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  الخام الاساس للكروم .

## ( الايزومرية الهندسية )

وهي الظاهرة الناتجة عن وجود تركيبين لهما نفس العدد من الذرات وكذلك نفس الوزن الجزيئي (نفس الصيغة الوضعية) ولكن تختلف في موقع الليكاندات في المعقدات الفلزية حول الذرة المركزية فالليكاندات التي تحتل مواقع متجاورة تسمى سز والتي تحتل مواقع متقابلة تسمى ترانس وتحصل في معقدات المربع المستوي وثمانية السطوح وتختلف في الصفات الفيزيائية والكيميائية.

### التجربة الخامسة

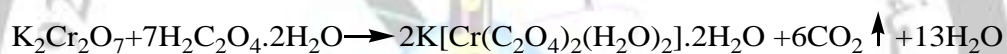
#### تحضير الايزومر : $\text{Cis-K}[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Cis-Potassium diaquadioxalatochromate(III) hydrate

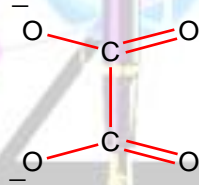
سز- ثنائي ماء ثنائي اوكزالاتو كرومات (III) البوتاسيوم المائي

#### الجزء النظري :

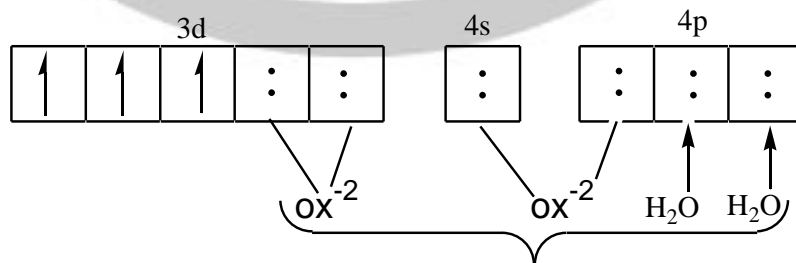
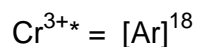
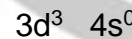
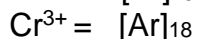
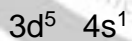
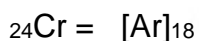
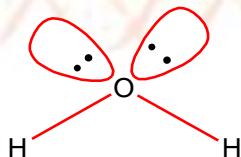
نوع التفاعل: تفاعل جاف



ايون الاوكزالات  $(\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}$ : ليكند ثنائي السن



الماء : ليكند احادي السن



$d^2sp^3$

نوع التهجين :

داخلي

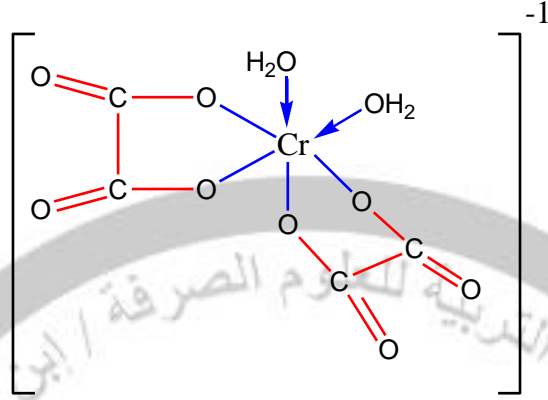
اوربیتال d:

بارامغناطيسي

الصفة المغناطيسية :

ثمانية السطوح غير منتظم

الشكل الهندسي :



عدد التناسق : 6

عدد تأكسد الأيون المركزي :  $3+$

نوع التفاعل : تفاعل أكسدة واختزال

### المواد الكيميائية المستخدمة:

1- حامض الأوكزاليك ثنائي الماء  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$

2- داي كرومات البوتاسيوم  $K_2Cr_2O_7$

3- كحول ايثيلي  $C_2H_5OH$

### طريقة العمل :

- 1- اخلط بchner 0.3 غم من داي كرومات البوتاسيوم مع 1 غم من حامض الأوكزاليك بعد سحق كل من المادتين على حدة , ثم تسحق بعد خلطهما مرة اخرى معا.
- 2- ضع 3 قطرات من الماء في جفنة خزفية جافة ثم اضع الخليط السابق الى هذه الجفنة على شكل كومة ثم غطي الجفنة بزجاجة ساعة .
- 3- ضع الجفنة على مسخن حراري (نار هادئة) وبعد فترة قصيرة يبدأ تفاعل شديد ويصبح الخليط على شكل سائل كثيف ، يسخن الى قرب الجفاف .
- 4- اضع 3 مل من الكحول الايثيلي الى الجفنة وهي حارة ، ثم اخلط المزيج بوساطة محرك زجاجي وكسر القطع الصلبة المتكونة .
- 5- رشح واجمع الراسب ثم جفنه في الهواء .

### المنافشة:

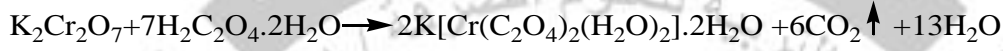
- س1: بين سبب تغطية الجفنة الخزفية بزجاجة ساعة؟
- س2: وضح معادلتى الاكسدة والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل ؟
- س3: ماسبب اضافة الكحول الايثيلي ؟
- س4: احسب النسبة المئوية للنتائج ؟

### التجربة السادسة

**تحضير الايزومر: Trans- K[Cr(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>].2H<sub>2</sub>O**  
Trans- Potassium diaquadioxalatochromate(III) hydrate  
ترانس- ثنائي ماء ثنائي اوكزالاتو كرومات (III) البوتاسيوم المائي

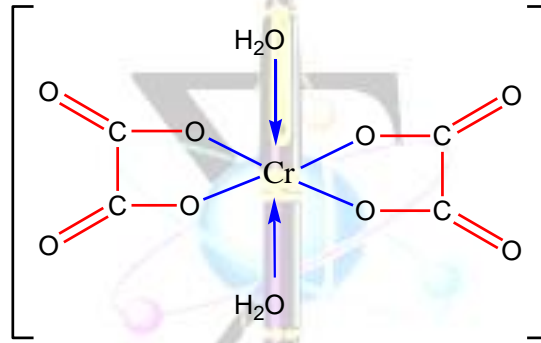
#### الجزء النظري:

نوع التفاعل : تفاعل محاليل



التهجين: نفس التهجين السابق  
الشكل الهندسي: ثماني السطوح غير منتظم

-1



#### المواد الكيميائية المستخدمة:

1- حامض الاوكزاليك

2- داي كرومات البوتاسيوم

3- كحول ايثيلي.

#### طريقة العمل:

- 1- ادب 0.5 غم من حامض الاوكزاليك ثنائي الماء في اقل كمية من الماء المغلي في بيكر ( اي اصف الماء المغلي تدريجيا الى الحامض حتى يذوب ) .
- 2- ادب 0.25 غم من داي كرومات البوتاسيوم في اقل كمية ممكنة من الماء المغلي .
- 3- غطي محلول حامض الاوكزاليك بزجاجة ساعة ثم ابدا بالاضافة التدريجية لمحلول الداي كرومات على شكل دفعات صغيرة (مع تغطية البيكر الحاوي على حامض الاوكزاليك لحين انتهاء اضافة الداي كرومات)
- 4- برد المزيج بدرجة حرارة الغرفة .
- 5- اترك المحلول لمدة 3 ايام ليتبخر ثم رشح البلورات واغسلها بالكحول الايثيلي ثم جففها في مجفف ، زن الناتج .

#### المناقشة:

س1: اكتب معادلتى الاكسدة والاختزال ؟

س2: لماذا تكون الاضافة تدريجية لمحلول الداي كرومات الى محلول حامض الاوكزاليك ؟

س3: بين سبب تغطية المحلول بزجاجة ساعة ؟

س4: هل المعقد موصل للكهربائية ؟ ولماذا ؟

س5: قارن بين الايزومرين سز وترانس من حيث التسمية , طريقة العمل , التهجين , الشكل الهندسي ؟

### التجربة السابعة

#### تحضير المعقد $K_3[Al(C_2O_4)_3]. 3H_2O$

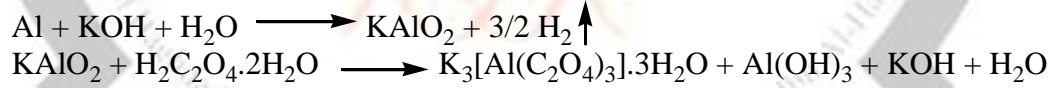
Pot. Trioxalatoaluminate(III) hydrate

ثلاثي اوكزالاتو الومينات (III) البوتاسيوم المائي

#### الجزء النظري :

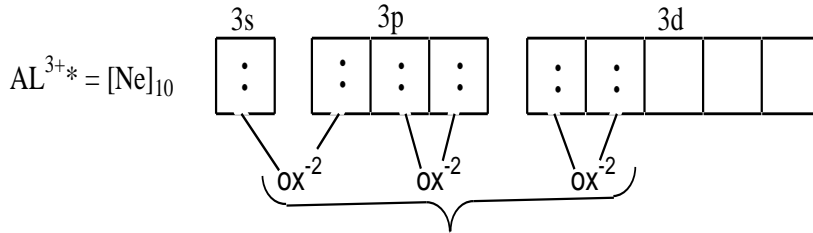
إن تحضير المعقدات لا يقتصر على العناصر الانتقالية مع الليكاندات كما مر في التجارب السابقة حيث كان الايون الفلزي او الذرة المركزية هي احد العناصر الانتقالية اما هذه التجربة فتوضح ان المعقدات قد تحدث وان تتكون من تفاعل الليكاند مع أي عنصر يقع ضمن الجدول الدوري .

