

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 1

1443 هـ - 2022 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. ناصر سعد الدين
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث:

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة		
28-11	ايناس يوسف وردة خليل عبد الهادي دله	اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري من حمض كربوكسيلي ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)
58- 29	منال عامر العلوان العبد الحافظ أ.د. فاطمة سروجي أ. د. عدنان ميني	تحليل طاقة أمواج روسبي الناتجة عن أمواج الجذب العطالية في أعلى طبقة التروبوسفير
78-59	بيان الكيلاني د. محمد مضر الخضر د. ثناء شريتح	اصطناع وتوصيف مشتق حلقي لـ ثنائي 4-نترو فينيل رباعي هيدرازون ومعقداته المعدنية مع بعض العناصر الانتقالية، $[Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]$
104-79	أ. د. منتجب الحسن رامح رجب ديب	مبدأ انحفاظ الطاقة الكلية للجسم (L-S) بلغة $\{u, \mathcal{P}\}$ وبلغة $\{S, q\}$ ، بالشكل التنسوري الصامد
126-105	بتول علواني د. وردة خليل	اصطناع وتوصيف المشتق الجديد: نترو فنيل أزومتين ميتوكسي الفينول باستخدام حفاز الامبرلست A-21 الصديق للبيئة

اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري لثنائي ايتيل بيريدين 6.2-ثنائي كربوكسيل ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)

ايناس يوسف*، وردة خليل**، عبد الهادي دله***

الملخص

تم في هذا البحث تحضير مشتق إستيري لثنائي ايتيل بيريدين 6.2-ثنائي كربوكسيلات (المرتبطة E) بمردود (71%) باستخدام تفاعل الأسترة المباشرة بين الايتانول وحمض بيريدين 6.2-ثنائي الكربوكسيل. استخدمت المرتبطة (E) لاصطناع معقدين لكل من الكوبالت (Co(II) بمردود 57% وللنحاس (Cu(II) بمردود 53%. تمت تنقية المركبات المحضرة بالبلورة، وحددت بنية المركبات المصنعة باستخدام الطرائق الطيفية المناسبة FT-IR, ¹HNMR, UV-Vis

الكلمات المفتاحية: حمض بيريدين 6.2-ثنائي الكربوكسيل، الأسترة المباشرة، مرتبطات متعددة السن، معقدات الكوبالت، معقدات النحاس.

* طالبة دكتوراه: قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا

** أستاذ مساعد- الكيمياء العضوية: قسم الكيمياء - كلية العلوم-جامعة البعث- حمص- سوريا

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

Synthesis and characterization of the esteric derivative of dicarboxylic acid and preparation of its complexes with Co(II) and Cu(II)

E. Yousef*, W.Khalil**, A.Dalla***

Abstract

In this paper an esteric derivative of 2,6-diethyl dicarboxylate pyridine (E) have been synthesized with yield 71% by using direct esterification between pyridine-2,6- dicarboxylic acid and ethanol. Two complexes of Co(II) and Cu(II) from compound (E) have been synthesized with yield 57% for Co complex and 53% for Cu. The prepared compounds were purified by crystallization. The molecular structures have determinate by available spectroscopy methods FT-IR, ¹HNMR, UV-Vis.

Keywords: *pyridine-2,6-dicarboxylic acid, esterification reaction, multi-donated Ligands, Co(II), Cu(II) complexes.*

*) PhD student: Department of chemistry-Faculty of Science-Al-Baath university, Syria

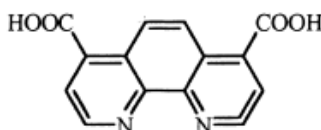
***) Assistant Prof Organic chemistry: Department of chemistry-Faculty of Science-Al-Baath University, Syria

****) Assistant Prof Inorganic chemistry: Department of chemistry-Faculty of Science-Al-Baath University, Syria

I- مقدمة:

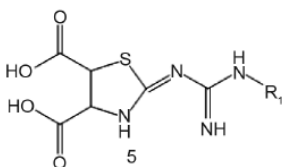
تشكل الحموض الكربوكسيلية ومشتقاتها صنفاً واسعاً من المركبات الكيميائية الهامة وخاصة ثنائية الوظيفة منها وذلك بسبب استعمالها المتعددة. فقد أصبحت المركبات ومشتقاتها محط اهتمام العلماء على مدى سنوات عديدة وذلك لقدرتها على تشكيل معقدات معدنية ثابتة مع معظم المعادن الانتقالية إضافة إلى تطبيقاتها الحيوية الواسعة [1].

استخدمت الحموض الكربوكسيلية للحلقات المتكاثفة المتغايرة مثل المركب (1) في تحضير مرتببات عضوية لاصطناع معقدات تملك تطبيقات واسعة في مجالات عديدة [2]



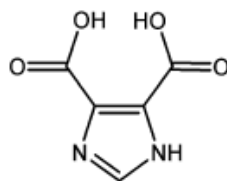
المركب (1)

تبدي مشتقات الحموض الكربوكسيلية ثنائية الوظيفة خصائص مضادة للبكتيريا والفطريات وذلك فهي مركبات انطلاق هامة لتحضير معقدات معدنية ذات أهمية تطبيقية [3].



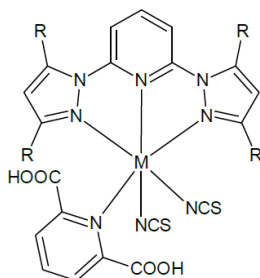
المركب (2)

واستخدمت كذلك المركبات الحلقية المتغايرة ثنائية الكربوكسيل في تحضير مركبات ذات أهمية دوائية مثل المركب (3) الذي استخدم في تحضير مركبات ذات خصائص مضادة لمرض السل [4].



المركب(3)

استخدمت مشتقات الحموض الكربوكسيلية كمرتبطات لتحضير معقدات هامة ذات خصائص متنوعة مثل صناعة السبائك[5] كما استخدمت المعقدات العضوية المعدنية (مرتبطة وأيون معدني) في تشخيص الأمراض[6] وفي معالجة الأورام السرطانية[7]. كما تلعب معقدات الحموض الكربوكسيلية ثنائية الوظيفة دوراً في التفاعلات التي تحتاج إلى وساطة حيث تم تحضير المعقد المبين في الشكل أدناه(المركب4) والذي استخدم كحفّاز في إحدى التفاعلات الكيميائية[8].



المركب(4)

انطلاقاً مما سبق ولأهمية هذه المعقدات تم اختيار اصطناع معقدات للكوبالت والنحاس انطلاقاً من مشتقات الحموض الكربوكسيلية ثنائية الوظيفة.

II- هدف البحث: اصطناع وتوصيف مرتبطة عضوية وبعض معقداتها مع معادن الكوبالت والنحاس وتوصيفها بالطرائق الطيفية المناسبة.

III- المواد وطرائق البحث:

III-1- الأجهزة والأدوات المستخدمة:

قيست درجات الانصهار لجميع المركبات التي تم الحصول عليها بطريقة الأنبوب الشعري على جهاز Melting Point، وسُجّلت أطياف FT-IR باستخدام مطياف تحت الأحمر (FT/IR-spectrum-4100)، بينما سُجّلت أطياف $^1\text{H-NMR}$ للمركبات على

جهاز الطنين النووي المغناطيسي نموذج Bruker 400MHz، وسُجلت أطياف الامتصاص الجزيئي للمركبات على جهاز الامتصاص الجزيئي (UV-Vis Spectrophotometer) إنتاج شركة HITACHI موديل U-1900. جميع المواد المستخدمة في هذه الدراسة من شركتي MERCK و BDH .

III-2- القسّم العملي:

III-2-1- تحضير المرتبطة ثنائي ايتيل بيريدين 6.2-ثنائي كربوكسيلات (E):

2,6-diethyl dicarboxylate pyridine (E)

تجهز حوجلة مصنفة سعة 50ml مجهزة بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس في حمام زيتي ويوضع فيها (1.67gr, 0.01mol) من حمض بيريدين 6,2-ثنائي كربوكسيل مع (0.11gr) من الأمبرلست 15 و 15ml ايتانول (نسبة مولية 2:1، ايتانول:حمض) ثم يتم غلي المزيج لمدة 6 ساعات عند درجة الحرارة (78.3°C) ، يبرد المزيج إلى درجة حرارة الغرفة ثم يُستخلص الإستر الثنائي ويُبخّر المذيب لينتشر راسب أبيض ويجفف الناتج، بلغ المرودود (71%) (1.56gr, 0.007mol) ودرجة انصهاره (45-47°C) .

III-2-2- اصطناع المعقدات المعدنية للمرتبطة (E):

1-اصطناع معقد الكوبالت مع المرتبطة (E):

تجهز حوجلة مصنفة ذات فتحتين سعة 50ml مجهزة بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس وقمع تنقيط في حمام زيتي ، ويوضع فيها 10ml ايتانول (95%) و (0.223gr) 1mmol من المرتبطة المصطنعة في المرحلة السابقة مع (0.080 gr, 2mmol) هيدروكسيد الصوديوم وتغلى لمدة نصف ساعة، حضر محلول كلوريد الكوبالت (II) المائية بإضافة (0.238gr, 1mmol) من كلوريد الكوبالت (II) المائية $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ في (10ml) ايتانول في أرلينة سعة 10ml حيث يتم إضافته بالتنقيط إلى المزيج السابق ولمدة ساعة مع التحريك والتسخين المستمر عند درجة الحرارة (78.3°C)، ويستمر تحريك مزيج التفاعل لمدة 8 ساعات إضافية بعد الانتهاء من الإضافة مع المحافظة على درجة الحرارة السابقة، بعد ذلك يتم إيقاف التسخين ويبرد مزيج التفاعل لدرجة حرارة الغرفة، ويرشح الناتج لفصل الراسب البني. نقي الراسب بغسله بالماء المقطر ويجفف

اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري من حمض كربوكسيلي ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)

النتائج. فكان المرودود (57%) (0.21gr, 0.57mmol)، ودرجة انصهاره (280-282°C).

