

اصطناع ودراسة طيفية لمعقدات الإيميدازول وبارا نتر و فنيل إيميدازول مع بعض العناصر الانتقالية (Co⁺⁺, Cu⁺⁺)

* أسيل العبيد ، ** د. فائز حزواني

ملخص البحث

تم في هذا البحث اصطناع مرتبطة (NAI) من مشتقات الإيميدازول (بارا نتر و فنيل أزو إيميدازول)، و معقدات معدنية لكل من (NAI) و الإيميدازول مع معدني النحاس و الكوبالت، فكانت نسبة الارتباط (1:1) عند استخدام المرتبطة (NAI)، و (1:2) (إيميدازول: معدن) عند استخدام الإيميدازول، مما أدى إلى تشكل معقدات معدنية أحادية النوى .

دُرست بعض الخصائص الفيزيائية والطيفية للمرتبطة (NAI)، والمعقدات المصنعة بواسطة مطيافية الأشعة ما تحت الحمراء (FT-IR) ، ومطيافية الرنين النووي المغناطيسي الكربوني والبروتوني ومطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-visible) ، وبينت نتائج هذه الدراسة أنها كانت متفقة مع الصيغة المقترحة لهذه المركبات.

كلمات مفتاحية: إيميدازول، معقدات أحادية النوى، أزو إيميدازول ، نسبة ارتباط

(* طالبة ماجستير - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا

(** أستاذ مساعد في الكيمياء اللاعضوية في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا

Synthesis and Spectral Study of imidazole and 4-(nitroPhenyl azo)Imidazole Complexes with Some Transition Metal [Co^{II}, Cu^{II}]

¹⁾Aseel Alobeed , ²⁾ faez hazwani

Abstract

In this research, ligand (NAI) (para-nitrophenyl azo imidazole) was prepared, and metal complexes for each of (NAI) and imidazole with copper and cobalt, the ligand ratio was (1:1) when using linked (NAI) , and (2:1) (imidazole: a metal) when imidazoles were used, which led to the formation of mono dentate metal complexes.

Some of the physical and spectroscopic properties of the NAI and the synthetic complexes were studied by infrared (FT-IR), carbon and proton nuclear magnetic resonance spectroscopy and UV-visible spectroscopy, and the results of this study showed that they were in agreement with The ulcerated formulation of the prepared complexes..

Keywords: Imidazole, Azo Imidazole, metal complexes, ligand ratio

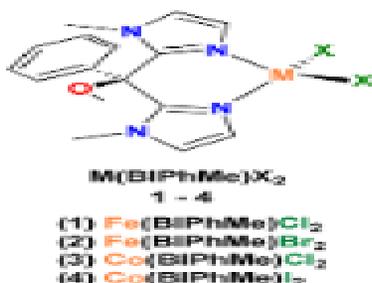
1) Master student at Albaath university, faculty of science, department of inorganic chemistry.

2) Prof. at Albaath university, faculty of science, department of inorganic chemistry.

1- مقدمة:

احتلت المركبات الحلقية غير المتجانسة مكانة بارزة بين الفئات المختلفة من المركبات العضوية، وذلك بفضل أنشطتها البيولوجية المتنوعة وفعاليتها الكيميائية [1]. تعتبر مركبات الإيميدازول من المركبات الحلقية غير المتجانسة والنشطة بيولوجياً [2]، والتي تحظى باهتمام كبير لتطبيقاتها البيولوجية والسريرية المتنوعة، مما دفع الباحثون إلى اصطناع مجموعة متنوعة من مشتقات الإيميدازول، وتشخيصها بحثاً عن أنشطتها البيولوجية المختلفة كمضادات للسرطان، والجراثيم، ولفيروس نقص المناعة البشري، و لالتهابات، لمرض السكري [3-6]، ويعد الإيميدازول أحد مكونات الهستامين والهستيدين [7-8].

في عام 2014 تم من قبل الباحث Eric ومجموعته اصطناع مرتبطة (BIPhMe) bis(1-methylimidazol-2-yl)phenylmethoxymethane ومن ثم تعقيدها مع أيوني Fe^{II} و Co^{II} وفق الشكل (1)، حيث استخدمت هذه المعقدات في أجهزة الاستشعار اللونية لاكتشاف إطلاق غازات أكسيد الأزوت من محاليل التفاعل [9].



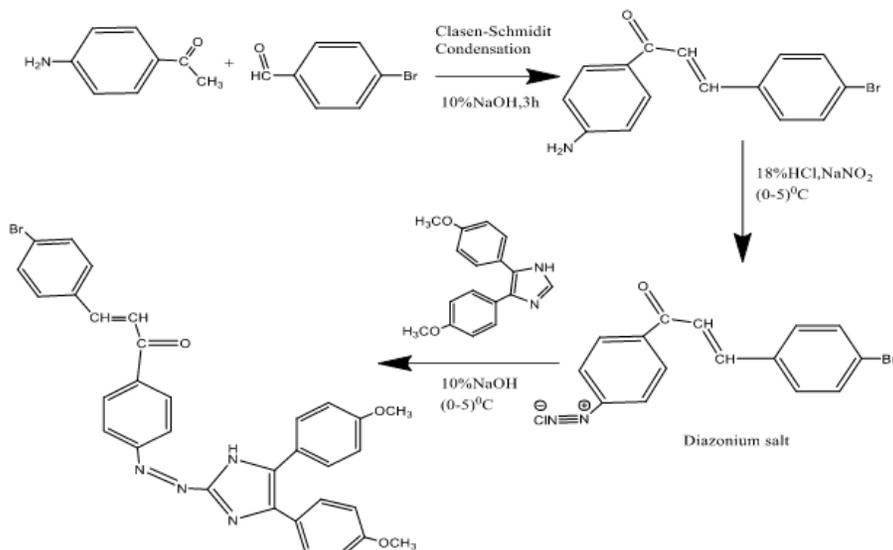
الشكل (1): معقدات المرتبطة (BIPhMe) مع أيوني Fe^{II} و Co^{II}

وفي عام 2022 تم من قبل مجموعة من الباحثين اصطناع مرتبطة جديدة لأزو إيميدازول (LBr):

1-(4-((4,5-bis (4-methoxy phenyl)-1H-imidazol-2-yl)diazenyl)phenyl)-3-(4-bromophenyl)prop-2-en-1-one

وفق المخطط (1)، ومعقداتها مع كل من [Co, Ni, Cu, Zn, Hg and Pd (II)]، فكانت نسبة الارتباط (1:2)، وبينت نتائج الدراسة أن بنية جميع المعقدات ثماني الوجوه

باستثناء معقد Pd (II) مربع مستوي، الذي درست فعاليته كمضاد للأورام السرطانية [10].