وهنا في هذه التجربة العنصر المركزي يحتوي على اوربتال (d) فارغ ضمن اغلفته وهذا العنصر هو الألومنيوم عدده الذري 13, والذي يرتبط مع ايون الاوكزالات وهوليكاند ثنائي السن من خلال ذرتي الاوكسجين الواهبتين للإلكترونات نظرا للكثافة الالكترونية حول ذرتي الاوكسجين فيكون مع الفلز حلقة خماسية لذلك فهو مستقر في معقداته الفلزية .



$${}_{13}Al = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 3d^0$$

$$Al^{3+} = 3s^0 3p^0 3d^0$$



s p<sup>3</sup> d<sup>2</sup>  
خارجي  
دايامغناطيسي

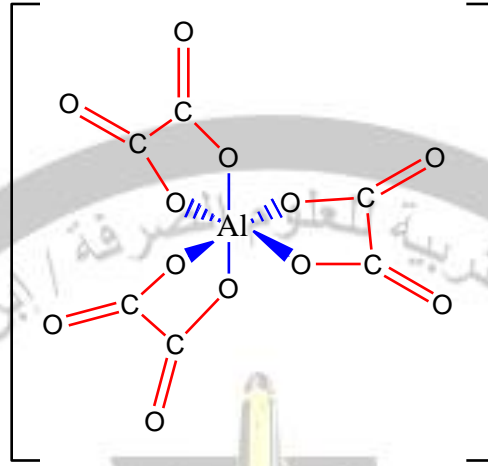
نوع التهجين :  
اوربيتال d :  
الصفة المغناطيسية :



الشكل الهندسي :

ثماني السطوح

-3



### المواد الكيميائية المستخدمة :

Al خراطة الالمنيوم

KOH هيدروكسيد البوتاسيوم

H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O حامض الاوكزاليك

C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH الكحول الايثيلي

### طريقة العمل :

- 1- الى 0.25 غم من خراطة الالمنيوم تضاف ( 7 حبات من KOH المذابة في 13 مل ماء ) ثم يسخن في حمام مائي لمدة 10 دقائق لتحفيز التفاعل .
- 2- بعد انتهاء خروج غاز الهيدروجين (انتهاء الفوران ) يسخن المحلول الى درجة الغليان ويرشح وهو حار للتخلص من الالمنيوم الغير متفاعل الذي يبقى على ورقة الترشيح وتبقى الالومينات ذائبة في الراشح .
- 3- يضاف 1 غم من بلورات حامض الاوكزاليك على شكل دفعات الى المحلول الساخن وهو على الحمام المائي . ثم برد الى درجة حرارة الغرفة .
- 4- يضاف 2 مل من الكحول الايثيلي لترسيب المعقد , ثم يرشح .

### المنافشة :

- س1: هل يمكن للبورون ان يكون معقد مشابه للالمنيوم ؟ علما بان العدد الذري للبورون 5 .
- س2: لماذا يسخن مزيج التفاعل لمدة عشر دقائق؟ في حمام مائي وليس على مسخن حراري في خطوة

(1) ؟

س3: لماذا نرشح محلول التفاعل وهو حار في هذه التجربة ؟

س4: بين عملية الاكسدة والاختزال على معادلة التفاعل ؟

### الحوامض والقواعد القاسية والليينة

#### الحوامض القاسية ( مجموعة ا ) : Hard acids

هي ايونات الفلزات القلوية و فلزات الاتربة القلوية والفلزات الخفيفة ذات اعداد التاكسد العالية مثل  $Fe^{+3}$  ,  $Cr^{+3}$  ,  $Co^{+3}$  ... الخ.  
الحوامض والقواعد القاسية تميل الى ان تكون صغيرة الحجم وقليلة الاستقطاب .

#### الحوامض الليينة (مجموعة ب ) : Soft acids

هي ايونات فلزات العناصر الانتقالية الثقيلة او ذات اعداد التاكسد المنخفضة مثل  $Pb^{+2}$  ,  $Hg^{+1}$  ,  $Cu^{+1}$  ,  $Pt^{+2}$  , .... الخ .

الحوامض والقواعد الليينة تميل الى ان تكون كبيرة الحجم واكثر استقطاب .

حوامض قاسية  $Cr^{+3}$  ,  $Fe^{+3}$  ,  $Co^{+3}$

حوامض حدودية  $Cu^{+2}$  ,  $Ni^{+2}$  ,  $Co^{+2}$

حوامض ليينة  $Cu^{+1}$

قواعد قاسية  $Cl^{-}$  ,  $OH^{-}$  ,  $H_2O$  ,  $NH_3$

قواعد ليينة :SCN

#### قاعدة :

الحامض القاسي يفضل الارتباط مع القاعدة القاسية لتكوين معقد مستقر .

الحامض اللين يفضل الارتباط مع القاعدة الليينة لتكوين معقد مستقر .

### التجربة الثامنة

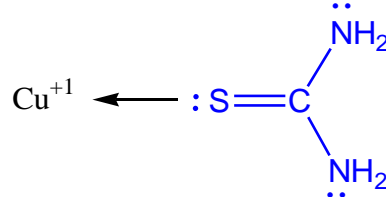
#### تحضير المعقد $[Cu(tu)_3]_2SO_4 \cdot 3H_2O$

Trithioureacopper(I) sulphate hydrate

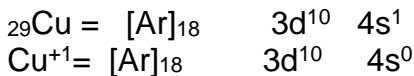
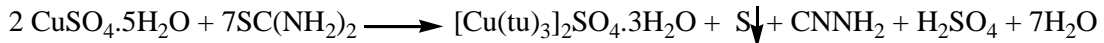
كبريتات ثلاثي ثايويوريا نحاس (I) المائي

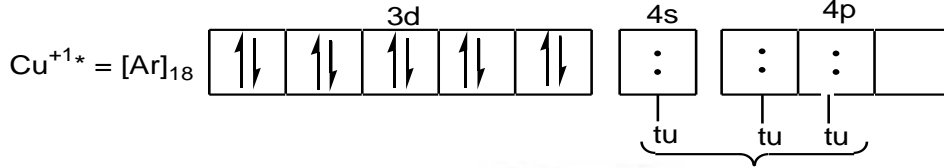
#### الجزء النظري :

الثايويوريا ليكنند متعدد الارتباطات , فهو قد يرتبط عن طريق الكبريت ( الجزء اللين ) في حالة وجود (ايون مركزي) حامض لين و يسلك سلوك احادي السن في هذه الحالة . و قد يرتبط عن طريق ذرتي النتروجين (الجزء القاسي) في حالة وجود (ايون مركزي) حامض قاسي و بذلك يسلك سلوك ليكنند ثنائي السن .



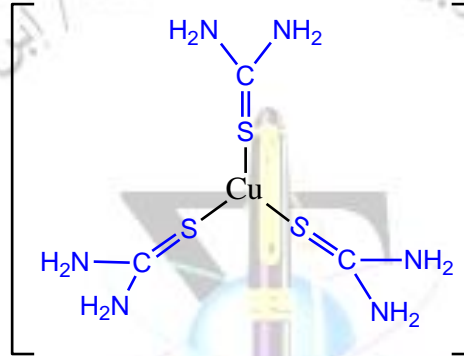
بما ان  $Cu^{+1}$  يصنف كحامض لين , لذا يكون الارتباط مع الثايويوريا من الجزء اللين (الكبريت) اي سلوك الثايويوريا هنا ليكنند احادي السن .





$sp^2$   
دايامغناطيسي  
مثلث مستوي  
+1

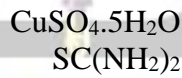
التهجين :  
الصفة المغناطيسية :  
الشكل الهندسي :



هذا المعقد يتواجد بشكل دايمر وليس مونيمر  
نوع التفاعل : اكسدة و اختزال و تطبيق لقاعدة القساوة و الليونة

### المواد الكيميائية المطلوبة :

كبريتات النحاس المائية  
ثاييوريا



### طريقة العمل :

- 1- اذب 0.25 غم من الثاييوريا في 4 مل من الماء الساخن ثم برد المحلول الى درجة حرارة الغرفة .
- 2- اذب 0.25 غم من كبريتات النحاس المائية في 4 مل من الماء ثم اضع هذا المحلول البارد و بصورة تدريجية الى المحلول في خطوة رقم (1) مع التحريك المستمر .
- 3- برد المزيج بالماء البارد الى ان نلاحظ انفصال راسب زيتي ذو لون اصفر (يلتصق بجدار البيكر) , ركد المحلول لفترة قصيرة ثم اسكب الطبقة المائية و احتفظ بالراسب الزيتي . ملاحظة : احياناً لا يتكون راسب زيتي و انما كتل بيضاء .
- 4- اضع الى هذا الراسب الزيتي محلول مكون من 0.15 غم من الثاييوريا المذابة في 2 مل من الماء , ثم رج بشدة الى حين اكتمال البلورة (تتكون بلورات عند الرج بدلاً من الراسب الزيتي) , ثم رشح.

### المنافشة :

- 1- ما هو دور الثاييوريا في هذا التفاعل ؟
- 2- ما هي النواتج العرضية لهذا التفاعل ؟

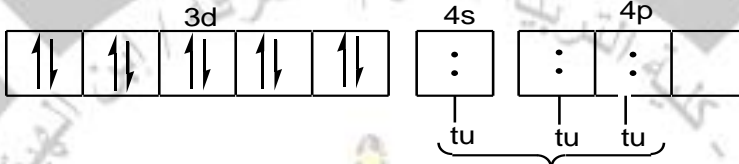
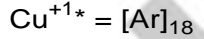
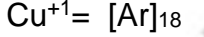
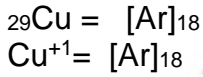
### التجربة التاسعة

## تحضير المعقد $[\text{Cu}_2(\text{tu})_5](\text{NO}_3)_2$

Pentathioureadicopper(I) nitrate

نترات خماسي ثايويوريا ثنائي نحاس(I)

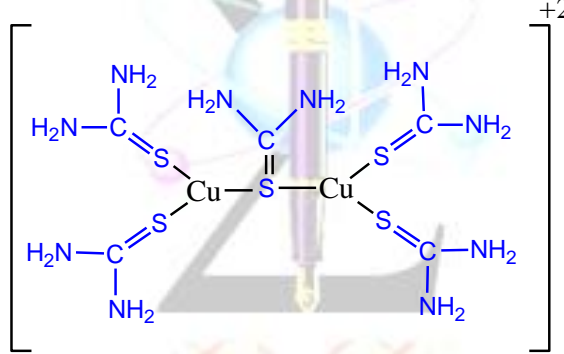
### الجزء النظري :



$sp^2$

دايامغناطيسي  
مثلث مستوي

التهجين :  
الصفة المغناطيسية :  
الشكل الهندسي



نوع التفاعل :  
اكسدة و اختزال

المواد الكيميائية المستخدمة :

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  : نترات النحاس المائية

$\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  : ثايويوريا

### طريقة العمل :

- 1- اذب 2غم من نترات النحاس المائية في 10 مل من الماء الساخن .
- 2- اذب 5 غم من الثايويوريا في 40 مل من الماء الساخن .
- 3- اصف المحلول في خطوة (1) الى محلول الثايويوريا , يكون المزيج اصفر اللون اولاً , وباستمرار التسخين لفترة قصيرة على حمام مائي سوف يترسب الكبريت .
- 4- رشح بسرعة , برد الراشح حيث تتفصل بلورات ابرية بيضاء لمعقد النحاسوز , ثم رشح .