2- اصطناع معقد النحاس مع المرتبطة (E):

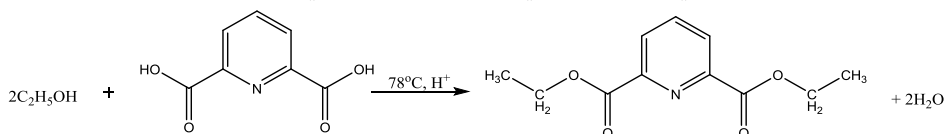
لتحضير المعقد المعدني لمعدن النحاس فقد تم استخدام كلوريد النحاس (II) المائية $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ بإضافة (1mmol, 0.085gr) منه وبنفس الطريقة السابقة حيث تم الحصول على راسب ذو لون رمادي وبمرودود (53%) (0.17gr, 0.53mmol) ودرجة انصهار (310-312°C).

IV – النتائج والمناقشة:

أولاً: تحضير المرتبطة (E) ومعقداتها العضوية المعدنية لأملح Cu(II) و Co(II) :

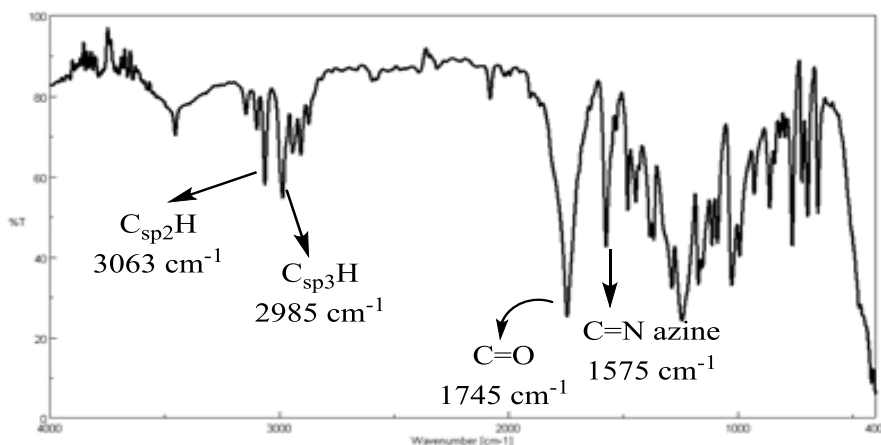
المرحلة الأولى: تحضير المرتبطة ثنائي إيثيل بيريدين 6.2-ثنائي كربوكسيلات (المرتبطة (E) :

تم تحضير المرتبطة ثنائي إيثيل بيريدين 6.2-ثنائي كربوكسيلات (المرتبطة (E) وفق تفاعل الأسترة المباشرة في وسط حمضي وفق المخطط الآتي: [9]



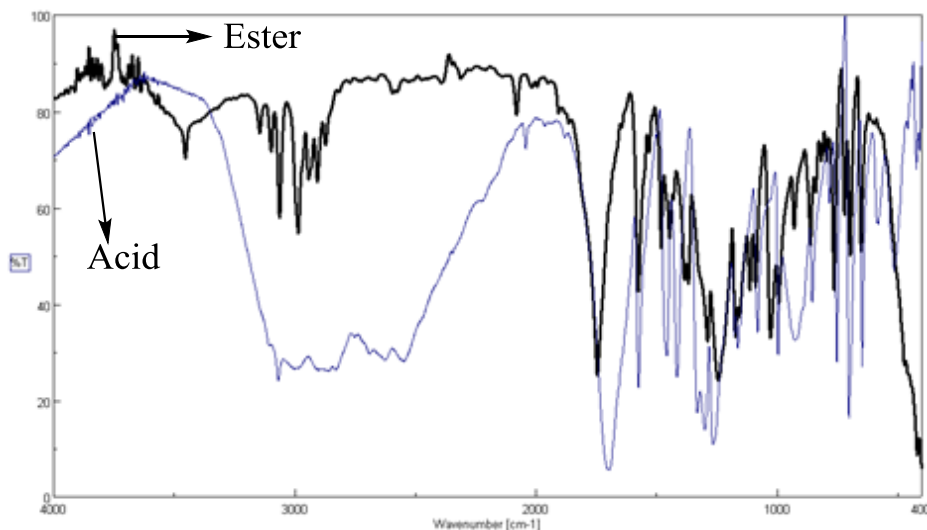
المخطط-1: تحضير المرتبطة E

تم إثبات بنية الناتج من خلال معطيات أجهزة التحليل المطيافيات FT-IR, $^1\text{H-NMR}$ إذ أشارت معطيات طيف FT-IR إلى تشكل المركب المطلوب من خلال ظهور عصابة امتصاص عند التواتر $\nu = 1745 \text{ cm}^{-1}$ والعائدة لامتطاط الرابطة (C=O)، وعصابة امتصاص عند $\nu = 1242 \text{ cm}^{-1}$ والعائدة لامتطاط الرابطة (C-O) (الشكل-1).



الشكل-1 طيف FT-IR في المرتبطة E

وللتأكد من تشكل المركب تمت مقارنة طيفي المركب المصنع مع الحمض الكربوكسيلي بإجراء تراكب للطيفين. يلاحظ وجود اختلاف بين مركب البدء والمركب الناتج حيث يظهر بوضوح اختفاء امتصاص الزمرة COOH.

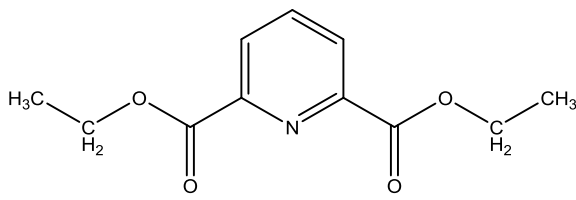


الشكل-2 طيف التراكب لكل من الحمض الكربوكسيلي والايستر الناتج

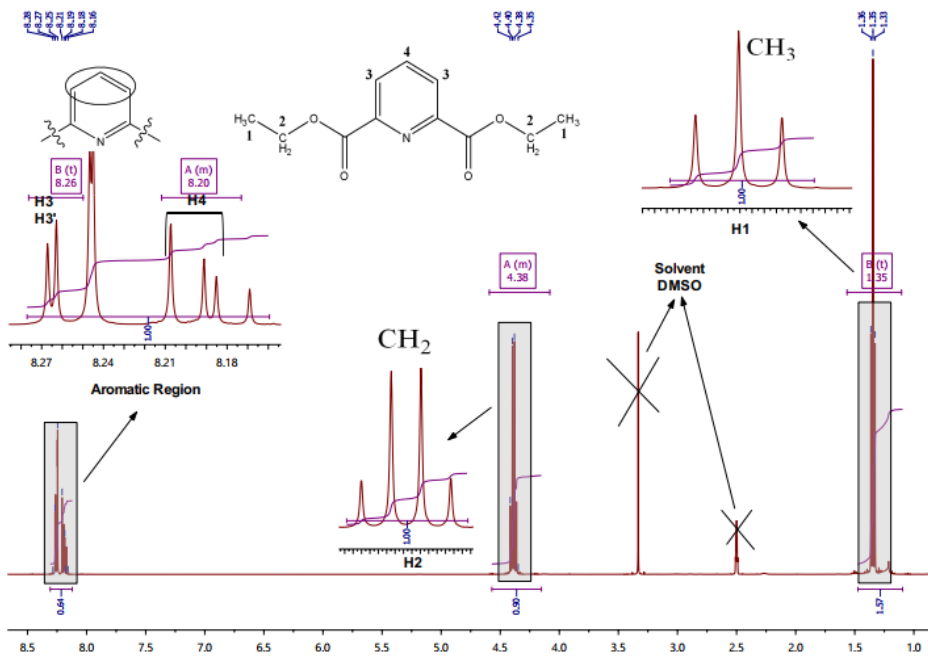
اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري من حمض كربوكسيلي ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)

يظهر في الطيف امتطاط لكل من الروابط الإيترية والعطرية. ونبين أهم الامتصاصات في هذا الطيف في الجدول التالي:

الجدول-1 أهم امتصاصات طيف الأشعة ماتحت الحمراء للمرتبطة E

			
C _{sp3} -H	C=O	C-O	الزمرة الوظيفية
2985	1745	1242	الامتطاط الموافق cm ⁻¹

وهذا ما أكدته معطيات طيف الطنين النووي المغناطيسي إذ أظهر طيف الطنين النووي البروتوني (¹H-NMR) ثلاث مجموعات بروتونية تعود إلى 13بروتون، الأولى تظهر عند الانزياح الكيميائي (1.33ppm) وهي إشارة ثلاثية والثانية عند(4.42ppm) وهاتين الاشارتين تعبران عن البروتونات الأليفاتية في المركب المحضر، كما نلاحظ مجموعة القمم الظاهرة في المجال [8.08-8.31] والتي تعود لبروتونات الحلقة العطرية في المرتبطة.