المخطط (1): اصطناع المرتبطة (LBr)

2- الهدف من البحث:

- ❖ اصطناع مرتبطة (NAI) من مشتقات الإيميدازول.
- ❖ تحضير معقدات معدنية للمرتبطة (NAI) والإيميدازول، وذلك بتفاعلها مع كلوريدات النحاس والكوبالت اللامائية.
- ❖ التأكد من هوية المرتبطة طيفياً من خلال مطيافية الرنين النووي المغناطيسي الكربوني والبروتوني $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$ والمعقدات المصنعة باستخدام مطيافية الأشعة تحت الأحمر (FT-IR) ومطيافية الأشعة المرئية -فوق البنفسجية (UV-Vis).

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- جهاز الطنين النووي المغناطيسي بروتوني نموذج 400MHz من شركة Bruker السويسرية.

- جهاز الامتصاص الضوئي ما تحت الأحمر نموذج FT-IR-4100 من شركة Jasco اليابانية.
 - صفائح كرماتوغرافيا الطبقة الرقيقة من الألمنيوم مطلية بالسليكا جل 60F₂₅₄ قياس 20 X 20 من شركة Merck الألمانية.
 - جهاز قياس درجة الانصهار Electrothermal Melting Point Apparatus .
 - ميزان حساس من النوع Sartorius BL-210S.
 - سخان مزود بمحرك مغناطيسي Agimatic P-Selecta 243.
 - مصباح UV مزود بلمبتين 254nm,366nm من شركة DESAGA الألمانية.
- 3-2-المواد الكيميائية المستخدمة:**

إيميدازول، حمض كلور الماء المركز، إيتانول مطلق، ، نترتيت الصوديوم، هيدروكسيد البوتاسيوم، ، كلوريد النحاس اللامائي ، دي كلورو الايتان ، ميتانول، كلوريد الكوبالت اللامائي .

3-3- تحضير المرتبطة (NAI): تم تحضيرها وفق مرحلتين:

المرحلة الأولى: تحضير ملح الديازونيوم:

يوضع في دورق أحادي العنق (1.381gr;0.01mol) من بارا نترو الأنلين و 10ml ماء مقطر و 5ml من حمض كلور الماء المركز، ويوضع في حمام ثلجي درجة حرارته (0-5°C) ويحرك حتى تمام الانحلال ثم يضاف بالتدريج قطرة قطرة 15ml محلول مائي من نترتيت الصوديوم (0.689gr) عند درجة الحرارة نفسها، حيث يصبح لون المحلول أصفر فاتح دليل على تشكل ملح الديازونيوم. بعد ذلك يترك المزيج عند درجة حرارة التفاعل نفسها مع التحريك لعدم تحرب الملح.

المرحلة الثانية: ازدواج ملح الديازونيوم مع الايميدازول:

يوضع في دورق آخر (0.68gr) من الايميدازول بعد إذابته بـ 10ml إيتانول، ومحلول 3gr من كربونات الصوديوم بأقل كمية ممكنة من الماء حوالي (15ml)، ومحلول 1gr من هيدروكسيد الصوديوم و 5ml من الماء مع التحريك لمدة ربع ساعة،

بعد ذلك يضاف هذا المحلول ببطء قطرة -قطرة إلى ملح الديازونيوم المحضر سابقاً وعند نفس درجة الحرارة المنخفضة حمام ثلجي درجة حرارته ($0-5^{\circ}C$) ليبدأ تفاعل الازدواج، حيث لوحظ تغير اللون من الأصفر إلى البرتقالي الغامق، واستمر التحريك لمدة 4 ساعات عند نفس درجة الحرارة.

يُضاف حمض كلور الماء لتحويل الأساس الفائض إلى ملح صوديومي وعندما يصبح ($PH=6$) يترسب الناتج، ويُفصل بالترشيح، يغسل الراسب بالماء المقطر ومن ثم بالإيثانول، فيتم الحصول على راسب بني محمر وزنه ($1.3gr$) بمردود $59,9\%$ ، ودرجة انصهار ($300^{\circ}C-Dec$) .

3-4- تحضير معقدي النحاس والكوبالت باستخدام المرتبطة (NAI):

يوضع في حوجة كروية سعة ($100ml$) مزودة بقضيب مغناطيسي ومبرد عكوس و حمام مائي ، ($0.0726 gr, 0.001mol$) من المرتبطة المحضرة سابقاً والمنحلة في ($25ml$) من الايتانول المطلق، ويضاف بالتنقيط ($1mmol$) من كلوريد المعدن اللامائي المنحل في ($5ml$) من الايتانول المطلق مع التحريك والتسخين المستمر عند الدرجة ($78^{\circ}C$) لمدة ($5h$) .

وفي نهاية التفاعل تم الحصول على راسب يضاف إليه قطرات من محلول KOH لتعديل pH الوسط بالنسبة على معقد الكوبالت ، يُرشح و يُنقى عن طريق غسله بالايثانول المطلق ويُجفف، ويحدد المردود ودرجة الانصهار.