### المناقشة :

- س1: ماهو دور الثايويوريا في هذا التفاعل ؟
- س2: ماهو الناتج العرضي لهذا التفاعل ؟ وكيف تم التخلص منه ؟

## الحديد

الحديد احد عناصر السلسلة الانتقالية الاولى وله الترتيب الالكتروني  $[Ar]_{18} 3d^6 4s^2$  . ان حالات تأكسد الحديد في مركباته هي  $2+$  ,  $3+$  و اعلى حالة تأكسد معروفة هي  $4+$  وهي نادرة و عديمة الاهمية وذلك لان فقدان ثلاثة الكترولونات من ذرة الحديد يترك اوربتيالات d نصف ممتلئة , ان مركبات الحديد  $1+$  تتأكسد بسرعة. اما الحديد  $2+$  فانه يعتبر عامل مختزل قوي . وفي المحاليل المائيه يوجد الحديد  $2+$  بشكل  $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$  الازرق المخضر الشاحب , اما ايون الحديدك  $3+$  فيكون معقدات معظمها ثماني السطوح .

من اهم خامات الحديد هي الهيماتايت  $Fe_2O_3$  والمغنتايت  $Fe_3O_4$  .

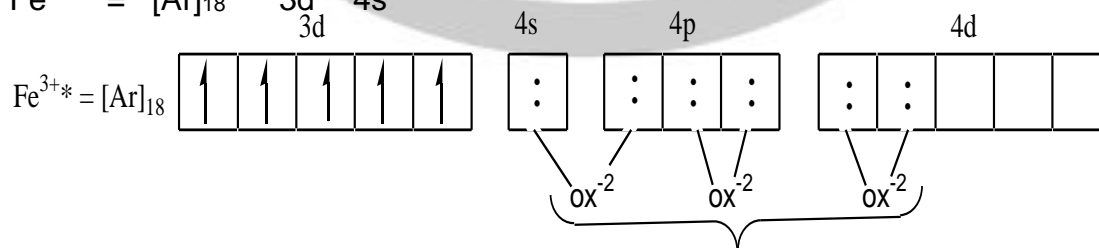
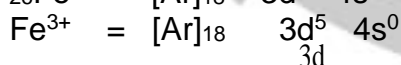
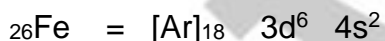
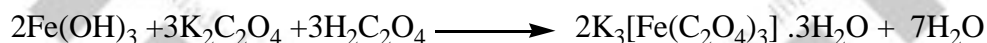
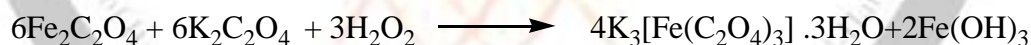
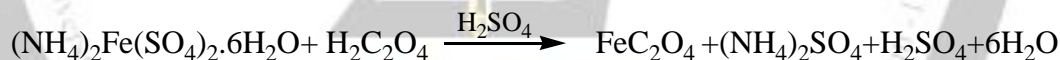
### التجربة العاشرة

#### تحضير المعقد $K_3[Fe(C_2O_4)_3].3H_2O$

Potassium trioxalatoferale(III) Hydrate

ثلاثي اولاكزالاتو حديدات (III) البوتاسيوم المائي

#### الجزء النظري :



$s^3 d^2$

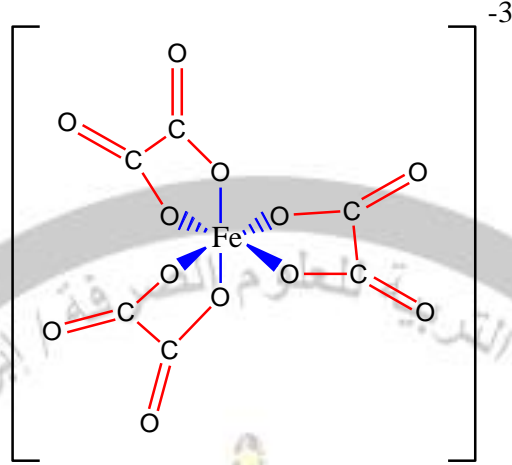
خارجي  
بارامغناطيسي  
ثماني السطوح

نوع التهجين :

اوربتيال d :

الصفة المغناطيسية :

الشكل الهندسي :



### المواد الكيميائية المستخدمة :

$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 2.6\text{H}_2\text{O}$	كبريتات الحديدوز الامونياكي
$\text{H}_2\text{SO}_4$	حامض الكبريتيك
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	حامض الاوكزاليك
$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	اوكلات البوتاسيوم
$\text{H}_2\text{O}_2$	بيروكسيد الهيدروجين
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	الكحول الايثيلي

### طريقة العمل :

1. يذاب 0.5 غم من كبريتات الحديدوز الامونياكي في 2 مل من الماء الحار بعد تميضه باضافة حامض الكبريتيك المخفف (حوالي 0.5 مل) .
2. يذاب في بيكر اخر 2.5 غم من بلورات حامض الاوكزاليك ثنائي الماء في 2.5 مل من الماء .
3. يضاف المحلول الثاني الى المحلول الاول يسخن المزيج ببطء حتى الغليان , يترك الراسب الاصفر اوكلات الحديدوز ليركد لمدة 5 دقائق .
4. يسكب السائل الرائق بحذر ثم يضاف 4 مل من الماء الحار الى الراسب و يحرك المزيج و يرشح .
- 5- ينقل الراسب اوكلات الحديدوز الى بيكر ثم يضاف 1.5 مل من الماء الحار الذي يحتوي على 0.35 من اوكلات البوتاسيوم احادية الماء .
- 6- يضاف ببطء بوساطة القطارة 1 مل من بيروكسيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{O}_2$  (20 حجم ) الى المحلول مع التحريك المستمر اثناء الاضافة مع بقاء درجة حرارة المحلول  $40^\circ\text{C}$  تقريباً .
- 7- يسخن المحلول الى درجة الغليان ثم يذاب الراسب (هيدروكسيد الحديدك ) باضافة 5 مل من محلول حامض الاوكزاليك (المحضر باضافة 1 غم في 30 مل من الماء المقطر ) يضاف 3 مل الباقية من حامض الاوكزاليك قطرة قطرة بوساطة قطارة حتى يذوب جميع هيدروكسيد الحديدك وخلال هذه الاضافة يجب ان يكون المحلول قرب درجة الغليان .
- 8- يضاف 3 مل من الكحول الايثيلي الى الراشح ( تذاب اي بلورات تتكون بالتسخين البطيء في حمام مائي) .
- 9- يترك المحلول في محل مظلم لمدة 24 ساعة للتبلور ( المعقد حساس للضوء) .

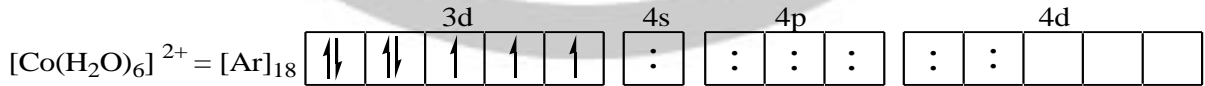
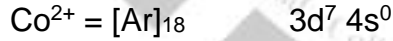
10- ترشح البلورات وتغسل بمزيج من 1:1 كحول مع ماء .

### المناقشة :

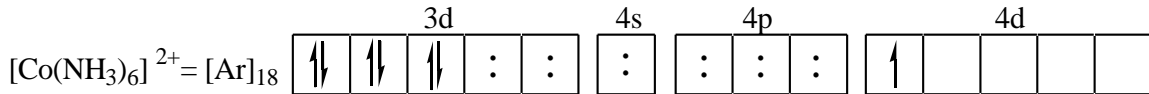
- س1: لماذا نبدأ بكميئات الحديدوز الامونياكي وليس كميئات الحديدوز ؟
- س2: لماذا نبدأ بأيون الحديدوز وليس الحديدك ؟
- س3: ما سبب اضافة حامض الكبريتيك في الخطوة 1 ؟
- س4: ما فائدة اضافة الماء الساخن الى اوكلات الحديدوز ؟
- س5: ما فائدة اضافة بيروكسيد الهيدروجين ؟
- س6: لماذا يضاف  $H_2O_2$  ببطء ؟
- س7: ما هو الناتج العرضي لهذا التفاعل ؟ وكيف يتم التخلص منه ؟
- س8: لماذا يضاف الكحول الايثيلي الى الراشح ؟
- س9: لماذا يترك الراسب في مكان مظلم لمدة 24 ساعة ؟

### الكوبلت

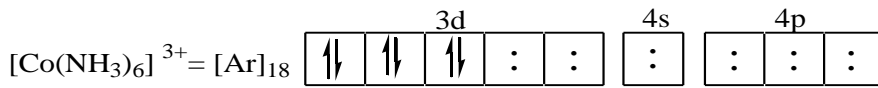
هو احد فلزات السلسلة الانتقالية الاولى وينتمي الى A8 وله الترتيب الالكتروني  $3d^7 4s^2 [Ar]_{18}$  , ياخذ الكوبلت الاعداد التاكسدية  $1+, 2+, 3+, 4+, 5+$  , وتزداد استقرارية الايون مع نقصان العدد التاكسدي .  
الكوبلت  $d^7(II)$  له اهمية بايولوجية حيث يكون معقدات مع ليكنندات  $\pi$ -bonding كما في فيتامين B12 وعدد التناسق 5 والشكل ثنائي الهرم المثلي كذلك يكون معقدات تتحد مع الاوكسجين الجزيئي وتحرره بصورة مماثلة لما يحدث مع هيموغلوبين الدم وتسمى بحاملات الاوكسجين .  
الكوبلت  $d^7(II)$  مثل كلوريد الكوبلت يذوب في الماء ويكون ايون  $[Co(H_2O)_6]^{2+}$  له لون احمر وردي وهو ثماني السطوح .