الشكل-3 طيف $^1\text{H-NMR}$ للمرتبطة E في مذيب DMSO المديتر

ويُوضح الجدول-2 قيم انزياحات قمم البروتونات في الطيف.

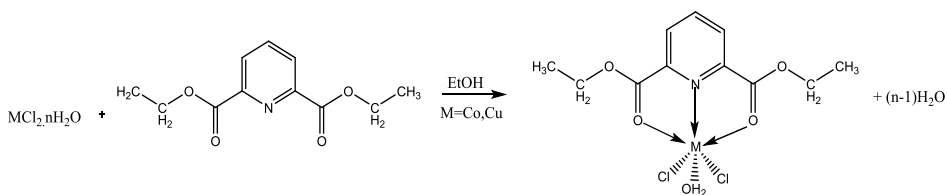
اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري من حمض كربوكسيلي ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)

الجدول-2 أهم الانزياحات الكيميائية δ_H للمركب E

نوع ذرة الهيدروجين	الانزياح الكيميائي	No
أليفاتية	1.35 (t, J = 1.35, 3H)	1,`1
أليفاتية	4.46 – 4.30 (q, J=4.38, 2H)	2,`2
عطرية	8.31 – 8.08 (m, 3H)	3,`3,4

المرحلة الثانية: اصطناع المعقدات المعدنية للمرتبطة (E) بنسبة مولية (1:1) (معدن: مرتبطة):

تم تشكيل المعقدات المعدنية للمرتبطة (E) بتساندها مع كل من أيوني الكوبالت والنحاس باستخدام كلوريدات المعدن المائية وبنسبة مولية (1:1) (معدن: مرتبطة) وفق التفاعل الآتي:



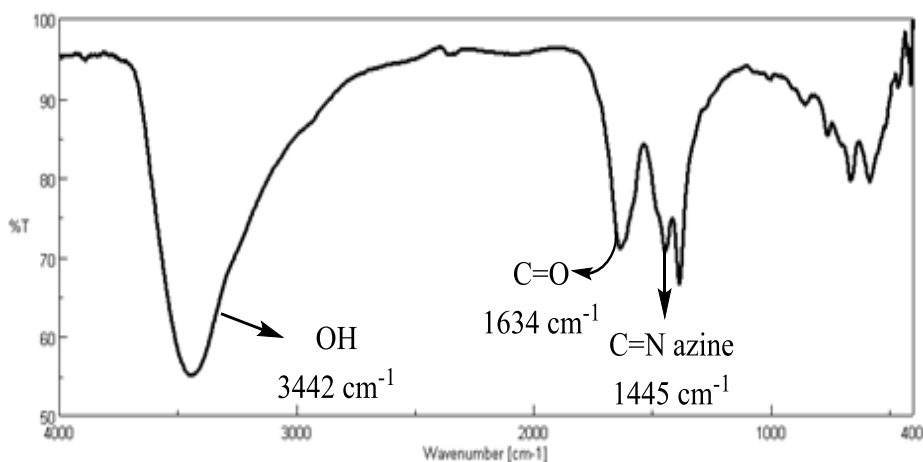
المخطط-2: تشكيل معقدات المرتبطة E مع معدني الكوبالت والنحاس

تشير معطيات جهاز FT-IR لمعدد الكوبالت إلى أن عصابة الامتصاص العائدة لامتطاط الرابطة C=O قد انزاحت من $\nu=1745\text{cm}^{-1}$ في المرتبطة الحرة إلى عصابة امتصاص في المعدد عند $\nu=1634\text{cm}^{-1}$ وهذا يشير إلى أن مجموعة الكربونيل قد

شاركت في تشكيل رابطة مع الأيون المعدني وانزياح عصابة الامتصاص العائدة لمجموعة $(C=N)_{azine}$ من $\nu=1575\text{cm}^{-1}$ في المرتبطة (E) إلى $\nu=1445\text{cm}^{-1}$ مما يدل على تساند المرتبطة بالمعدن عن طريق ذرة النتروجين العائدة لزمرة $(C=N)_{azine}$.

أما بالنسبة لمعقد النحاس فقد ظهرت انزياحات متماثلة حيث انزاحت عصابة الامتصاص العائدة لامتطاط الرابطة $C=O$ إلى $\nu=1625\text{cm}^{-1}$ كما انزاحت عصابة الامتصاص العائدة لمجموعة $(C=N)_{azine}$ إلى $\nu=1450\text{cm}^{-1}$.

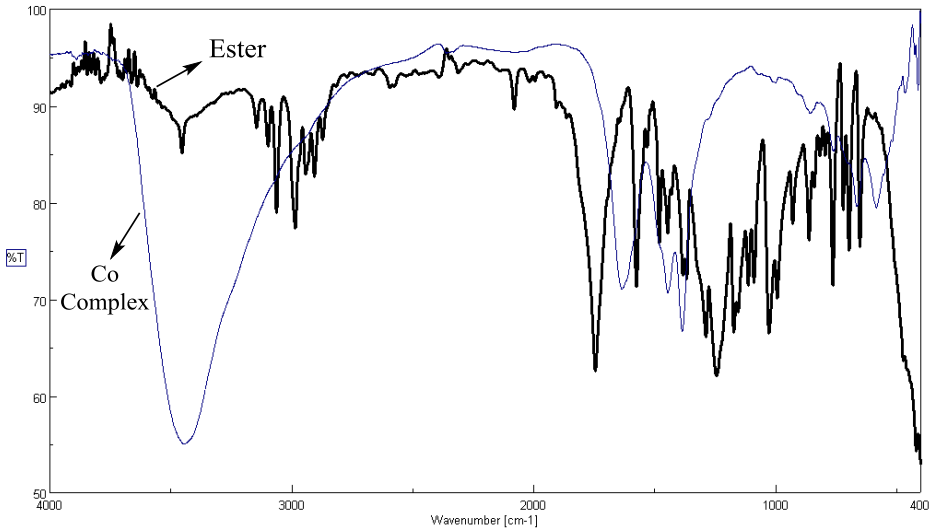
ويبين الشكل-3 والشكل-4 طيف FT-IR لكل من معقد الكوبالت والنحاس مع المرتبطة (E).



الشكل-4 طيف FT-IR لمعقد الكوبالت

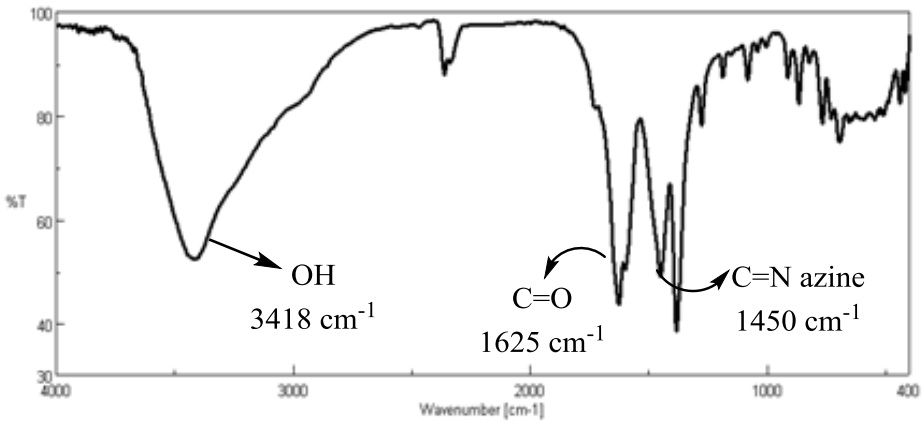
والشكل التالي يوضح طيف التراكب لكل من المرتبطة ومعقد الكوبالت، حيث يوضح طيف التراكب انزياح واضح للزمرة الكربونيلية بمقدار حوالي 110cm^{-1} وهذا دلالة على تشكل المعقد المطلوب.

اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري من حمض كربوكسيلي ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)



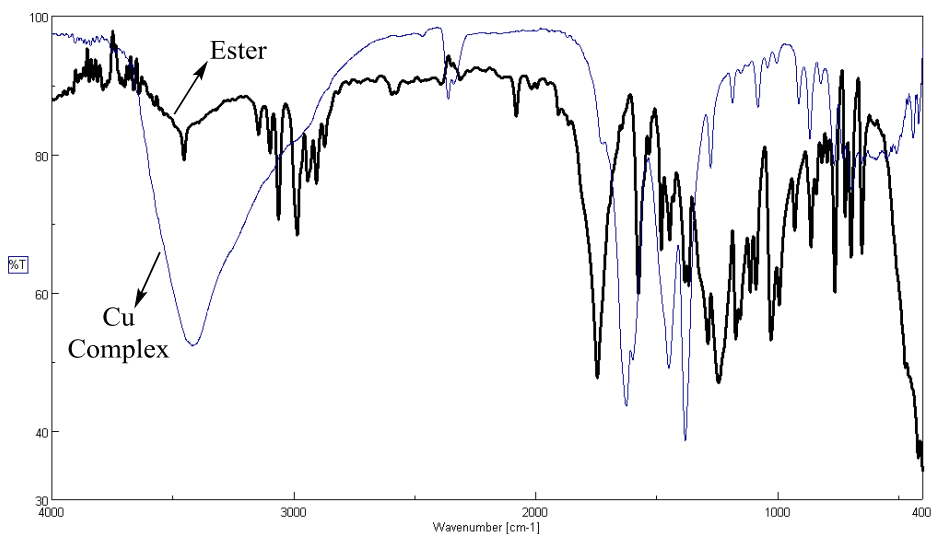
الشكل-5 طيف التراكب لكل من الاستر ومعقد Co الناتج

كما يوضح الشكل التالي طيف الاشعة ما تحت الحمراء لمعقد النحاس مع أهم الزمر المميزة.