ويبين الجدول (1) بعض الخواص الفيزيائية للمرتبطة المصنعة ومعداتها.
الجدول (1): الخواص الفيزيائية للمرتبطة (NAI) ومعداتها المعدنية

Comp.	Formulas (MW) g.mol ⁻¹	Color	M.p (°C)	Yield (%)
NAI	(217)	بني محمر	300-Dec	59.9
[Cu (NAI) Cl ₂]	(351.45)	بني	300 <	66.5
[Co (NAI) Cl ₂]	(346.839)	بني داكن	300 <	70.8

3-5- تحضير معقدي النحاس والكوبالت باستخدام الإيميدازول:

يوضع في حوالة كروية سعة (100ml) مزودة بقضيب مغناطيسي ومبرد عكوس و حمام مائي، (0.1361 gr,0.001mol) من الإيميدازول والمنحل بـ (10ml) من الإيتانول، ثم يضاف بالتنقيط (0.001mol) من كلوريد المعدن اللامائي المنحل في (5ml) من الإيتانول مع التحريك والتسخين المستمر عند الدرجة (78°C).
 يعدل pH الوسط لمعدد الكوبالت فقط بإضافة نقاط من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم في الإيتانول، مع الاستمرار بالتسخين والتحريك عند نفس الدرجة لمدة (6h). للحصول على راوسب تُرشح و تُنقى بغسلها الإيتانول وتُجفف.

وبين الجدول (2) بعض الخصائص الفيزيائية لمعقدات الإيميدازول المصنعة.

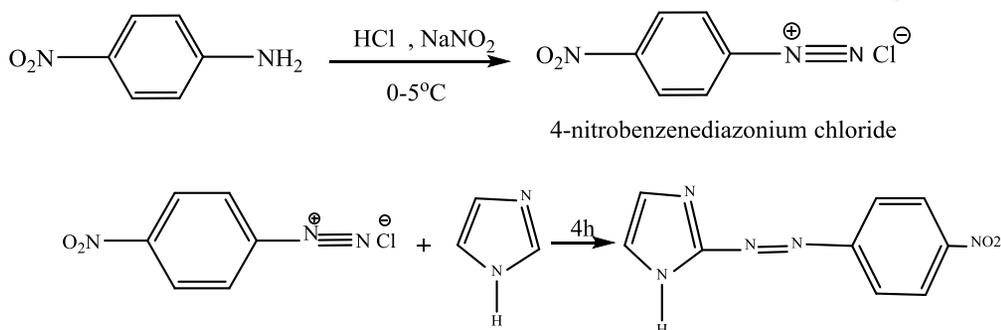
الجدول (2): الخصائص الفيزيائية لمعقدات الإيميدازول

المركب	الوزن الجزيئي g.mol^{-1}	اللون	درجة الانصهار ($^{\circ}\text{C}$)	المردود (%)
$[\text{Cu} (\text{Im})_2 \text{Cl}_2]$	270.54	بني فاتح	224-225	51.8
$[\text{Co} (\text{Im})_2 \text{Cl}_2]$	265.93	أزرق نبلي	150	49.8

4- النتائج والمناقشة:

4-1- دراسة بنية المرتبطة (NAI):

تم اصطناع المرتبطة: 4-Nitrophenyl Azo Imidazole وفق المخطط (2) التالي:

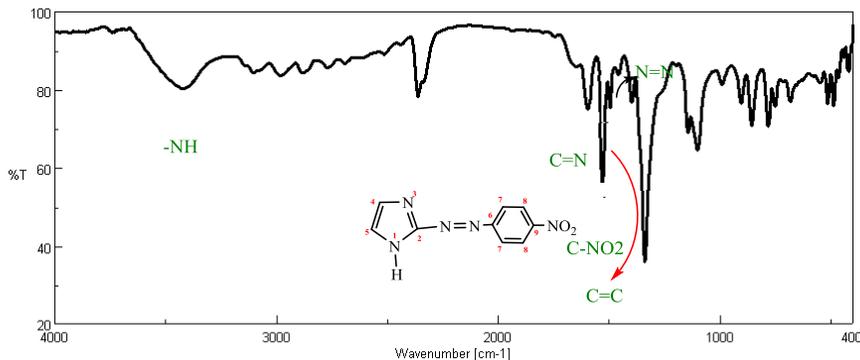


المخطط (2): اصطناع المرتبطة (NAI)

وحددت هوية المرتبطة باستخدام المطيافيات الآتية:

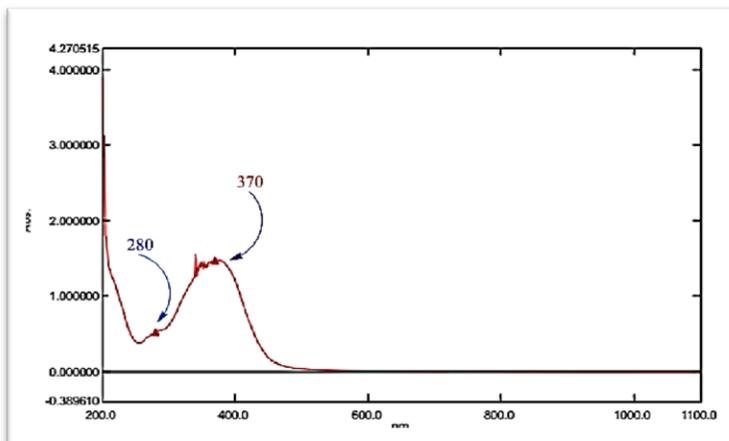
$^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$ و (UV-Vis) و (FT-IR).

حيث أظهر طيف الأشعة ما تحت الحمراء الشكل (2) للمرتبطة وجود عصابات امتصاص رئيسية عند الأعداد الموجية 1457Cm^{-1} عائدة إلى امتصاص مجموعة الأزو ($\text{N}=\text{N}$)، وعند 1598Cm^{-1} عائدة إلى امتصاص مجموعة ($\text{C}=\text{N}$) لحلقة الأيميدازول.