ثماني السطوح  $d^2 sp^3$



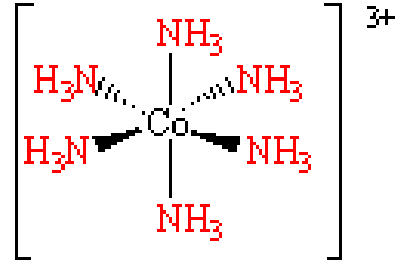
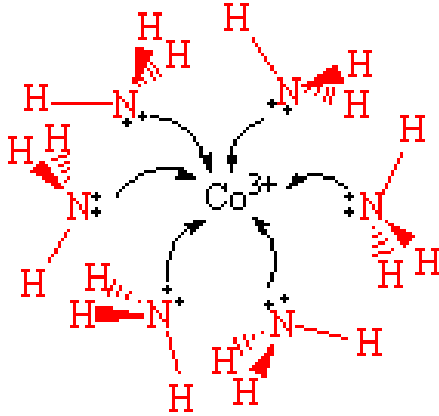
ثماني السطوح  $d^2 sp^3$



ثماني السطوح  $d^2 sp^3$







عدد التناسق : 6

عدد تأكسد الايون المركزي : 3+

نوع التفاعل : تفاعل اوكسدة واختزال

### المواد الكيميائية المستخدمة :

NH<sub>4</sub>Cl كلوريد الامونيوم

CoCl<sub>2</sub> .6H<sub>2</sub>O كلوريد الكوبلتوز المائي

Charcoal الفحم الحيواني

NH<sub>3</sub> الامونيا المركزة

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% بيروكسيد الهيدروجين

HCl حامض الهيدروكلوريك المركز

### طريقه العمل :

- 1- اذب 0.5 غم من كلوريد الامونيوم في 2 مل من الماء ثم اغلي المحلول.
- 2- اذب في المحلول المغلي 0.75 غم من كلوريد الكوبلتوز.
- 3- ضع 0.2 غم من الفحم الحيواني Charcoal في بيكر جاف ثم اصف المحلول في خطوه (2) اليه ثم برد الخليط في الماء البارد.
- 4- بعد التبريد اصف 4 مل من الامونيا المركزة ثم برد الخليط في حمام ثلجي .
- 5- اثناء التبريد اصف بصورة تدريجية مع التحريك المستمر بمقدار 17 مل من بيروكسيد الهيدروجين بتركيز 30% وعند اكمال اضافة البيروكسيد سخن المزيج الى درجة 60 م (ولا تتجاوز هذه الدرجة ) مع الرج بين حين واخر الى ان يختفي اللون الوردي (حوالي 20 دقيقة).
- 6- بعد انتهاء التسخين برد المزيج في حمام ثلجي تلاحظ انفصال بلورات تترسب في قعر البيكر ثم رشح.
- 7- ضع في بيكر مقدار 15 مل من محلول(75 مل من الماء + 2.5 مل من حامض HCl المركز) ثم اغلي هذا المزيج، اثناء الغليان انقل الراسب الذي حصلت عليه من الخطوه رقم (6). استمر في عملية التسخين

والتحريك الى ان يذوب كل الراسب ولا يبقى سوى الفحم الحيواني (الشوائب) , ثم رشح المحلول وهو ساخن.

8- اصف مقدار 2 مل من حامض الهيدروكلوريك الى الراشح (الاضافه في خزانه الغاز) ثم برد المحلول في حمام ثلجي, تلاحظ انفصال بلورات ذات لون ذهبي من كلوريد الكوبلت سداسي الامين . جفف الناتج ثم اوجد وزنه بدقه, سجل ذلك ثم شكل البلورات.

### المناقشة :

- س1: ما فائدة استخدام الفحم الحيواني في تحضير المعقد ؟
- س2: ما فائدة اضافة بيروكسيد الهيدروجين في التجربة ؟ ولماذا تكون الاضافة تدريجية ؟
- س3: لماذا نسخن مزيج التفاعل الى 60 م ولمدة 20 دقيقة ؟
- س4: كيف يمكن التخلص من الفحم الحيواني من الراسب الذي حصلت عليه في الخطوة (6) ؟
- س5: لماذا يرشح المحلول وهو ساخن في خطوة (7) ؟
- س6: ما سبب اضافة حامض HCl المركز في الخطوة الاخيرة الى الراشح ؟
- س7: استخرج النسبة المئوية للناتج ؟

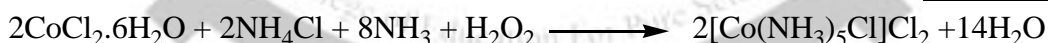
### التجربة الثانية عشر

#### **تحضير المعقد $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$**

Pentaamminechloridocobalt(III) chloride

كلوريد خماسي امين كلوريدو كوبلت (III)

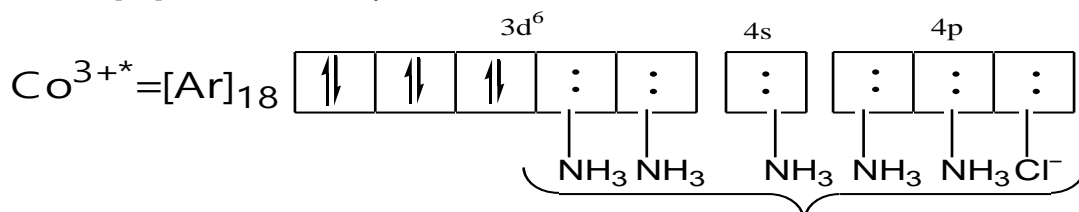
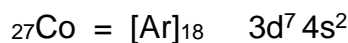
### الجزء النظري:



راسب بنفسجي

$\text{NH}_3$  ليكند ضاغط فترز دوج الالكترونات

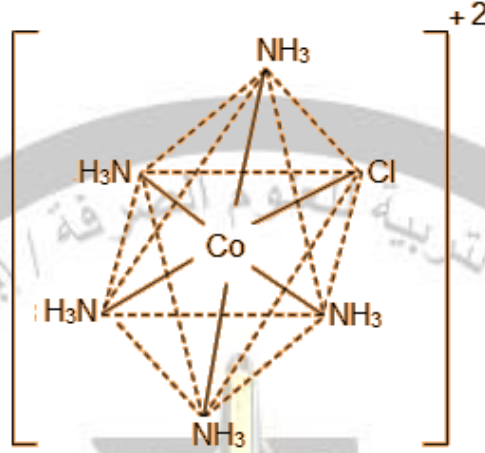
$\text{Cl}^-$  ليكند غير ضاغط



نوع التهجين :  $d^2sp^3$

اوربيتال d : داخلي

الصفة المغناطيسية : دايامغناطيسي  
الشكل الهندسي : ثماني السطوح غير منتظم (مشوه)



عدد التناسق : 6  
نوع التفاعل : تفاعل اكسدة واختزال

### المواد الكيميائية المستخدمة :

$NH_4Cl$	كلوريد الامونيوم
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	كلوريد الكوبلتوز المائي
$NH_3$	الامونيا المركزة
$H_2O_2$ 30%	بيروكسيد الهيدروجين 30%
$HCl$	حامض الهيدروكلوريك المركز

### طريقة العمل :

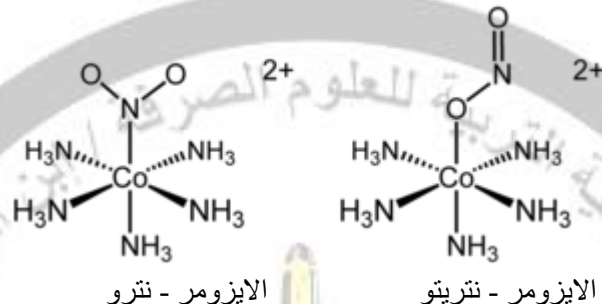
- 1- يذاب 1 غم من كلوريد الكوبلتوز المائي في اقل كمية ممكنه من الماء ربما يسخن قليلا في حمام مائي ليذوب .
- 2- يذاب 2 غم من كلوريد الامونيا في 6مل من الامونيا المركزة .
- 3- يضاف المحلول في الخطوة الثانية الى المحلول المبرد في الخطوة الاولى .
- 4- يضاف 2 مل في 30% بيروكسيد الهيدروجين دفعة واحدة ثم يعقبها اضافة 2 مل اخرى على شكل دفعات في كل اضافة 1 مل مع التحريك المستمر .
- 5- بعد اتمام عملية الاكسدة يعادل المحلول باضافة حامض الهيدروكلوريك المركز (اضف 4 مل تدريجيا ثم اضف قطرة قطرة الى ان يتم التعادل باستخدام ورق عباد الشمس , قد يحتاج الى التعادل 6 مل تقريبا ) .
- 6- يضاف زيادة 1مل من حامض المركز ثم يسخن المحلول لدرجة الغليان ثم يترك جانبا ليبرد .
- 7- يرشح الراسب البنفسجي .

### المناقشة :

- س1 : ما سبب اضافة  $HCl$  المركز في خطوة (5) وبصورة تدريجية ؟
- س2 : ما فائدة اضافة زيادة من  $HCl$  المركز في خطوة (6) ؟
- س3 : قارن بين المعقدين  $[Co(NH_3)_5]Cl_2$  ,  $[Co(NH_3)_6]Cl_3$  ؟
- س4 : كيف يمكنك التأكد من وجود ايوني كلوريد خارج كرة التناسق ؟

## (ايزومرية الارتباط)

تعتبر الايزومرات الترابطية احد الانواع المهمة للايزومرات حيث تتضمن ليكندات لها اكثر من موقع ارتباط مع الايون المركزي حيث يعتمد نوع الايزومر على نوع الذرة الرابطة مع الايون المركزي .