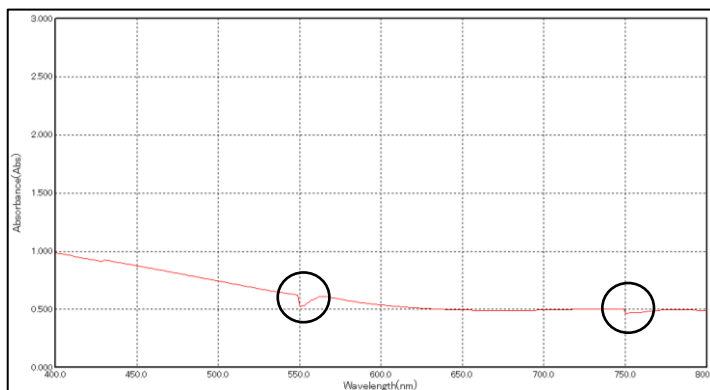
الشكل-6 طيف FT-IR لمعقد النحاس

والشكل التالي أيضاً يوضح تراكب طيف الاستر مع معقد النحاس الناتج وأيضاً نلاحظ انزياح واضح للزمرة الكربونيلية بمقدار 120 cm^{-1} أيضاً هذا دلالة على تشكل معقد النحاس الناتج.



الشكل-7 طيف التراكب لكل من الاستر ومعقد Cu الناتج

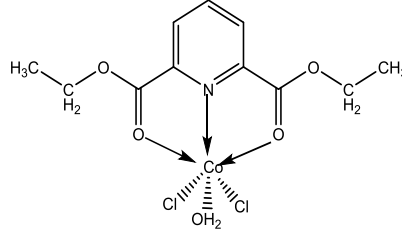
يظهر طيف الأشعة فوق البنفسجية في المجال المرئي UV-Vis لمعقد Co(II) قمتين، (الشكل-8).



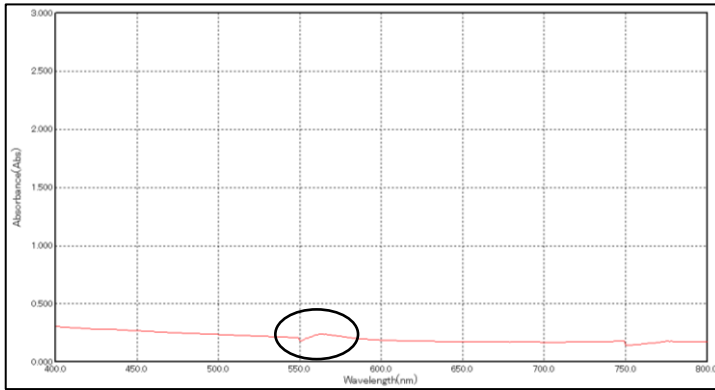
الشكل-8 طيف (UV-Vis) لمعقد الكوبالت في الماء المقطر

اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري من حمض كربوكسيلي ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)

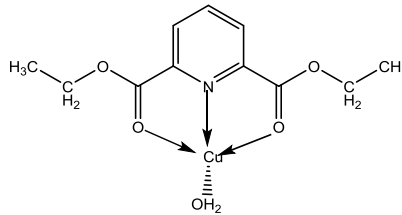
الأولى عند 430nm والعائدة إلى الانتقال ${}^4T_{1g}(F) \rightarrow {}^4T_{1g}(P)$ والثانية عند 564nm والعائدة إلى الانتقال ${}^4T_{1g}(F) \rightarrow {}^4A_{2g}(F)$ وتشير مواقع عصابات الامتصاص الإلكترونية لهذا المعقد البني إلى احتمال أن يكون للمعقد بنية ثمانية وجوه [9].



أما في طيف UV-Vis لمعقد Cu(II) فيلاحظ ظهور عصابة عريضة عند 563nm والتي يمكن أن تكون ناتجة عن الانتقالات d-d (${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2A_{1g}$) لمعقدات النحاس المربعة المستوية [10]، (الشكل-9).



الشكل-9 طيف (UV-Vis) لمعقد النحاس في الماء المقطر



V- الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- حُضِر المركب E انطلاقاً من حمض بيريدين 6.2-ثنائي الكربوكسيل مع الايتانول بتفاعل الأسترة المباشرة وبمردود 71%.
- 2- تم تشكيل معقدان للمركب E مع الكوبالت (II) والنحاس (II) بمردود 57% لمعقد الكوبالت و 53% لمعقد النحاس.
- 3- حددت بنية المركبات الناتجة بالاعتماد على المعطيات الطيفية المتوفرة.
- 4- نفترض دراسة بنية المركبات المحضرة باستخدام X-Ray .

المراجع:

- [1] Hemlata T, Sukirti K, Ramasamy T, Nature and Position of Functional Group on Thiopurine Substrates Influence Activity of Xanthine Oxidase Enzymatic Reaction Pathways of 6-Mercaptopurine and 2-Mercaptopurine Are Different. (2007) *biochemistry*; 170:177-72.
- [2] Schwarz.O, Loyen.D, Jockusch.S & TDürr.H, Preparation and application of new ruthenium(II) polypyridyl complexes as sensitizers for nanocrystalline TiO₂. (2000) *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*; PP.91-98.
- [3] Dabholkar.V & Parab.S, Microwave-assisted Heterocyclic Dicarboxylic Acids as Potential Antifungal and Antibacterial Drugs. (2011) *Indian J. Pharm. Sci*, PP.199-207.
- [4] Dinca˘.M, Harris.T.V, Iavarone.A & Long.J, Synthesis and characterization of the cubic coordination cluster [Co^{III}₆Co^{II}₂(IBT)₁₂]¹⁴⁻ (H₃IBT=4,5-bis(tetrazol-5-yl)imidazole). (2008) *Journal of Molecular Structure*, PP.139-143.
- [5] J. R. Fulton, A. W. Holland, D. J. Fox, and R. G. Bergman, "Formation , Reactivity , and Properties of Nondative Late Transition Metal - Oxygen and - Nitrogen Bonds,(2002) vol. 35, no. 1, pp. 44–56.
- [6] D. Sunil, A. M. Isloor, and K. S. R. Pai, "In vivo anticancer and histopathology studies of Schiff bases on Ehrlich ascitic carcinoma cells," (2013), *Arab. J. Chem.*, vol. 6, no. 1, pp. 25–33.
- [7] T. N. Chhowala and K. R. Desai, "Synthesis of Cu(II) and Ni(II) Azo Complex Dyes , their Application on Silk Fabrics and Screening for Antibacterial Activity," vol. 4, no. 2, pp. 901–905, 2015.
- [8] Rita T, Valentina O, Graziella V, Biotin-8-hydroxyquinoline conjugates and their metal complexes: exploring the chemical properties and the antioxidant activity. (2016) *Polyhedron*; 1:18-16.
- [9] Vadavi.R, et al, Crystal structure of nonadentate tricompartamental ligand derived from pyridine-2,6-dicarboxylic acid: Spectroscopic, electrochemical and thermal investigations of its transition metal(II) complexes. (2011) *spectrochimia acta part A* 79; 348-355.
- [10]- Golchoubian.H, Nazari.O & Kariuki.B, A new copper(II) complex of unsymmetrical tetradentate ligand generated in situ:

synthesis and molecular structure, (2010) *Inorganica Chimica Acta*, V363, pp.2673-2676.

اصطناع وتوصيف المشتق الإستيري من حمض كربوكسيلي ثنائي الوظيفة وتحضير معقداته مع الكوبالت(II) والنحاس(II)

تحليل طاقة أمواج روسبي الناتجة عن أمواج الجذب

العطالية في أعلى طبقة التروبوسفير

*منال عامر العلوان العبد الحافظ- طالبة دكتوراه - كلية العلوم- قسم الفيزياء - جامعة حلب.
أ.د. فاطمة سروجي - أستاذ في كلية العلوم - قسم الفيزياء - جامعة حلب
أ.د. عدنان ميني: أستاذ في كلية العلوم - قسم الفيزياء - جامعة تشرين

المخلص:

يتناول البحث دراسة أمواج روسبي في الغلاف الجوي، ومقارنتها مع أمواج روسبي في المحيطات وذلك من أجل استنتاج علاقة الطاقة العامة لأمواج روسبي الناتجة عن أمواج الجذب العطالية في أعلى طبقة التروبوسفير.

تم استخدام كل من تقريب المائع الجيوستروفيكي، والعلاقات التي تصف المائع (المعادلة العامة للحركة ومعادلة الاستمرارية)، كما استخدمنا دراسة تحول أمواج الجذب العطالية في أعلى طبقة التروبوسفير إلى أمواج روسبي.