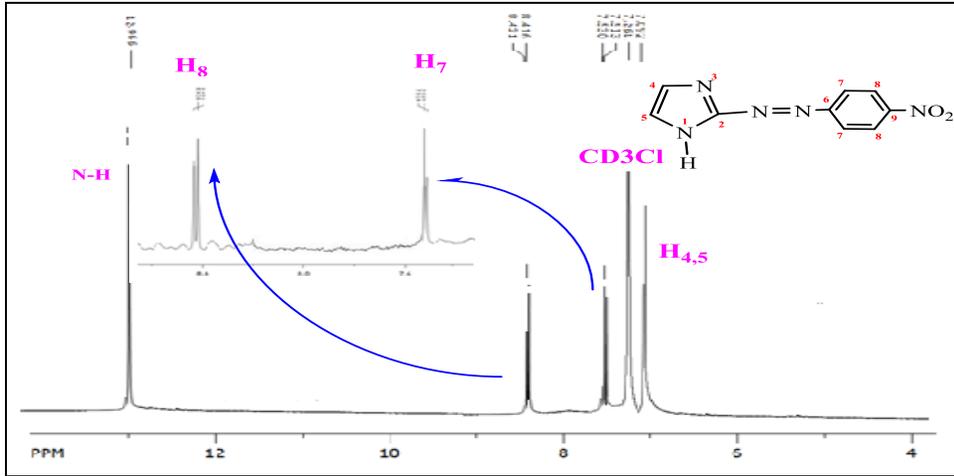
الشكل (2): طيف الأشعة ما تحت الحمراء للمرتبطة (NAI)

ومن خلال قياس مطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Vis) الشكل (3) للمرتبطة (NAI) باستخدام الإيتانول كمذيب وباستخدام خلية ذات عرض (1cm)، وعند درجة حرارة الغرفة، لوحظ وجود حزمتي امتصاص واضحتين، حيث تمثل الحزمة الأولى عند الموقع (280 nm) الانتقال الإلكتروني من نوع ($\pi \rightarrow \pi^*$)، نتيجة لاحتواء المرتبطة على روابط ثنائية (C=C) في حلقتي الأيميدازول والفنيل، أما الحزمة الثانية عند الموقع (370nm) فتمثل الانتقال الإلكتروني من نوع ($n \rightarrow \pi^*$)، نتيجة لوجود أزواج إلكترونية حرة على نتروجين حلقة الأيميدازول C=N ونتروجين مجموعة الأزو .N=N.



الشكل (3): طيف (uv-vis) للمرتبطة NAI

كما سجل طيف الرنين النووي المغناطيسي البروتوني الشكل (4) للمرتبطة (NAI) في الكلوروفورم المديتر (CD_3Cl)، حيث يبين الطيف ظهور اشارتين أحاديتين عند: ($12.92\text{ppm}, \text{S}, 1\text{H}$) تعود لـ (-NH) ، و ($7.12\text{ppm}, \text{S}, 1\text{H}$) للبروتونين المرتبطين بذرتي الكربون (5) و (6) بالإضافة لإنزياحات أخرى موضحة في الجدول (3).



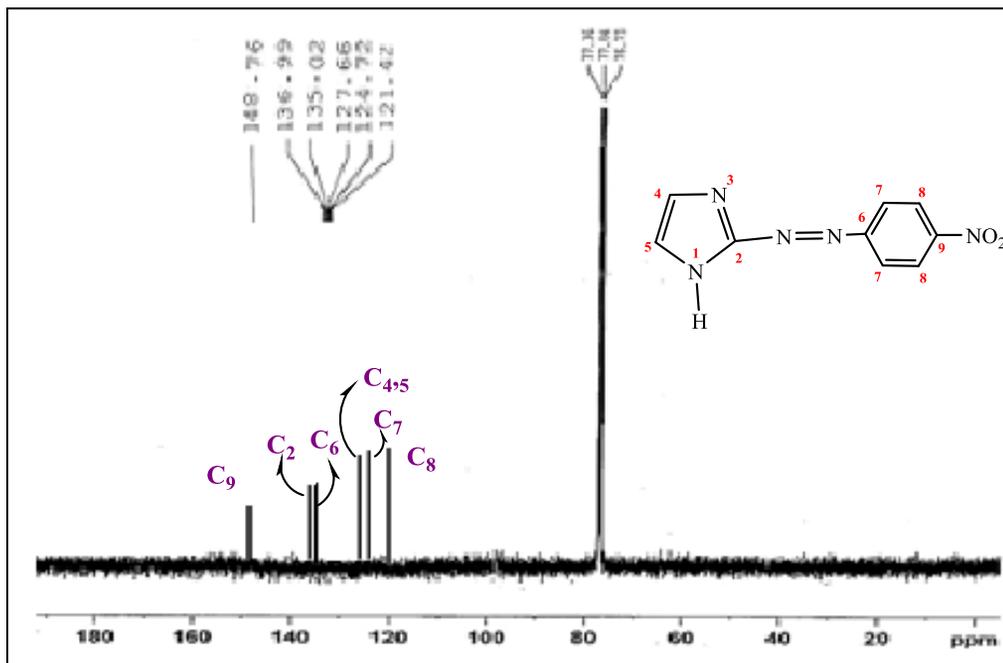
الشكل (4): طيف الرنين النووي المغناطيسي البروتوني $^1\text{H-NMR}$ للمرتبطة (NAI)

الجدول (3): قيم الانزياحات للمرتبطة في طيف الرنين النووي المغناطيسي البروتوني ^1H -

NMR

الإنزياح الكيميائي (δ , ppm)	رقم ذرة الكربون
7.12 (s, 2H)	4,5
7.33 (d, 2H, $j = 6.8\text{Hz}$)	7
8.43 (d, 2H, $j = 7\text{Hz}$)	8
δ 12.92 (s, 1H)	N-H

وفي طيف الـ ^{13}C -NMR الشكل (5) للمرتبطة ظهر امتصاصاً عند 148.76 ppm يعود إلى الكربون رقم (9) المرتبط بزمرة النترو، ويمتص كربون مجموعة الأزو مثنى في حلقة الازيميدازول عند الإنزياح ($\delta_c = 136.99\text{ppm}$) كما تظهر امتصاصات أخرى موضحة في الجدول (4).