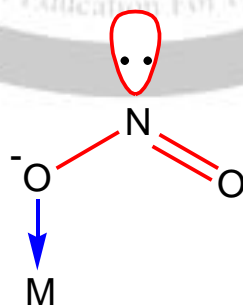
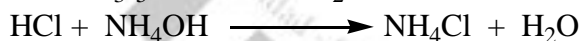
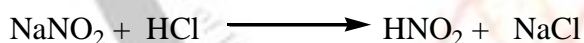
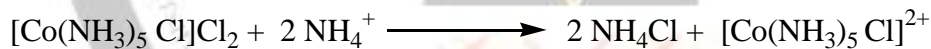
### أ- ارتباط NO<sub>2</sub> عن طريق الاوكسجين (نترينو)

### التجربة الثالثة عشر: تحضير المعقد [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>ONO]Cl<sub>2</sub>

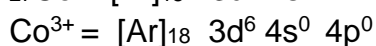
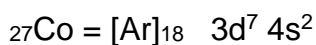
Pentaamminenitritocobalt(III) chloride

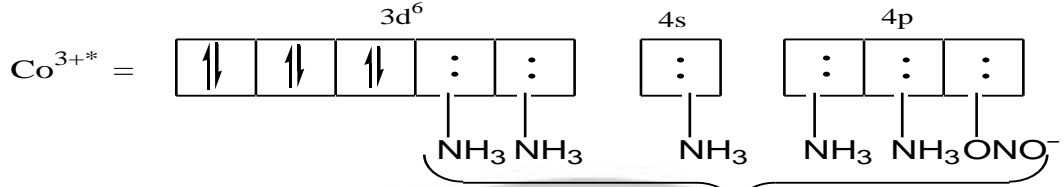
كلوريد خماسي امين نترينو كوبلت (III)

### الجزء النظري:



ارتباط الليكند بالايون المركزي عن طريق ذرة الاوكسجين الحاملة للشحنة السالبة .





$d^2sp^3$

نوع التهجين :

داخلي

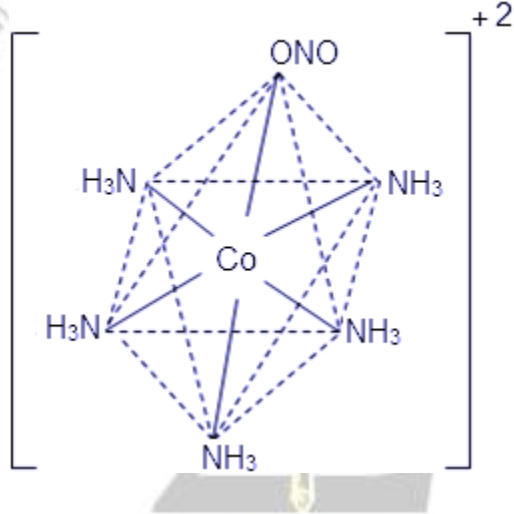
اوربيتال d :

دايامغناطيسي

الصفة المغناطيسية :

ثمانى السطوح غير منتظم

الشكل الهندسي :



6

عدد التناسق :

تفاعل استبدال

نوع التفاعل :

### المواد الكيميائية المستخدمة :

NH <sub>4</sub> OH	محلول امونيا 10%
[Co (NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cl] Cl <sub>2</sub>	المعقد المحضر سابقاً
HCl(2N)	حامض الهيدروكلوريك المخفف (2 عياري)
NaNO <sub>2</sub>	نتريت الصوديوم
HCl	حامض الهيدروكلوريك المخفف 1:1

### طريقة العمل :

- 1- يمزج 5 مل من الماء مع 1 مل من المونيا 10% ويحرك .
- 2- يذاب 0.5 غم من المعقد [Co (NH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>Cl] Cl<sub>2</sub> في المزيج المحضر , ويسخن على حمام مائي الى ان يذوب المعقد .
- 3- يبرد المحلول ويعادل تدريجياً باضافة حامض الهيدروكلوريك المخفف (2 عياري) ثم يضاف اليه 0.5 غم من نتريت الصوديوم , ثم 0.5 مل من 1:1 حامض الهيدروكلوريك .
- 4- يبرد المحلول في الثلج لمدة ساعة , ثم ترشح البلورات الحمراء .

### المناقشه :

- س1 : ما فائدة استخدام حامض HCl المركز مع نترتيت الصوديوم  $\text{NaNO}_2$  ؟  
س2 : ما سبب اضافة حامض HCl المخفف بنسبة 1:1 ؟  
س3 : لماذا تتم معادلة المحلول في خطوة (3) ؟

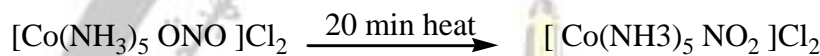
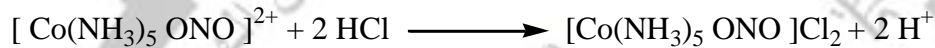
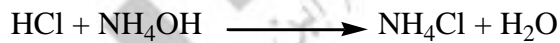
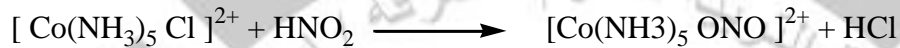
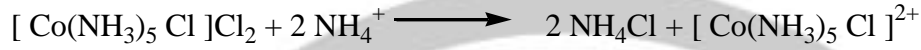


**(ب) ارتباط  $\text{NO}_2$  عن طريق النتروجين (نترو)**  
**التجربة الرابعة عشر: تحضير المعقد  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2]\text{Cl}_2$**

Pentaamminenitrocobalt(III) chloride

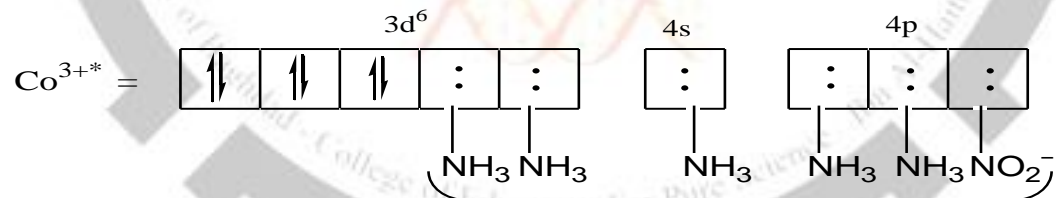
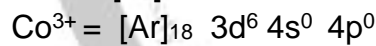
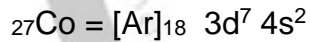
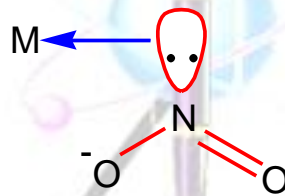
كلوريد خماسي امين نترو كوبالت (III)

**الجزء النظري:**



الصيغة البنائية لايون  $\text{NO}_2^-$ :

ارتباط الليكند مع الايون المركزي عن طريق ذرة النتروجين N.



$d^2sp^3$

داخلي

دايامغناطيسي

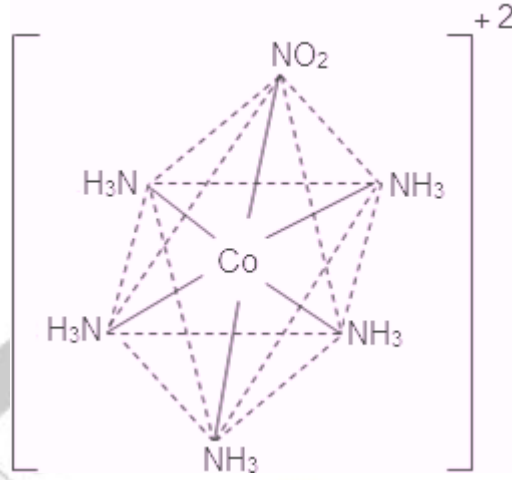
ثمانى السطوح غير منتظم

نوع التهجين :

اوربیتال d :

الصفة المغناطيسية :

الشكل الهندسي :



نوع التفاعل : تفاعل استبدال

### المواد الكيميائية المستخدمة :

نفس المواد الكيميائية المستخدمة في تحضير الايزومر - نترينو

### طريقة العمل :

- 1- يمزج 5 مل من الماء مع 1 مل من المونيا 10% ويحرك .
- 2- يذاب 0.5 غم من المعقد  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$  في المزيج المحضر , ويسخن على حمام مائي الى ان يذوب المعقد .
- 3- يبرد المحلول ويعادل تدريجياً باضافة حامض الهيدروكلوريك المخفف (2 عياري) ثم يضاف اليه 0.5 غم من نترين الصوديوم .
- 4- يسخن المزيج في حمام مائي لاذابة الراسب الاحمر المتكون في البداية لمدة 20 دقيقة .
- 5- يبرد المحلول البني ويضاف اليه 6 مل من حامض الهيدروكلوريك 1:1 .
- 6- يبرد المحلول في الثلج لمدة ساعة واحدة , ثم ترشح البلورات الصفراء .

### المناقشه :

- س1 : اي المعقدين اكثر استقرار ؟
- س2 : لماذا يسخن مزيج التفاعل لمدة 20 دقيقة ؟
- س3 : قارن بين المعقدين  $[Co(NH_3)_5ONO]Cl_2$  ,  $[Co(NH_3)_5NO_2]Cl_2$  من حيث : التسميه , التهجين , نوع الارتباط , طريقة العمل , معادلة التفاعل , الشكل الهندسي , لون الراسب .