وجدنا أن أمواج روسبي في أعلى طبقة التروبوسفير تنتشر بشكل دوائر متحدة المركز، ويتغير موضعها بتغيير العددين الموجيين k ، l ، ووضحنا أن تشكل أمواج روسبي لا يتعلق بالتضاريس، كما أن أنصاف أقطار هذه الدوائر تتناقص كلما انخفض ارتفاع الطبقة وذلك بسبب زيادة الضغط الجوي.

بمقارنة أمواج روسبي في أعلى التروبوسفير مع أمواج روسبي في المحيط نتج لدينا حد جديد $A = \frac{\hat{p}^2}{f^2}$ حيث يمثل هذا الحد سعة الموجة في الغلاف الجوي.

الكلمات المفتاحية: أمواج روسبي، أمواج الجذب العطالية، الأمواج الجوية، طاقة منتشرة في الغلاف الجوي، وسيط كوريوليس.

Analysis of the energy of Rossby waves resulting from inertia gravity waves in the upper troposphere

Abstract

In this paper We studied Rossby waves in the atmosphere, and compared them with the Rossby waves in the oceans, in order to deduced the general energy relationship of Rossby waves resulting from inertial gravity waves at the top of troposphere layer in the atmosphere.

We used both geostrophic fluid approximation, and the relationships that describe the fluid (the general equation of motion and the continuity equation), in addition to studying the transformation inertial gravity waves at the top troposphere into Rossby waves.

We concluded that the Rossby waves at the top troposphere spread in the form of concentric circles, and their positions changes with the change of two wave numbers k , l , and We showed the formation of Rossby waves is not related to the

topography and the radii of these circles decrease at the height of layer decreases due to the increase in the pressure air.

By comparing this energy relationship of Rossby waves at the top of troposphere with those of Rossby waves energy in the Ocean, we get a new term $A = \frac{\hat{p}^2}{f^2}$ where this term represents the wave amplitude in the atmosphere.

Key words: Rossby waves, gravity waves, inertial waves, atmospheric waves, atmospheric `

المقدمة:

أمواج روسبي: تعتبر أمواج روسبي Rossby waves من أهم الأمواج المنتشرة سواء في الغلاف الجوي أو المحيطات. كما تعتبر أيضا رابطا أساسيا في دراسة الحركات في كل من الغلاف الجوي والمحيط. لدراسة طاقة أمواج روسبي أهمية كبيرة في وصف انتقال كل من الكتلة، والدفع، والطاقة ضمن الغلاف الجوي، أو المحيط [1,2,3].

تتواجد أمواج روسبي في الغلاف الجوي وفي المحيطات، ويلاحظ ظهور هذه الأمواج بشكل خاص بين الامواج ذات الطول الموجي الكبير [3].

تشغل أمواج روسبي مجالا واسعا من أمواج الغلاف الجوي، وتؤثر كل من طاقة ونشاط أمواج روسبي المنتشرة في طبقة التروبوسفير بشكل مباشر على التغييرات المناخية، وبالتالي حركة الطيران، كما تؤدي لحدوث حركات دوامية ضمن الغلاف الجوي بالمحيط والتي تتطور بدورها إلى أعاصير، أو تسونامي [2,3].

تعتبر هذه الامواج من أكثر الامواج أهمية، على الرغم من أن امواج الجاذبية Gravitay waves المرافقة لها تشترك معها بالكثير من الميزات [3,4]. يتم وصف امواج روسبي بسهولة من خلال معادلات الجيوستروفيك geostrophic equation [4,5].

يختلف تعريف امواج روسبي تبعا للوسط المائع الذي تدرس فيه. حيث تعرف أمواج روسبي في المائع الباروتروبيكي barotropic - (وهو المائع الذي تكون كثافته تابعة للضغط فقط) - على أنها حركة دوامية صرفة تحتفظ بالطاقة. تنتج هذه الحركة عن تغير وسيط كوريوليس مع خط العرض [6,7]. بينما تعرف أمواج روسبي في المائع الباروكلينيكي baroclinic - (وهو المائع الذي تكون كثافته تابعة لكل من الضغط

ودرجة الحرارة) - على أنها حركة دوامية كامنة تحتفظ بالطاقة الناتجة عن التدرج المتساوي الانتروبية [7,8]. تتشكل أمواج روسبي في طبقة التروبوسفير، وينتقل تأثيرها الى طبقة الستراتوسفير، حيث تتواجد التيارات النفاثة كالتيار النفاث القطبي polar jet stream [7,8].

تعتبر أمواج روسبي أمواجا طولية تزداد سعتها مع الارتفاع [8,9]، يعتمد اتجاه حركة هذه الأمواج على عاملين هما سرعة تدفق الرياح الغربية، وعدد المرتفعات والمنخفضات حول دائرة العرض. يمكن للأمواج روسبي ان تستقر اذا كانت سرعة تدفقها 15m/s والتي تقابل ثلاث مرتفعات ومنخفضات [10]. حيث تمثل سرعة التدفق هذه قيمة حدية. تؤدي قيم السرعات الأقل من قيمة هذه السرعة الحدية لموجة روسبي الى تشكل جرف غربي، بينما السرعات الاعلى من هذه القيمة الحدية تؤدي الى انتشارها نحو الشرق [10,11]. يمكن أن تتحول أمواج الجذب العطالية في أعلى طبقة التروبوسفير الى أمواج روسبي، وذلك بسبب التأثير الكبير لدوران الأرض على انتشار أمواج الجذب العطالية. يهمل في هذه الحالة التردد الذاتي، ويصبح التردد المسيطر هو تردد كوريوليس.

الهدف من البحث:

استنتاج معادلة الطاقة العامة للأمواج روسبي الناتجة عن أمواج الجذب العطالية في طبقة التروبوسفير، ودراسة علاقة هذه الطاقة بمتغيرات الطقس والمكان، ومعرفة تأثيرها على التغيرات المناخية، بالإضافة إلى مقارنة هذه العلاقة مع علاقة طاقة أمواج روسبي في المحيطات بهدف التوصل لحدود جديدة تتعلق بالغلانف الجوي.

الدراسة النظرية:

اعتمدنا طريقتين تقريبيتان لدراسة خصائص امواج روسبي: الطريقة الأولى تقريب التدفق شبه الجيوستروفيك quasi geostrophic، والذي تكون فيه قوة تدرج الضغط متوازنة مع قوة كوريوليس Coriolis، مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير قوة العطالة النابذة.

والطريقة الثانية: تقرب التدفق الجيوستروفيك بحيث يكون تأثير قوة العطالة النابذة مهملاً [7,12] ويكون عدد روسبي Rossby number صغيراً والسماوات السطحية الدنيا (التضاريس) ضعيفة [13].

تعطى المعادلات العامة للحركة لأمواج روسبي [4,5]:

انطلاقاً من معادلة الحركة للدوامة الكامنة عند درجة حرارة ثابتة، وبإهمال الاحتكاك في النظام شبه الجيوستروفيك

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \vec{U} \nabla q = 0 \quad (1)$$

حيث $q(x, y, z, t)$ الدوامة الكامنة، $U(x, y, z, t)$ هي سرعة الموجة. ترتبط كل من السرعة والدوامة بتابع الحالة وفق العلاقة [4,5,11] (لكن شكل التابع يتغير وفق النظام الذي يدرس فيه الوسط):

$$v = \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad u = -\frac{\partial \psi}{\partial y}$$

حيث تمثل u, v مركبات السرعة بالاتجاهين x, y على الترتيب.

لجعل المعادلة (1) خطية نفرض ان التدفق يحوي على مكونات غير مرتبطة بالزمن وهي تمثل الحالة الأساسية. ومكونات مرتبطة بالزمن تمثل بحد اضطراب حيث يكون الاضطراب صغيراً بالنسبة للحالة الوسطية للتدفق

حيث $q = \bar{q}(y, z) + q'(x, y, t)$ حيث تمثل $\bar{q}(y, z)$ الحالة الأساسية، و $q'(x, y, t)$ حد الاضطراب.

$$\psi = \bar{\psi}(y, z) + \psi'(x, y, t)$$

نلاحظ أن $\bar{v} = 0$ و $\bar{u} = -\frac{\partial \bar{\psi}}{\partial y}$

بالتعويض في المعادلة (1) بدون تقريب

$$\frac{\partial q'}{\partial t} + \bar{u} \nabla \bar{q} + \bar{u} \nabla q' + u \nabla \bar{q} + u' \nabla q' = 0 \quad (2)$$

المقادير الأساسية صغيرة جدا لذا تهمل الحدود التي توجد فيها هذه المقادير. كما أننا نجعل المعادلة خطية لذا:

$$\bar{u} \nabla \bar{q} = 0$$

وبما ان $\bar{v} = 0$ و $\frac{\partial \bar{q}}{\partial x} = 0$

$$\frac{\partial q'}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial q'}{\partial x} + v' \frac{\partial \bar{q}}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

من أجل طبقة واحدة لمائع ساكن يكون شكل تابع الحالة [4,5]:

$$\psi = \bar{\psi}(y) + \psi'(x, y, t) \quad (4)$$

حيث $\bar{\psi} = -\bar{u} \cdot y$ وبالأخذ بعين الاعتبار نصف قطر التشوه الوسطي فإن شكل الدوامة الكامنة يصبح:

$$q = \bar{u} y k_d^2 + \beta y$$

حيث $\beta = \frac{\partial \bar{q}}{\partial y}$

وبالتالي [4,5]:

$$\nabla q = (\bar{u} k_d^2 + \beta) j$$

فتصبح المعادلة الخطية للحركة [4,5]:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial}{\partial x}\right) (\nabla^2 \psi' - \bar{u} k_d^2) + \beta (\bar{u} k_d^2) \frac{\partial \psi'}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial \psi'}{\partial x} = v' \quad \text{و} \quad \nabla^2 \psi' = q' \quad \text{و} \quad \beta = \frac{\partial \bar{q}}{\partial y} \quad \text{حيث}$$

وحل هذه المعادلة هو موجة مستوية من الشكل

$$\psi' = \text{Re} \bar{\psi} e^{i(kx + ly - \omega t)} \quad (6)$$

إن حلول هذه المعادلة صحيحة ضمن المجال الذي يتضمن شروط حدية ذات دورية مضاعفة: حلول تتضمن اهتزازات شاقولية تحوي $\sin(ly)$ بدون تغييرات أولية في الحركية.