الشكل (7): طيف الرنين النووي المغناطيسي الكربوني ^{13}C -NMR للمرتبطة

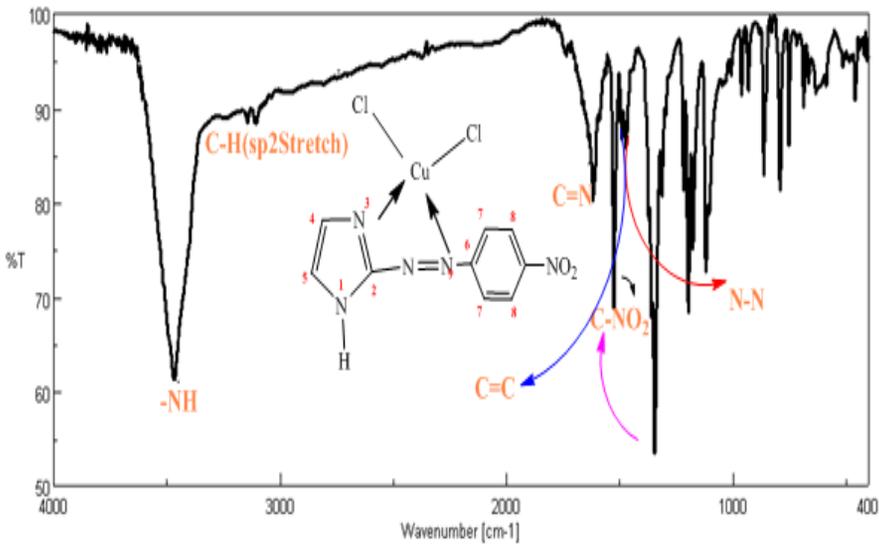
الجدول (4): قيم الانزياحات لطيف الرنين النووي المغناطيسي الكربوني ^{13}C -NMR للمرتبطة

^{13}C -NMR(δ_c ppm)	Number of Carbon
136.99	2
127.66	4,5
135.02	6
124.72	7
121.42	8
148.76	9

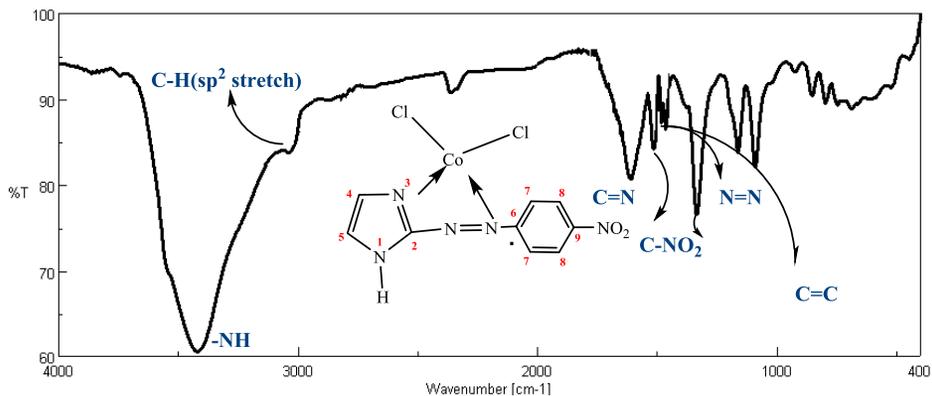
4-2- دراسة بنية المعقدات المحضرة باستخدام المرتبطة (NAI) :

تم الحصول على معقدين من خلال تفاعل المرتبطة مع أملاح المعادن MCl_2 حيث: ($M = Co^{II}, Cu^{II}$)، في الإيثانول مع التحريك المستمر لمدة (5) ساعات عند درجة حرارة غليان المذيب، ودرست بنية المعقدات المحضرة باستخدام مطيافية الأشعة ما تحت الحمراء (FT-IR) الأشكال (6,7)، حيث تبين الأطياف المسجلة للمعقدين ومن خلال مقارنتها مع طيف المرتبطة (NAI)، انزياح عصابات الامتصاص التابعة لامتطاط الرابطة ($C=N$) بحلقة الايميدازول نحو الأعداد الموجية الأعلى من 1598Cm^{-1} في المرتبطة إلى

($1629-1617\text{Cm}^{-1}$) في معقدي النحاس والكوبالت، إضافةً إلى انزياح عصابة الامتصاص التابعة لامتطاط مجموعة الأزو ($N=N$) نحو الأعداد الموجية الأعلى من 1456Cm^{-1} في المرتبطة إلى ($1464,1473\text{Cm}^{-1}$) في معقدي النحاس والكوبالت على التوالي وهذا يتوافق مع الدراسات المرجعية [11-12]، مما يدل على حدوث التساند في هذه المواقع، أي يمكن القول بأنّ تساند الشاردة المعدنية (M^{+2}) مع المرتبطة (NAI) يتمّ من خلال ذرة نتروجين مجموعة الأزوميثين ($C=N$) وذرة نتروجين مجموعة الأزو ($N=N$) بالإضافة لإنزياحات أخرى موضحة في الجدول (5).