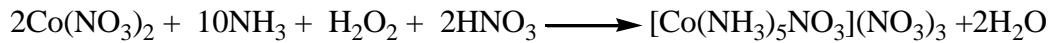
### التجربة الخامسة عشر

### **تحضير المعقد $[Co(NH_3)_5(NO_3)](NO_3)_2$**

Pentaamminenitratocobalt(III) nitrate

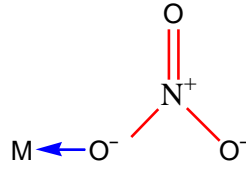
نترات خماسي امين نتراتو كوبلت (III)

### الجزء النظري :

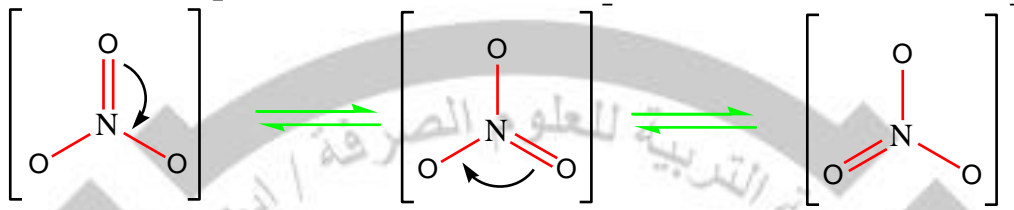


الصيغة البنائية لايون  $(NO_3)^-$  :





يرتبط ايون  $(NO_3)^-$  عن طريق الاوكسجين السالب الذي له كثافة الكترونية اعلى



الاشكال الروزنانتسية لايون  $(NO_3)^-$

نوع التهجين :  $d^2sp^3$

اوربيتال d : داخلي

الصفة المغناطيسية : دايا مغناطيسي

**المواد الكيماوية المستخدمة :**

نترات الكوبلت  $Co(NO_3)_2$

الامونيا المركزة  $NH_4OH$

بيروكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$

حامض النتريك المركز  $HNO_3$

**طريقة العمل :**

- 1- اذب 0.5 غم من نترات الكوبلت في 0.5 مل من الماء .
- 2- اضف الى المحلول 5 مل من الامونيا المركزة ثم برد الخليط في حمام ثلجي .
- 3- اضف الى المحلول وهو على الحمام الثلجي مع التحريك المستمر وبصوره تدريجية 2.5 مل من بيروكسيد الهيدروجين (20 حجم) .
- 4- اترك هذا المحلول الذي اصبح لونه غامق ليصبح بدرجة حرارة الغرفة , ثم ابدأ بالتسخين على نار هادئة (الحمام المائي افضل) لمدة 10 دقائق حتى يتكون محلول ذو لون بني محمر (لاتمام عملية الاكسدة) , ثم استمر بالتسخين الهادئ لمدة 10 دقائق اخرى (حتى تتبخر الزيادة من الامونيا) .
- 5- برد المحلول ثم اضف 5 مل من حامض النتريك بنسبة 1:1 .
- 6- سخن المحلول الذي اصبح الان ( احمر غامق ) حتى الغليان , ثم برد الناتج بالثلج حتى يترسب الناتج على شكل بلورات ثم رشح .

**المناقشة :**

- س1 : ما سبب تسخين مزيج التفاعل في خطوة (4) ؟
- س2 : ما فائدة اضافة بيروكسيد الهيدروجين ؟
- س3 : ما سبب اضافة حامض النتريك 1:1 في خطوة (5) ؟
- س4 : وضع تهجين الايون المركزي ثم ارسم الشكل الهندسي للمعقد ؟

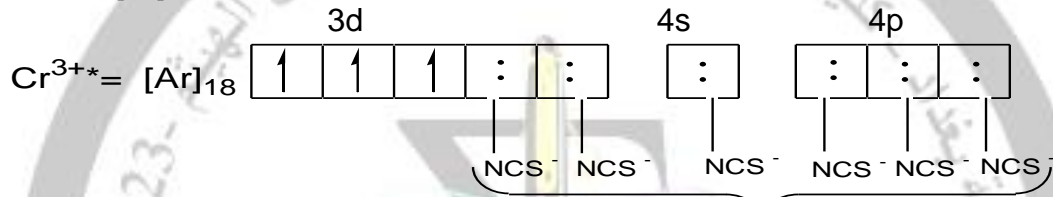
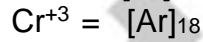
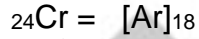
## التجربة السادسة عشر

### تحضير المعقد $K_3[Cr(NCS)_6].4H_2O$

Potassium hexaisothiocyanatochromate(III) hydrate

سداسي ايزو ثايوسياناتوكرومات(III) البوتاسيوم المائي

### الجزء النظري:



$d^2sp^3$

داخلي

بارامغناطيسي

ثمانى السطوح منتظم

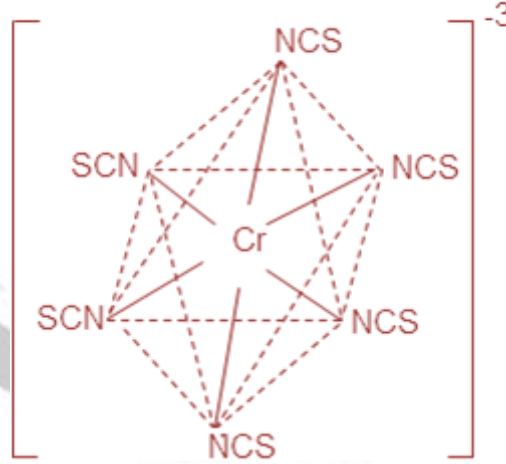
Octahedral

نوع التهجين :

اوربیتال d :

الصفة المغناطيسية :

الشكل الهندسي :



عدد التناسق : 6

عدد التأكسد الايون المركزي : 3+

نوع التفاعل : تفاعل استبدال

### المواد الكيميائية المستخدمة :

1- شب الكروم Chrom Alum  $K_2SO_4.Cr_2(SO_4)_3.24H_2O$

2- ثايوسيانات البوتاسيوم KSCN

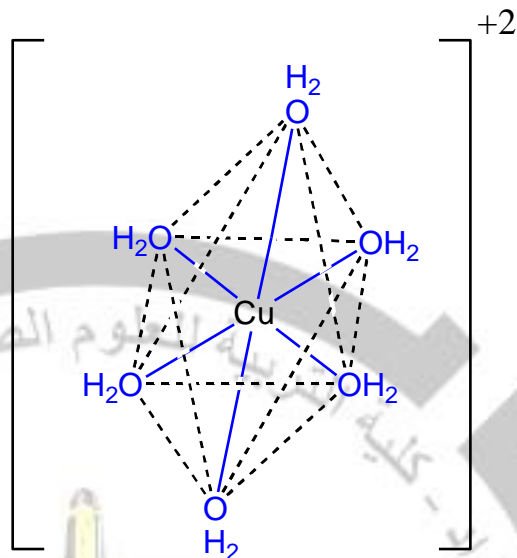
3- كحول ايثيلي  $C_2H_5OH$

### الادوات المستخدمة :

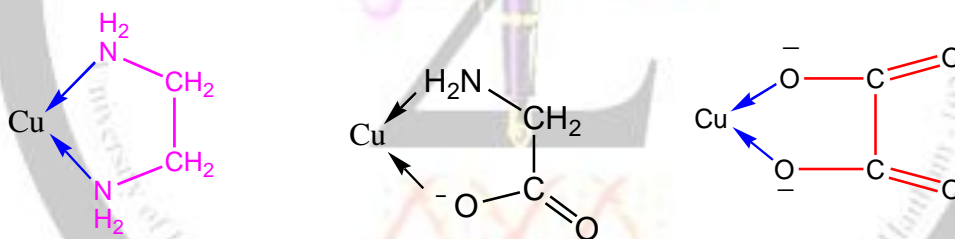
2 بيكر ، ورق مخروطي ، اسطوانة مدرجة ، محرك زجاجي ، مسخن حراري ، حمام مائي ، قمع ترشيح ، ورقة ترشيح .







في هذه التجربة يتم تحضير معقدات للنحاس ثنائي الليكند تختلف من حيث الارتباط وهي الاوكزالاتو  $C_2O_4^{2-}$  , والكلايسيناتو  $NH_2CH_2COO^-$  , واثيلين ثنائي الامين  $NH_2CH_2CH_2NH_2$  , حيث في حالة الاوكزالاتو يتم الارتباط عن طريق ذرتي الاوكسجين , وفي حالة الكلايسيناتو يتم الارتباط عن طريق ذرتي الاوكسجين والنتروجين , اما في حالة الاثيلين ثنائي الامين يتم الارتباط عن طريق ذرتي النتروجين كما موضح بالاشكال التالية :



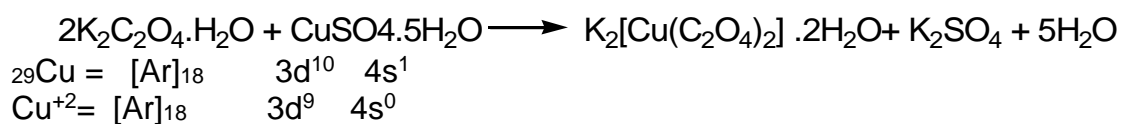
### التجربة الثامنة عشر

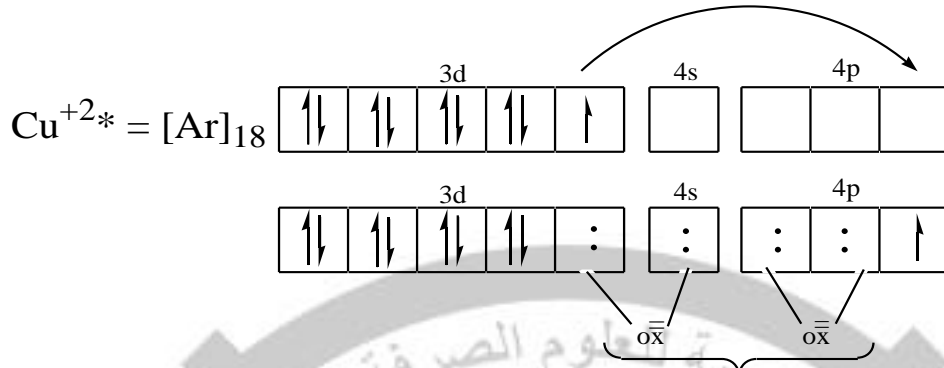
#### **تحضير المعقد: $trans-K_2[Cu(C_2O_4)_2] \cdot 2H_2O$**

trans-potassium dioxalatocopper(II) hydrate

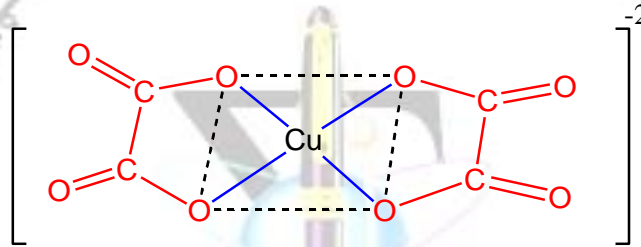
ترانس - ثنائي اوكزالاتو نحاس (II) البوتاسيوم المائي