حيث $\bar{\psi}$ سعة الاهتزاز والطور $kx + ly - \omega t$ حيث k و l الأعداد الموجية على المحورين x و y . و ω تردد الاهتزاز [4,5].

بتعويض (6) في (5) حيث

$$K^2 = (k^2 + l^2) \quad (7)$$

ومنه

$$\omega = \frac{k(\bar{u}K^2 - \beta)}{K^2 + k_d^2} = \bar{u}k - k \frac{\beta + \bar{u}k_d^2}{K^2 + k_d^2} \quad (8)$$

بإهمال التدفق الوسطي تكون $(\bar{u} = 0)$. وبالتالي تصبح علاقة التبدد [4,5]:

$$\omega = \frac{-\beta k}{k^2 + l^2 + k_d^2} \quad (9)$$

باشتقاق هذه العلاقة بالنسبة لـ l ، نحصل على عبارتي سرعة المجموعة على المركبات المكانية

$$v_g^x = \frac{\partial \omega}{\partial k} = \frac{-\beta(k^2+l^2+k_d^2)+2k^2}{(k^2+l^2+k_d^2)^2} = \frac{\beta(k^2-l^2-k_d^2)}{(k^2+l^2+k_d^2)^2} \quad (10)$$

ثم بالنسبة لـ /

$$v_g^y = \frac{\partial \omega}{\partial l} = \frac{0-2kl\beta}{(k^2+l^2+k_d^2)^2} = \frac{2\beta kl}{(k^2+l^2+k_d^2)^2} \quad (11)$$

تمثل العلاقتان (10) و (11) عبارتي سرعتي المجموعة على المركبات المكانية. تكون سرعة المجموعة متجهة باتجاه الغرب إذا كان العدد الموجي صغيرا بما فيه الكفاية وتتجه باتجاه الشرق إذا كان العدد الموجي كبيرا بما فيه الكفاية.

نحصل على سرعة الطور في الاتجاهات المكانية بقسمة علاقة التبدد على كل من k, l :
[4,5]

$$v_p^x = \frac{\omega}{k} = \frac{-\beta}{k^2+l^2+k_d^2} \quad (12)$$

$$v_p^y = \frac{\omega}{l} = \frac{k}{l} \left(\frac{-\beta}{k^2+l^2+k_d^2} \right) \quad (13)$$

تكون هذه السرعات سالبة دائما أو متجهة باتجاه الغرب وقيمتها أكبر عندما تكون الموجة أكبر. حيث يعبر k و l عن العددين الموجيين المتجهين شمالا وشرقا وبأخذان قيم أعداد صحيحة.

تتواجد أمواج روسبي في الموانع الطبقيّة، بحيث تأخذ علاقة التبدد شكل العلاقة السابق(9) لكن يظهر العدد الموجي العمودي (m) في مكان نصف قطر التشوه العكسي k_d [4,5].

طاقة أمواج روسبي:

تمت الاستفادة من دراسة علاقة طاقة أمواج روسبي في الماء في طبقة واحدة، بشرط تدفق وسطي معدوم، ومن أجل نصف قطر تشوه محدود، وباعتبار أن الحركات تخضع للدوامة الكامنة ينتج من معادلة الدوامة الكامنة الخطية المتنامية في الماء [4,5]:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\nabla^2 - k_a^2) \psi + \beta \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0 \quad (14)$$

للحصول على علاقة الطاقة في الماء نضرب العلاقة (14) بـ $-\psi$ وبالاعتماد على العلاقات (9-10-11) السابقة [3,4] حيث $K^2 = k^2 + l^2$ نحصل على:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} ((\nabla \psi)^2 + k_a^2 \psi^2) - \nabla (\psi \nabla \frac{\partial \psi}{\partial t} + \hat{i} \frac{\beta}{2} \psi^2) = 0 \quad (15)$$

حيث $\hat{i} \frac{\beta}{2} \psi^2$ هو حد متجه يعبر عن القوة، وحيث \hat{i} متجه الواحدة لهذه القوة على المحور x . تكون مجموعة الحدود الأولى حدود جبرية تعبر هذه الحدود عن طاقة، وبتعبير أدق كثافة الطاقة، وهذا يعني الطاقة خلال وحدة الكتلة أو وحدة الحجم تبعاً لسياق العبارة [4]

يمثل الحد $\frac{k_a^2 \psi^2}{2}$ الطاقة الكامنة بالنسبة للإزاحة على السطح الحر، ويمثل الحد $\frac{(\nabla \psi)^2}{2} = \frac{(u^2 + v^2)}{2}$ الطاقة الحركية أو كثافة الطاقة، لذا يمكن أن نكتب [4,5]:

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \vec{\nabla} \vec{F} = 0 \quad (16)$$

حيث [4,5]:

$$E = \frac{1}{2} ((\nabla \psi)^2 + k_a^2 \psi^2)$$

$$\vec{F} = \psi \nabla \frac{\partial \psi}{\partial t} + \hat{i} \beta \psi^2$$

نفرض حلا لهذه المعادلات التفاضلية من الشكل [4,5]:

$$\psi = A(x) \cos(Kx - \omega t) = A(x) \cos(kx + ly - \omega t) \quad (17)$$

حيث $A(x)$ سعة المستوية، و K يمثل متجه الموجة وهو مختلف عن k متجه الواحدة للمركبة Z . وتعطى الطاقة الحركية للموجة E_K بالعلاقة التالية [4,5]:

$$E_K = \frac{A^2}{2} (\psi_x^2 + \psi_y^2) \quad (18)$$

وبالتالي فإن متوسط الطاقة الحركية للموجة خلال دور $2\pi/\omega$ [4,5]

$$\overline{E_k} = \frac{A^2}{2} (K^2 + l^2) \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} \sin^2(k \cdot x - \omega t) d \quad (19)$$

وبما أننا ندرس متوسط الطاقة الحركية خلال دور $2\pi/\omega$ يكون:

$$\overline{E_k} = \frac{A^2}{4} (K^2 + l^2) \quad (20)$$

ويكون متوسط الطاقة الكامنة:

$$\overline{E_p} = \frac{A^2}{4} k_d^2 \quad (21)$$

يكون متوسط الطاقة الكلية [4,5]

$$\overline{E} = \frac{A^2}{4} (K^2 + k_d^2) \quad (22)$$

حيث k_d هو نصف قطر النشوء العكسي من أجل منظومة مائية سطحية.

قمنا بدراسة علاقة أمواج الجذب العطالية، بالاعتماد على المعادلات العامة لحركة المائع ضمن الغلاف الجوي، وعلى كل من معادلة الاستمرارية، ومعادلة الطاقة الترموديناميكية من أجل التوصل إلى كل من الطاقة الكامنة، والحركية، والعمودية لأمواج روسبي، وتمت الدراسة باستخدام تقريب بوزنيسك حيث تمّ اعتبار الكثافة ثابتة شريطة عدم ارتباطها بالجاذبية، كما تمّ اعتبار الحركات في حالة هيدروستاتيك وبفرض أنّ تردد الموجة الطافية N ، مستقل عن الارتفاع (z) وتكون قيمته ثابتة تقريباً $N \approx 1.2 \times 10^{-1} s^{-1}$ [5,14]، وباعتبار أن كثافة المائع مستقرة، وبفرض أنه لا يوجد تبادل حراري في الطبقة المدروسة.

نحصل على علاقات السرعات:

$$\hat{u} = \frac{1}{\hat{\omega}^2 - f^2} (\hat{\omega}k - ilf) \hat{p} \quad (23)$$

$$\hat{v} = \frac{1}{\hat{\omega}^2 - f^2} (\hat{\omega}l - ikf) \hat{p} \quad (24)$$

$$\hat{w} = \left(\frac{\hat{\omega}m}{N^2} \right) \hat{p} \quad (25)$$

تصبح علاقة التبديد [5]

$$\hat{\omega}^2 = f^2 + \frac{N^2(k^2 + l^2)}{m^2} \quad (26)$$

كما يمكن الحصول على علاقات الطاقة اعتماداً على ذلك.

النتائج والمناقشة:

تنتج علاقة الطاقة الكلية لأمواج الجاذبية في الغلاف الجوي من مجموع كل من الطاقة الحركية، والطاقة الكامنة، والطاقة العمودية، قمنا باستنتاج علاقة الطاقة الكلية لأمواج روسبي كحالة خاصة من أمواج الجاذبية في الغلاف الجوي.