الشكل (6): طيف الأشعة تحت الحمراء للمعقد $[Cu(NAI)Cl_2]$



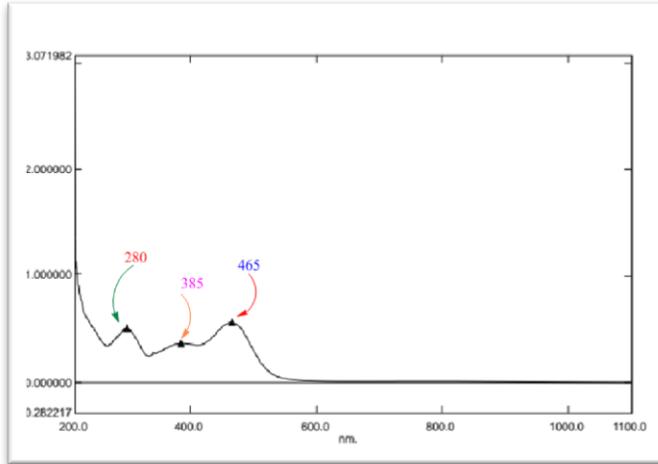
الشكل (7): طيف الأشعة تحت الحمراء للمعقد $[\text{Co}(\text{NAI})\text{Cl}_2]$

الجدول (5): قيم عصابات الامتصاص في طيف (FT-IR) للمرتبطة (NAI) ومعقدتها

Compounds	العدد الموجي (cm^{-1})						
	ν (-NH)	ν (C-H(Sp^2))	ν (C=N)	ν (N=N)	ν (C=C)	ν (C- NO_2)	ν (M-N)
NAI	3420	3103	1598	1456	1498	1520-1338	-
$[\text{Cu}(\text{NAI})\text{Cl}_2]$	3413	3101	1617	1473	1490	1523-1342	459
$[\text{Co}(\text{NAI})\text{Cl}_2]$	3421	3103	1620	1464	1492	1517-1334	454

وتظهر الأشكال (8) و (9) أطيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية للمعقدتين المحضرتين، حيث لوحظ وجود ثلاث قمم، الأولى تقع عند (280-281 nm) عائدة إلى الانتقالات الالكترونية من نوع ($\pi \rightarrow \pi^*$)، في حين أنّ العصابة الثانية التي تظهر عند (376-385nm) تعود إلى الانتقالات الالكترونية للمعقدي النحاس والكوبالت من نوع ($n \rightarrow \pi^*$) وقد انزاحت نحو الأطوال الموجية الأعلى مقارنة مما هو عليه في حالة المرتبطة الحرة (NAI)، و ذلك نتيجة التساند مع الشاردة المعدنية، أما العصابة

الثالثة والتي تظهر عند (420-465nm) في المعقدين تعود لانتقالات الشحنة
L → M

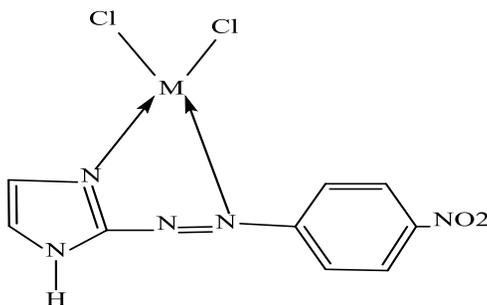


الشكل (8): طيف (UV-Vis) للمعقد $[Cu (NAI) Cl_2]$



الشكل (9): طيف (UV-Vis) للمعقد $[Co (NAI) Cl_2]$

نتيجة لما تقدم أعلاه، واعتماداً على الدراسة الطيفية السابقة للمعقدات المحضرة، نقترح لها الصيغة الجزيئية العامة $[M(NAI) Cl_2]$ ، وهذه المعقدات مستقرة وثابتة في الهواء الجوي و رباعية التساند.



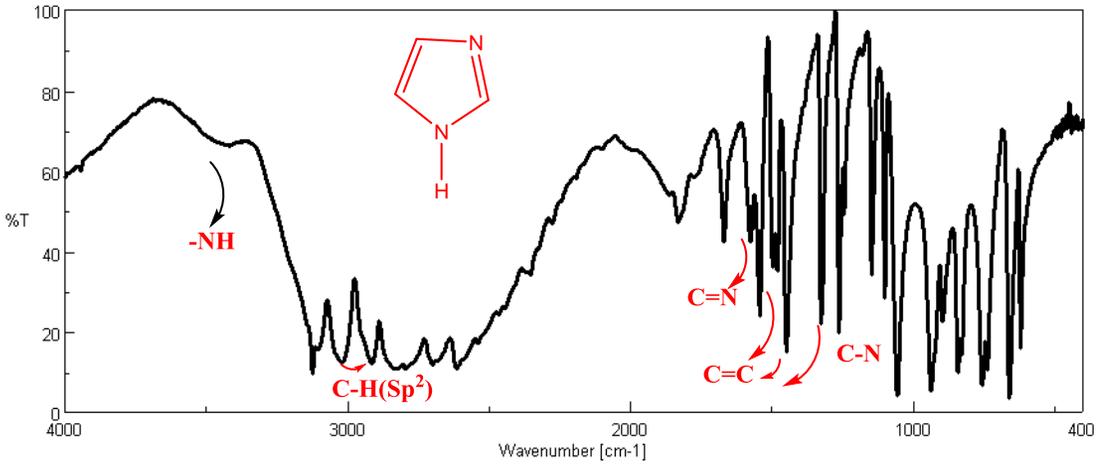
الصيغة التركيبية المقترحة للمعقدات المحضرة باستخدام المرتبطة (NAI)

4-3- دراسة بنية المعقدات المحضرة باستخدام الإيميدازول:

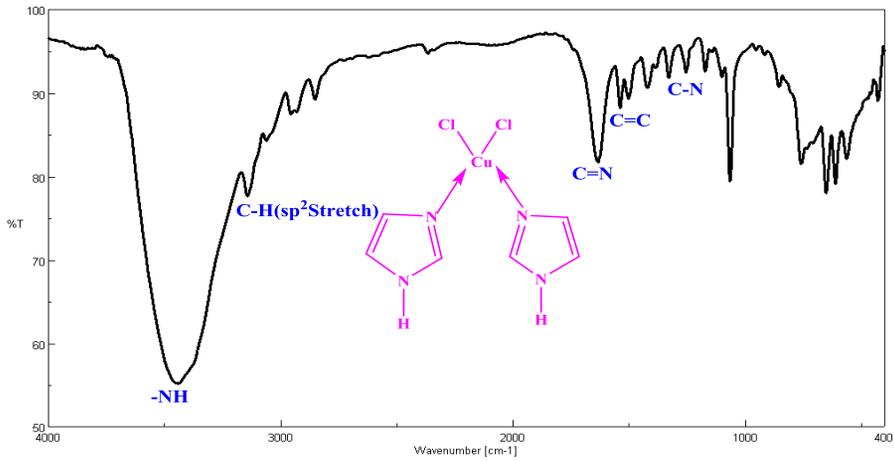
تم الحصول على معقدين من خلال تفاعل الإيميدازول مع أملاح المعادن MCl_2 حيث:

($M = Co^{II}, Cu^{II}$)، في الإيثانول مع التحريك المستمر لمدة (5) ساعات عند درجة حرارة غليان المذيب، ودرست بنية المعقدات المحضرة باستخدام مطيافية الأشعة ما تحت الحمراء (FT-IR) الأشكال (10,11)، حيث تبين الأطياف المسجلة للمعقدين ومن خلال مقارنتها مع طيف لإيميدازول، انزياح عصابات الامتصاص التابعة لامتطاط الرابطة (C=N) بحلقة الايميدازول نحو الأعداد الموجية الأعلى من $1576cm^{-1}$ في الايميدازول إلى

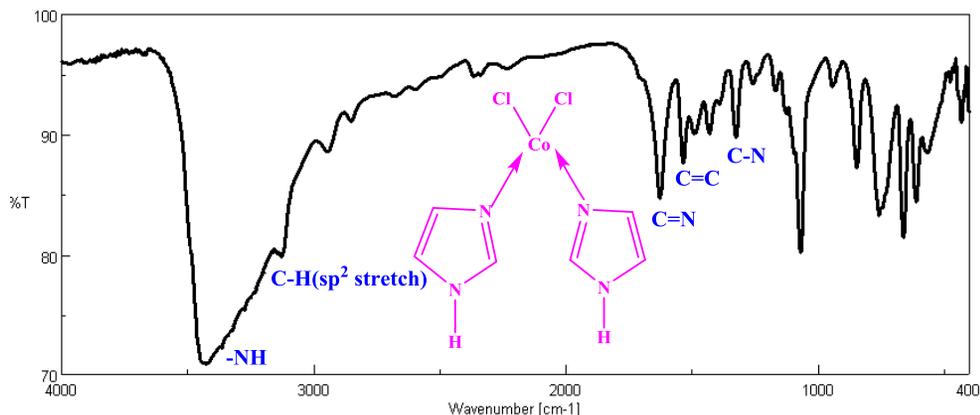
($1628-1633cm^{-1}$) في معقدي النحاس والكوبالت، هذا دليل على حدوث التعقيد على ذرة نيتروجين مجموعة الأزو ميثين وظهور عصابات أخرى موضحة في الجدول(6).



الشكل(1-1-IV): طيف الأشعة ما تحت الحمراء للإيميدازول.



الشكل(10): طيف الأشعة ما تحت الحمراء [Cu(Im)₂ Cl₂]



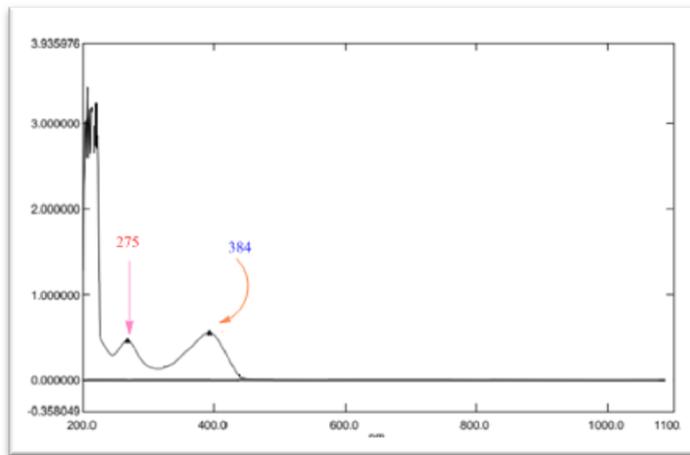
الشكل (11): طيف الأشعة ما تحت الحمراء $[\text{Co}(\text{Im})_2 \text{Cl}_2]$

الجدول (6): قيم عصابات الامتصاص في طيف (FT-IR) للإيميدازول ومعقداته المعدنية.

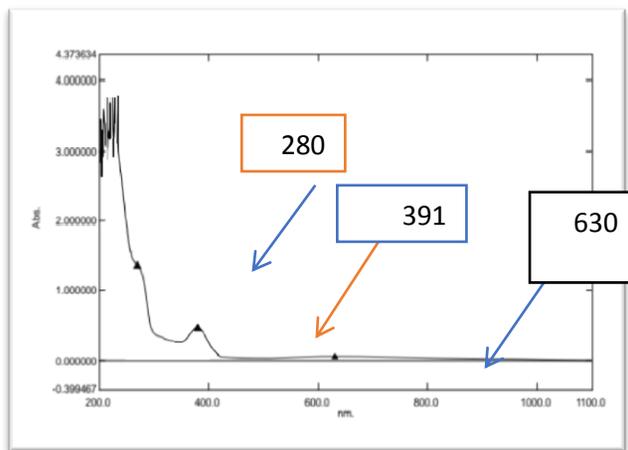
Compounds	$\nu(\text{NH})$	$\nu(\text{CH}-(\text{Sp}^2\text{Stretch}))$	$\nu(\text{C}=\text{N})$	$\nu(\text{C}=\text{C})$	$\nu(\text{C}-\text{N})$
Im	3425	3023	1576	1542-1448	1262
$[\text{Cu}(\text{Im})_2 \text{Cl}_2]$	3442	3141	1633	1539-1502	1255
$[\text{Co}(\text{Im})_2 \text{Cl}_2]$	3449	3127	1628	1534-1491	1257

ومن خلال قياس مطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Vis) الأشكال (12, 13, 14) للإيميدازول ومعقداته باستخدام الإيثانول كمذيب وباستخدام خلية ذات عرض (1cm)، وعند درجة حرارة الغرفة، ظهر في الطيف قمتين، حيث تمثل القمة الأولى عند الموقع (275 nm) في الإيميدازول وعند (280-293 nm) لمعقدي الكوبالت والنحاس، تعود الانتقال الإلكتروني من نوع ($\pi \rightarrow \pi^*$) نتيجة لاحتواء الإيميدازول ومعقداته على روابط ثنائية مثل مجموعة (C=C)، أما حزمة الامتصاص