#### الجزء النظري :





التهجين :  $dsp^2$   
 الصفة المغناطيسية : بارامغناطيسي  
 الشكل الهندسي : مربع مستوي



#### المواد الكيميائية المستخدمة :

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$  كبريتات النحاس المائية  
 $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$  اوكزالات البوتاسيوم  
 $C_2H_5OH$  كحول اثيلي

#### طريقة العمل :

1. اذب 2.1 غم من كبريتات النحاسيك المائية في 4 مل من الماء المقطر ثم سخن المحلول الى درجة الغليان لمدة 5 دقائق (حافظ على حجم المحلول باضافة الماء اليه في حال نقصانه)
2. اذب 6.1 غم من اوكزالات البوتاسيوم المائية في 17 مل من الماء المقطر ثم سخن المحلول الى درجة الغليان لمدة 5 دقائق (حافظ على حجم المحلول).
3. اضع المحلول الاول الى المحلول الثاني بسرعة مع التحريك
4. برد الى درجة  $10^\circ$  م في حمام ثلجي .
5. رشح المحلول و اغسل الراسب في 4 مل من الماء البارد ثم 5 مل من الكحول الاثيلي ثم جفقه .

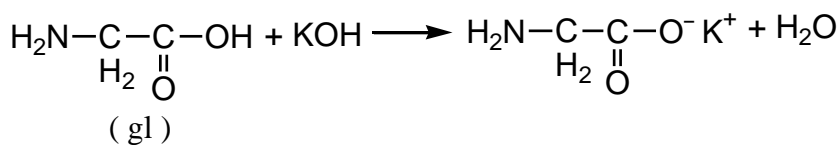
#### التجربة التاسعة عشر

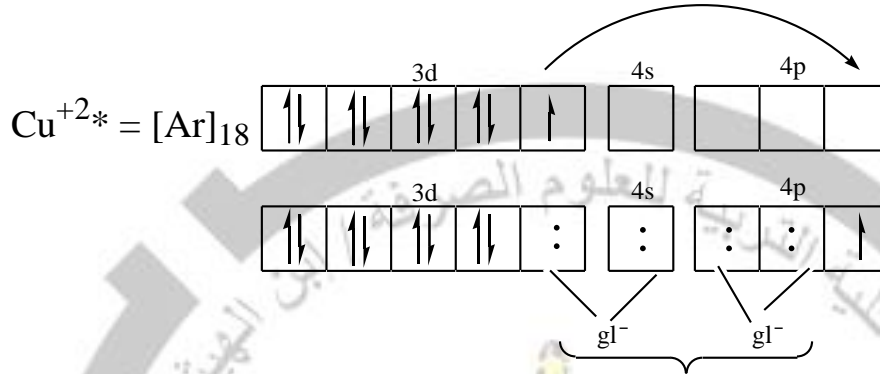
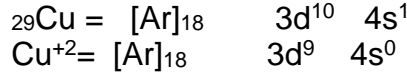
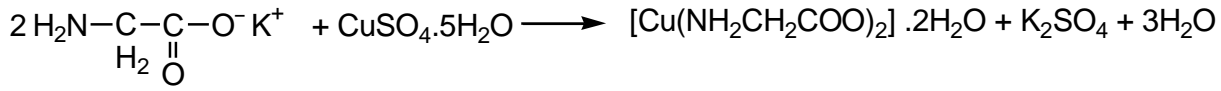
#### تحضير المعقد : $[Cu(NH_2CH_2COO)_2] \cdot 2H_2O$

Bis-glycinatocupper(II) hydrate

بس- كلايسيناتو نحاس (II) المائي

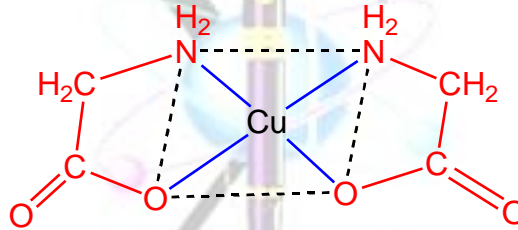
#### الجزء النظري :





$dsp^2$   
بارامغناطيسي  
رباعي السطوح

التهجين :  
الصفة المغناطيسية :  
الشكل الهندسي :



### المواد الكيميائية المستخدمة :

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  كبريتات النحاس المائية

$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  كلايسين

$\text{NaOH}$  هيدروكسيد الصوديوم

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  كحول ايثيلي :

### طريقة العمل :

- 1- اذب 2.1 غم من كبريتات النحاس المائية في 20 مل من الماء المقطر, ثم سخن المحلول الى درجة الغليان لمدة 10 دقائق بحيث يحافظ على حجم المحلول عند 20 مل وذلك باضافة الماء المقطر عند نقصان الحجم .
- 2- اذب 1.7 غم من الكلايسين في 9 مل من محلول 2 مولاري هيدروكسيد الصوديوم في بيكر اخر وسخن الى درجة الغليان لمدة 5 دقائق .
- 3- اضف محلول الكلايسين الساخن الى محلول كبريتات النحاس مع التحريك المستمر .
- 4- رشح المحلول بسرعة وهو ساخن واهمل الراسب .
- 5- برد الراشح الى درجة حرارة المختبر اولاً ثم في حمام ثلجي لحين اكتمال الترسيب .
- 6- رشح الراسب ثم اغسله بالكحول , جففه بدرجة 60 م , ثم زنه .

## التجربة العشرون

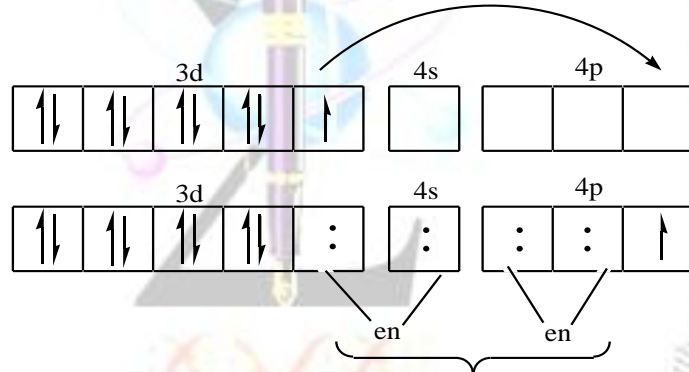
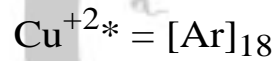
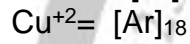
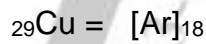
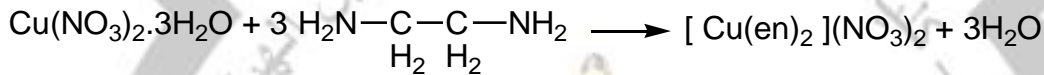
### **[ Cu(en)<sub>2</sub> ](NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> : تحضير المعقد**

Bis-ethylenediaminecopper(II) nitrate

نترات بس- اثيلين ثنائي امين نحاس (II)

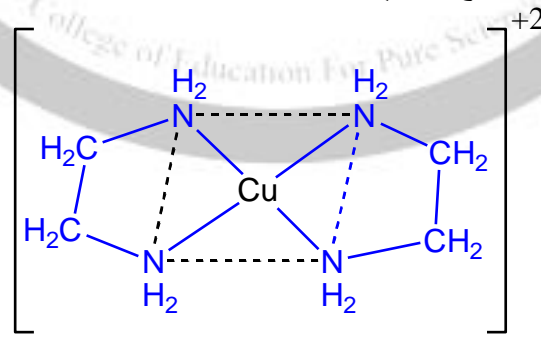
#### الجزء النظري :

من المعروف ان عناصر السلسلة الانتقالية الاولى تكون معقدات مع الليكندات الاخرى الموجودة في المحلول حيث ان معقد الماء مع النحاس اقل ثباتاً من معقدات الليكندات الاخرى مع النحاس لذلك يحدث احلال بوساطة الليكندات الاخرى مثل الامونيا , الاثيلين ثنائي الامين , لذا يفضل استخدام الايثانول كمذيب ليقبل من منافسه الماء , كما ان الايثانول مذيب مناسب لكل من الاثيلين ثنائي الامين و نترات النحاس .



**dsp<sup>2</sup>**  
بارامغناطيسي  
مربع مستوي

التهجين :  
الصفة المغناطيسية :  
الشكل الهندسي :



#### المواد الكيميائية المستخدمة :

- CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O نترات النحاس المائية
- NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH اثيلين ثنائي الامين
- C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH كحول ايثيلي

#### طريقة العمل :

1. اذب 6 غم من Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O في 38 مل من الايثانول النقي مع التحريك المستمر ثم برد في حمام ثلجي .



2. اضعف و بصورة تدريجية 4 مل من الايثيلين ثنائي الامين الى المحلول السابق مع التحريك المستمر .
3. مع استمرار التبريد سوف يترسب المعقد الذي لونه ازرق - بنفسجي .
4. رشح بواسطة قمع بخنر, ثم اغسله باستخدام 25 مل من الايثر , دعه يجف ثم احسب النسبة المئوية للمنتوج .

### ملاحظة :

السبب في اجراء التفاعل في حمام ثلجي و ذلك لتجنب التفكك الحراري للمعقد المتكون حيث يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى احلال الليكند بواسطة ايون النترات فيتلون المحلول باللون الازرق اي يحدث تفاعل عكسي .