من المعادلات (23-25) [7] التي تعطي سرعات موجة الجاذبية (u, v, w) (شرقاً، شمالاً، عمودياً) بدلالة f (تردد كوريوليس) و $\hat{\omega}$ التردد الذاتي للموجة، و (m, l, k) الاعداد

الموجية على المحاور (x, y, z) المتجهة (شرقا ، شمالا ، عموديا) نحصل الحدود -[13]
:14]

$$\begin{aligned} (\overline{u^2} + \overline{v^2}) &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\hat{\omega}^2 - f^2} [(\hat{\omega}^2 k^2 + l^2 f^2) \hat{p}^2 + (\hat{\omega}^2 l^2 + k^2 f^2) \hat{p}^2] \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{(\hat{\omega}^2 - f^2)^2} \left[f^2 k^2 + \frac{N^2 k^2 (k^2 + l^2)}{m^2} + l^2 f^2 + l^2 f^2 \right. \\ &\quad \left. + \frac{N^2 l^2 (k^2 + l^2)}{m^2} + k^2 f^2 \right] \hat{p}^2 \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{(\hat{\omega}^2 - f^2)^2} \left[2f^2 (k^2 + l^2) + \frac{N^2 (k^2 + l^2)}{m^2} (k^2 + l^2) \right] \hat{p}^2 \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{(\hat{\omega}^2 - f^2)^2} \left[2f^2 + \frac{N^2 (k^2 + l^2)}{m^2} \right] (k^2 + l^2) \hat{p}^2 \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{(\hat{\omega}^2 - f^2)^2} [\hat{\omega}^2 + f^2] (\hat{\omega}^2 - f^2) \frac{m^2}{N^2} \hat{p}^2 \\ (\overline{u^2} + \overline{v^2}) &= \frac{1}{2} \left[\frac{\hat{\omega}^2 + f^2}{\hat{\omega}^2 - f^2} \right] \frac{m^2}{N^2} \hat{p}^2 \quad (27) \end{aligned}$$

فتكون علاقة الطاقة الحركية [14]:

$$\overline{E_k} = \frac{1}{2} (\overline{u^2} + \overline{v^2}) = \frac{\hat{\omega}^2 + f^2}{\hat{\omega}^2 - f^2} \frac{m^2}{4N^2} \hat{p}^2 = \left[\frac{1 + \left(\frac{f^2}{\hat{\omega}^2}\right)}{1 - \left(\frac{f^2}{\hat{\omega}^2}\right)} \right] \frac{m^2}{4N^2} \hat{p}^2 \quad (28)$$

وتكون علاقة الطاقة الكامنة [14]:

$$\overline{E_p} = \frac{g^2}{2N^2} \left(\frac{\bar{\theta}}{\theta_0} \right)^2 \quad (29)$$

$$\overline{E_p} = \frac{g^2}{2N^2} \left[\frac{m^2 \hat{p}^2}{2g^2} \right] = \frac{m^2 \hat{p}^2}{4N^2} \quad (30)$$

وعلاقة الطاقة العمودية [14]:

$$\overline{E_v} = \frac{1}{2} \overline{w^2} = \frac{\hat{\omega}^2 m^2 \hat{p}^2}{4N^4} \quad (31)$$

من المعروف أنّ تأثير دوران الأرض يكون كبيراً وواضحاً على أمواج روسبي لذا فإنّ تردد الموجة الذاتي يكون صغيراً ومهملاً بالمقارنة مع تردد كوربوليس (تردد دوران الأرض). يمكن بالتالي استنتاج علاقات السرعة والطاقات لأمواج روسبي في التروبوسفير اعتماداً على العلاقات السابقة بعد الأخذ بعين الاعتبار:

a. يكون تردد الموجة الذاتي صغير ومهمل وبالتالي تهتز أمواج روسبي بتردد

كوروليس

b. يأخذ تردد الطفو في التروبوسفير يأخذ قيمة ثابتة $N \approx 1.2 \times 10^{-1} s^{-1}$

وبالتالي تأخذ علاقات السرعات (23-25) الشكل الآتي:

$$\hat{u} = \frac{il}{f} \hat{p} \quad (32)$$

$$\hat{v} = \frac{ik}{f} \hat{p} \quad (33)$$

$$\hat{w} = 0 \quad (34)$$

وبالتالي تأخذ علاقة الطاقة الحركية (28) الشكل:

$$\overline{E_k} = \frac{1}{2}(\overline{u^2} + \overline{v^2}) = \frac{(k^2 + l^2)}{4f^2} \hat{p}^2 \quad (35)$$

بينما تأخذ علاقة الطاقة الكامنة (30) الشكل:

$$\overline{E_p} = \frac{m^2 \hat{p}^2}{4N^2} \quad (36)$$

أما الطاقة العمودية فتصبح معدومة، لذا تصبح علاقة الطاقة الكلية مجموع الطاقين الكامنة والحركية فقط:

$$\bar{E} = \bar{E}_k + \bar{E}_p \quad (37)$$

$$\bar{E} = \frac{(k^2 + l^2)\hat{p}^2}{4f^2} + \frac{m^2\hat{p}^2}{4N^2} \quad (38)$$

وهي العلاقة العامة لموج روسبي الجوية في أعلى التروبوسفير التي توصلنا إليها. نلاحظ أن هذه الطاقة تتعلق بكل من تردد كوريوليس f ، وتردد الطوفان N ، كما تتعلق بكل من الضغط الجوي، والأعداد الموجية k, l, m الموجهة على الترتيب شمالاً، شرقاً، عمودياً.

اعتماداً على العلاقة العامة لطاقة أمواج روسبي (38) يمكن ان نستنتج ما يلي:

- (1) أن الحد الجديد A الذي يمثل سعة أمواج روسبي في الغلاف الجوي. نقارن العلاقات (37-35) المعبرة عن الطاقات الحركية والكامنة في الغلاف الجوي مع العلاقات (22-20) المعبرة عن الطاقات الحركية والكامنة في المحيطات، فنلاحظ تشابهاً في أشكال العلاقات. بالمطابقة بين هذه العلاقات يظهر لدينا تفسير الحد A بالشكل الجديد الذي يمثل سعة الموجة في الغلاف الجوي:

$$A = \frac{\hat{p}^2}{f^2}$$

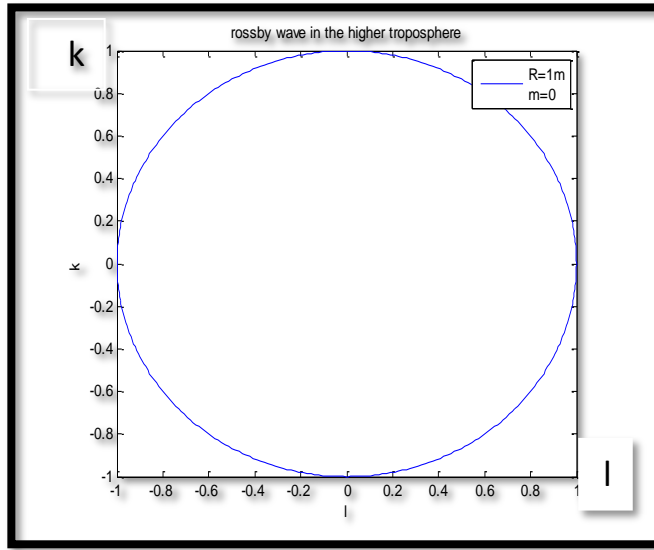
- (2) أن علاقة طاقة أمواج روسبي الجوية المستوية: نعوض قيمة العدد الموجي العمودي $m=0$ في العلاقة (38) فتصبح عبارة الطاقة الكلية العامة لموج روسبي الجوية على الشكل:

$$\bar{E} = \frac{(k^2 + l^2)\hat{p}^2}{4f^2} \quad (39)$$

يمكن كتابة هذه العلاقة على شكل معادلة دائرة:

$$k^2 + l^2 = 4f^2 \cdot \frac{E}{\hat{p}^2} \quad (40)$$

يكون انتشار الطاقة بشكل مستوي دائري يتغير مركزه عند كل مستوي ضغط. وهذا يعني أن انتشار طاقة أمواج روسبي يكون بشكل دائري، تتوافق هذه النتيجة مع نتائج لباحثين آخرين [6]. تكون قيمة الطاقة من أجل $(k=1, l=1)$ مساوية $(E=2 \times 10^{24} \text{ J})$. وذلك من أجل قيمة الضغط في أعلى التروبوسفير $(p=200 \text{ hpa})$ عند ارتفاع $(z=11.784)$ عن سطح الأرض، وباعتبار تردد كوريوليس $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$. تكون هذه الطاقة ثابتة على محيط دائرة انتشار الموجة بنصف قطر $R = 4f^2 \cdot \frac{E}{\rho^2} = 1 \text{ m}$ كما في الشكل (1)



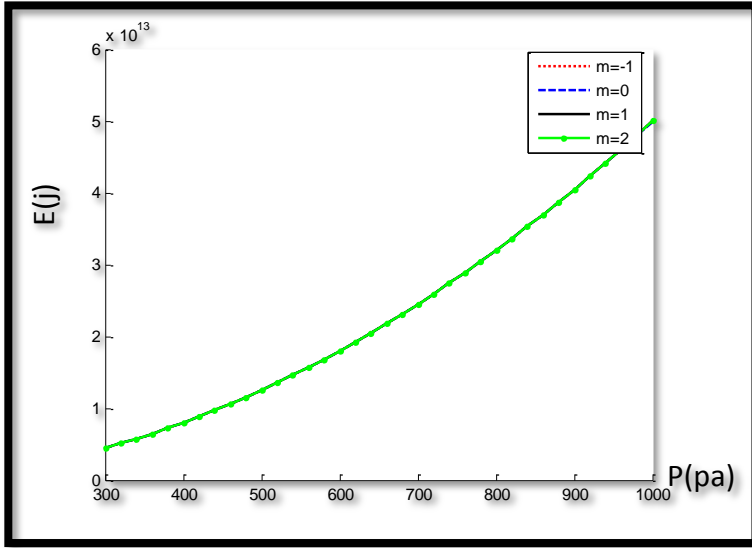
الشكل (1) طاقة أمواج روسبي الناتجة عن أمواج الجاذبية في التروبوسفير

يظهر في الشكل (1) دائرة مستوية لطاقة انتشار موجه روسبي الناتجة عن أمواج الجذب العطالية في أعلى طبقة التروبوسفير، حيث يتغير موضع هذه الدائرة بتغير العددين الموجيين k, l . يتغير نصف قطر هذه الدائرة بتغيير كل من الضغط الجوي وعدد روسبي الذي نعهه ثابتاً.