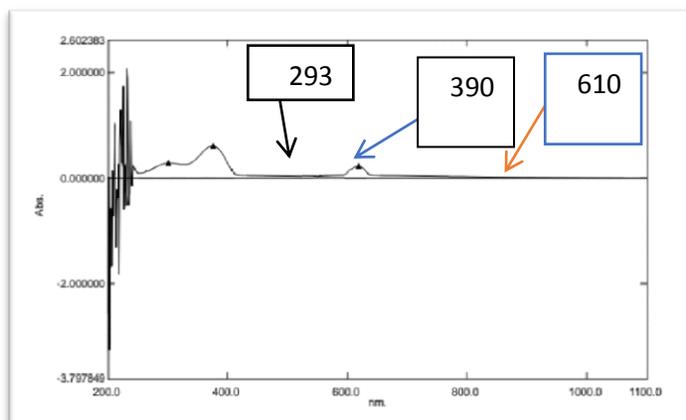
الثانية عند الموقع (384 nm) في الإيميدازول وعند (291-290 nm) لمعدي الكوبالت والنحاس، تمثل الانتقال الإلكتروني من نوع ($n \rightarrow \pi^*$) نتيجة لوجود أزواج إلكترونية حرة على نتروجين حلقة الأيميدازول .
 أما الحزمة الثالثة والتي تظهر عند (630-610 nm) في معدي الكوبالت والنحاس تعود لانتقالات d-d .



الشكل (1): طيف (UV-Vis) للأيميدازول



الشكل (12): طيف (UV-Vis) للأيميدازول مع معدن النحاس



الشكل (13): طيف (UV-Vis) للإيميدازول مع معدن الكوبالت

5 - الاستنتاجات والمقترحات:

- 1) تم اصطناع مرتبطة بارا نترو فنيل أزو إيميدازول.
- 2) تم اصطناع معقدات للإيميدازول والمرتبطة المصنعة مع أيونات النحاس الثنائي والكوبالت الثنائي.
- 3) حددت هوية كل من المرتبطة والمعقدات المحضرة من خلال مطيافية الأشعة ماتحت الحمراء (FT-IR) ومطيافية الأشعة فوق البنفسجية (UV-Vis) ومطيافية الطنين النووي المغناطيسي البروتوني والكربوني، حيث أظهرت نتائج الدراسة توافقها مع الصيغ المقترحة للمعقدات المحضرة.
- 4) نقترح اصطناع مشتقات أزو اخرى للإيميدازول وتعقيدها مع أيونات المعادن الانتقالية.
- 5) كما نقترح دراسة تطبيقات المعقدات المحضرة كالفعالية البيولوجية.

6- المراجع

- [1]. Kavitha S, Kannan K, Gnanavel S. Synthesis, characterization and biological evaluation of novel 2, 5 substituted-1, 3, 4 oxadiazole derivatives. Saudi Pharmaceutical Journal. 2017 Mar 1;25(3):337-45.
- [2]. Bhatnagar, A., Sharma, P. K., & Kumar, N. (2011). A review on "Imidazoles": Their chemistry and pharmacological potentials. Int J PharmTech Res, 3(1), 268-282.
- [3]. Narasimhan, B., Sharma, D., & Kumar, P. (2011). Biological importance of imidazole nucleus in the new millennium. Medicinal Chemistry Research, 20(8), 1119-1140.
- [4]. Hussein, A. S. (2012). Synthesis And Spectrophotometer Study 2- [(2-Sulfoheny) Azo]-4, 5-Diphenylimidazole With Some Transition Metal Complexes. Kufa Journal for Chemistry, (6).
- [5]. Pratihari, P., Mondal, T. K., Raghavaiah, P., & Sinha, C. (2010). The C–N coupling reaction of pendant naphthyl group of palladium (II) complexes of 1-alkyl-2-(naphthyl-β-azo) imidazoles. Structural characterization, spectral and redox properties, and correlation with DFT computed data. Inorganica Chimica Acta, 363(5), 831-840.
- [6].] Molina, P., Tárraga, A., & Otón, F. (2012). Imidazole derivatives: A comprehensive survey of their recognition properties. Organic & Biomolecular Chemistry, 10(9), 1711-1724.
- [7]. Verma, A., Joshi, S., & Singh, D. (2013). Imidazole: having versatile biological activities. Journal of Chemistry, 2013.
- [8]. SV Satyanarayana, V., Sivakumar, A., & Ranjan Ghosh, A. (2011). Synthesis, characterization of some new five membered heterocycles based on imidazole moiety and their applications on therapeutics. Letters in Drug Design & Discovery, 8(3), 276-283.

- [9]. Victor, E., Kim, S., & Lippard, S. J. (2014). Synthesis of bis (imidazole) metal complexes and their use in rapid NO detection and quantification devices. *Inorganic Chemistry*, 53(24), 12809-12821.
- [10]. Kadhium, A. J., & Abdulrasool, R. N. (2022). Synthesis and Characterization Some Transition Metal Complexes of New Ligand Chalcone-Azo Derivatives from P-methoxy-4, 5-diphenyl Imidazole and Study Biological Effect of Pd (II) Complex. *NeuroQuantology*, 20(3), 173-181.
- [11]. Ali, I. R., & Jawad, S. K. (2013). Synthesis and Spectral Studies of Co (II), Ni (II), Zn (II) and Cd (II) Complexes with Ligand 2-[4-Carboxy methyl phenyl azo]-4, 5-diphenyl imidazole (4CMeI). *Baghdad Science Journal*, 10, 2.
- [12]. Ikram, M., Rehman, S., & Faiz, A. (2010). Synthesis, characterization and antimicrobial studies of transition metal complexes of imidazole derivative. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 24(2).