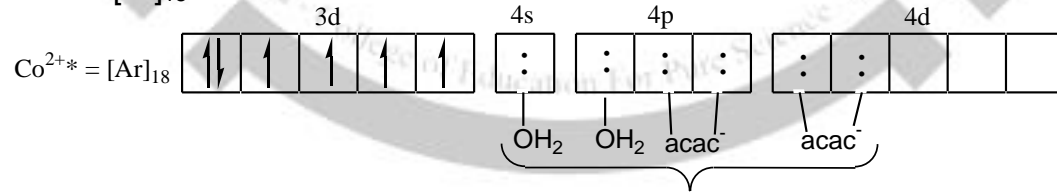
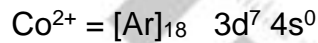
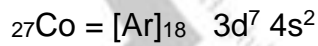
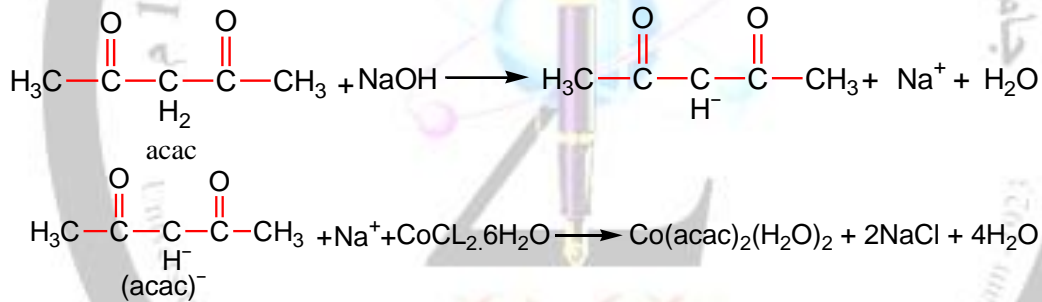
### التجربة الحادية والعشرون

### تحضير المعقد المتعادل $\text{Co(acac)}_2(\text{H}_2\text{O})_2$

Bis – acetylacetonatodiaquacobalt(II)

بس- استيل اسيتانو ثنائي الماء كوبلت (II)

### الجزء النظري :



$sp^3d^2$

خارجي

بارامغناطيسي

ثمانى السطوح غير منتظم

تفاعل استبدال

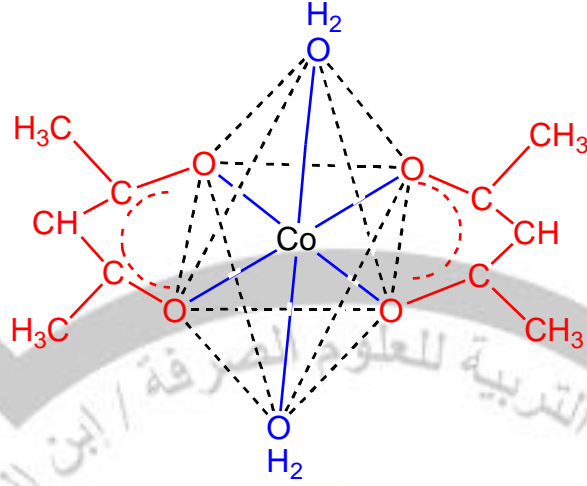
نوع التهجين :

اوربیتال d :

الصفة المغناطيسية :

الشكل الهندسي :

نوع التفاعل :



### المواد الكيميائية المستخدمة :

$C_5H_8O_2$	محلول الاستيل اسيتون
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	كلوريد الكوبلتوز المائي
$C_2H_5OH$	كحول اثيلي
$NaOH$	هيدروكسيد الصوديوم
$CHCl_3$	كلوروفورم

### طريقة العمل :

- 1- اضع 10 غم من (2 , 4 خامس ثنائي الكيتون) ببطء مع التحريك المستمر الى محلول هيدروكسيد الصوديوم (4 غم من NaOH مذابة في 37.5 مل من الماء المقطر) بحيث لا ترتفع درجة الحرارة اكثر من 40 م° . عند تكون اي مادة صلبة يجب اذابتها بالتحريك المستمر قبل الاستمرار في الاضافة .
- 2- اضع المحلول الاصفر المتكون قطرة قطرة مع التحريك المستمر و السريع و خلال 10 دقائق الى محلول 12 غم من كلوريد الكوبلتوز سداسي الماء مذاب في 60 مل من الماء المقطر .
- 3- رشح الراسب البرتقالي المتكون بوساطة قمع بخنز و اغسله بالماء المقطر حتى يصبح الراشح النازل في نهاية القمع عديم اللون .
- 4- اذب المادة الصلبة الرطبة في مزيج متكون من 100 مل كحول اثيلي مع 65 مل من الكلوروفورم و مسخن على حمام مائي بالمدة قصيرة حتى يتم اذابة جميع الراسب ويتكون محلول احمر .
- 5- برد المحلول الاحمر الى درجة حرارة الغرفة ببطء ثم رشح البلورات البرتقالية الابرية الشكل بوساطة قمع بخنز ثم اغسل البلورات بالكحول الاثيلي البارد ثم اتركها حتى الجفاف .

### المناقشة :

- س1: ما فائدة اضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم الى محلول الاستيل استون ؟ وضح بالمعادلة ؟
- س2: هل المعقد موصل للكهربائية ؟ ولماذا ؟



## المواد الكيميائية المستخدمة :

CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	كلوريد الكوبلتوز المائي
NH <sub>4</sub> Cl	كلوريد الامونيوم
NH <sub>3</sub>	محلول الامونيا
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ثايوكبريتات الصوديوم

## طريقة العمل :

- 1- اذب 5 غم من كلوريد الكوبلتوز المائي في اقل كمية ممكنة من الماء .
- 2- اخلط 12 غم من كلوريد الامونيوم + 6 غم من ثايوكبريتات الصوديوم ثم اضع هذا المزيج الى المحلول الاول , يتكون محلول لونه ازرق .
- 3- اضع الى هذا المحلول 30 مل من محلول (7%) امونيا عندها يتكون المحلول بلون وردي محمر , رشح , اهمل الراسب .
- 4- برد المحلول و مرر به تيار من الهواء لمدة ساعة فيتأكسد الكوبلت الثنائي الى الكوبلت الثلاثي خلال هذه الفترة تبدأ بلورة ذات لون ارجواني بالانفصال .
- 5- اترك المحلول الى الاسبوع القادم , رشح , اغسل الراسب بماء يحتوي على القليل من الامونيا , جفف الراسب ثم زنه .

## المناقشة :

- س1: احسب النسبة المئوية للنتائج ؟
- س2: بين موقع ارتباط الليكند <sup>2-</sup>(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) بالايون المركزي ؟ ولماذا؟

## المصادر

## المصادر الاجنبية:

1. Palmer, W.G. ; **Experimental Inorganic Chemistry** (1970) .
2. Vogel, A. I ; **Macro and Semimacro Qualitative Inorganic Analysis** (1963) .
3. Muir, G. D. ; Hazards in the Chemical L ; Prentisaboratory (1972) . Greenwood, N. N.; Earnshaw, A. ; **Chemistry of the Elements** (2<sup>nd</sup> ed.). Butterworth-Heinemann. (1997).
4. Tanaka, J.; Suib, S. L. ; **Experimental methods in inorganic chemistry** ; Prentice-Hall Inc. (1999) .
5. Jolly, W. L. ; **The synthesis and characterization of inorganic compounds** ; Prentice-Hall, Inc, ; (1970) .
6. Browning, M.C.; Mellor, J. R.; Morgan, D. J.; Pratt, S. A. J.; Sutton, L. E.; Venanzi, L. ; M. J. Chem. Soc., 693 , (1962) .
7. Shriver, D.F.; Atkins, P.W. **Inorganic Chemistry**; Freeman: New York, , p.192 ,( 1990).
8. **Chemistry 2C , Laboratory Manual** , Department of Chemistry , University of California – Davis, CA 95616 ( 2011)..
9. Wilkinson, G. ; Cotton, F.A. ; **Advanced Inorganic Chemistry** ; N.Y. Wiley , 5<sup>th</sup> ed., p. 671ff (1988) .
10. Cotton, F.A.; Wilkinson, G.; Murillo, C. A.; Bochmann, M. ; **Advanced Inorganic Chemistry**, 6<sup>th</sup> ed; Wiley: New York, p.725 (1999)

11. Harris, D.C. "**Quantitative Chemical Analysis**", 7th ed., W. H. Freeman and Company, New York (2007).

### المصادر العربية :

1. د. نعمان سعد الدين , د. نظير عريان ميلاد , د. كريم عبد الأمير العبيد , د. عبد الفتاح شحادة , د. كاظم العبيدي , د. سعاد عبد النور , **الكيمياء اللاعضوية ( العناصر الانتقالية – مبادئ التناسقية )** الطبعة الأولى , مطبعة كلية العلوم | جامعة بغداد (1980) .
2. د. حمد الله الهودلي , د. منار فياض , **الكيمياء غير العضوية**, الجزء الثاني , منشورات مجمع اللغة العربية الأردني , الطبعة الأولى (1983) . مترجم عن كتاب Huhee J. E ,
3. تحسين إبراهيم و جبرائيل فتح الله كساب , **الكيمياء العملية في الفلزات واللافلزات** (1954).
4. د. نعمان الأنعمي , د. عبد الرزاق القره غولي , **مدخل حديث إلى الكيمياء اللاعضوية** , (1976) . مترجم عن كتاب من تأليف Bell C, F ., Loti K. A.
5. د. مهدي الزكوم , **الكيمياء اللاعضوية الأساسية** (1988) . مترجم عن كتاب من تأليف Wilkinson, G., Cotton, F.A .
6. د. عصام جرجيس سلوم , **الكيمياء التناسقية** , (1983) .
7. د. طارق عبد الكاظم ناصر , د. علي فليح عجام , **الكيمياء اللاعضوية العملية** (1985). مترجم عن كتاب من تأليف ج. مار و ف. و. رو كيت .
8. **الكيمياء التناسقية** جامعة أم القرى (2012).
9. د. محمد قاسم عثمان القدسي **لدليل التجارب العملية كيمياء غير عضوية (2)** كلية الرياضيات والعلوم والتكنولوجيا – اليمن (2012).