(3) عند دراسة علاقة طاقة أمواج روسبي بالضغط الجوي نكتب العلاقة (39) بالشكل التالي

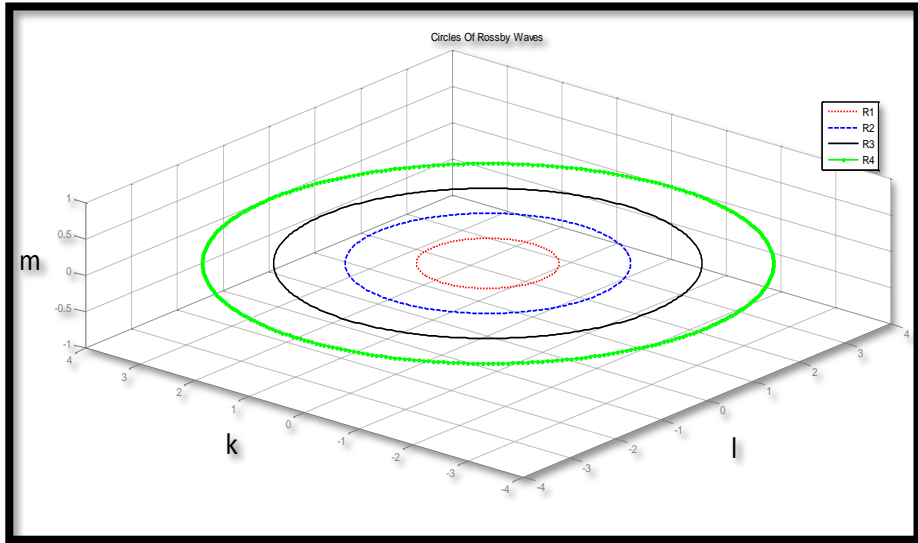
$$\bar{E} = \left[\frac{(k^2 + l^2)}{4f^2} + \frac{m^2}{4N^2} \right] \hat{p}^2 \quad (40)$$

نلاحظ أنّ طاقة أمواج روسبي تزداد بازدياد لضغط الجوي في أعلى طبقة التروبوسفير.



الشكل (2) علاقة طاقة أمواج روسبي مع الضغط الجوي أعلى طبقة التروبوسفير يظهر في الشكل (2) التزايد الواضح لطاقة أمواج روسبي بتزايد الضغط الجوي لطبقات الغلاف الجوي.

(4) أن توزع طاقة أمواج روسبي على شكل دوائر متحدة المركز في أعلى التروبوسفير حيث لا يؤثر اختلاف قيم العدد الموجي العمودي بشكل واضح على اختلاف قيم الطاقة. يتوافق هذا مع فكرة أن أمواج روسبي مستوية وتنتشر بشكل دوائر متحدة المركز وليس كروية. عند إعادة رسم العلاقة (40) وفق الاعتبارات المأخوذة في رسم الشكل (1) لكن بقيم مختلفة للطاقة، وبالتالي بأنصاف أقطار مختلفة. نحصل عندئذ على طاقة أمواج روسبي بشكل دوائر متحدة المركز كما في الشكل (3). تكون قيم الطاقة هي ($2 \times 10^{24} \text{J}$, $4 \times 10^{24} \text{J}$, $6 \times 10^{24} \text{J}$, $8 \times 10^{24} \text{J}$) موافقة لأنصاف الأقطار (1m,2m,3m,4m):



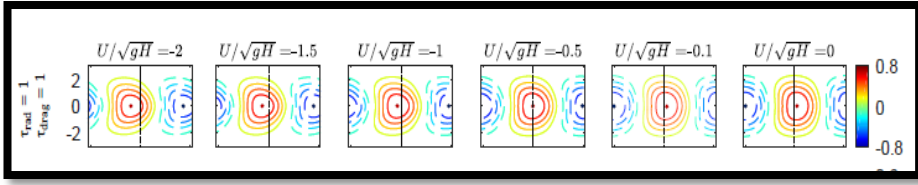
الشكل (3) دوائر توزيع الطاقة لأمواج روسبي في أعلى التروبوسفير.

يظهر الشكل (3) انتشار طاقة أمواج روسبي بشكل دوائر متحدة المركز عند ارتفاع معين في طبقة التروبوسفير.

مناقشة الأشكال :

1. يظهر من الشكلين (1) و(3) أن توزع طاقة أمواج روسبي في التروبوسفير يكون على شكل دوائر، وهذه النتيجة على توافق مع دراسات لتوزع أمواج روسبي في الماء. [16,17,18].

2. تمت دراسة أمواج روسبي في بحثنا هذا بإهمال سرعة التدفق الأفقي، لذا لم نلاحظ تشوها لهذه الدوائر، بينما وجد باحثون [18,19] قاموا بدراسة أمواج روسبي في الماء على أعماق مختلفة أن هذه الدوائر يتغير شكلها يتغير قيم سرعة التدفق الأفقي كما في الشكل (4) [18]

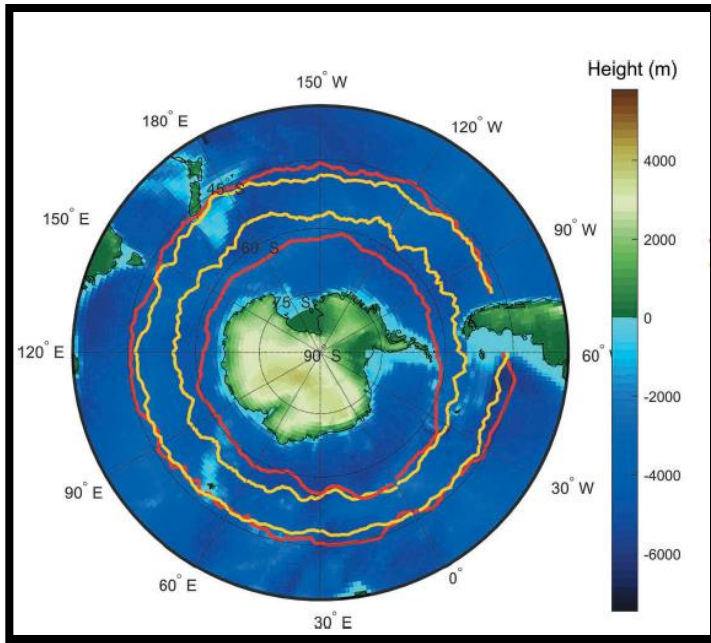


الشكل (4) تشوه دوائر أمواج روسبي عند الحركة.

3. وجدنا عند دراسة هذه الدوائر أنها تتشكل أمواجاً مستقرة غير دوارة ضمن طبقة درجة حرارتها ثابتة. بينما توصل الباحثون [20] اللذين درسوا هذه الأمواج في طبقة درجة حرارتها متغيرة أن هذه الأمواج تدور والسبب هو تغيرات درجة حرارة الوسط عليها.

4. لا يظهر لدينا في هذه الدراسة تأثير التضاريس على شكل وطاقة أمواج روسبي، حيث تمت هذه الدراسة في أعلى طبقة التروبوسفير التي تخلو من التضاريس، بينما أظهرت الدراسات التي تناولت أمواج روسبي المائية تأثيرات واضحة للتضاريس المائية على كل من شكل وطاقة هذه الأمواج كما في الشكل (5)

[21]



الشكل (6) تأثير التضاريس على أمواج روسبي

5. تزداد طاقة أمواج روسبي في أعلى طبقة التروبوسفير كلما ازداد الضغط في طبقة تكون درجة حرارتها ثابتة.

المراجع

- [1] GNEVYSHEV V. G., BADULIN S. I. and BELONENKO T. V.2020–Rossby Waves on Non–zonal Currents: Structural Stability of Critical Layer Effects. Pure Appl. Geophys. Springer Nature Switzerland AG
- [2] Nosov M., Kolesov S., Nurislamova G., Bolshakova A. and Viacheslav K.2019–Effects of the Earth’s rotation on the dynamics of tsunami–like waves caused by deep–focus earthquakes. Vol. 21, EGU2019–8514 ,EGU General Assembly
- [3] Abramowitz, M. and Stegun, I. A., 1965. Handbook of Mathematical Functions. Dover Publications, 1046 pp.
- [4] Miller M. 2002 –Atmospheric waves. Meteorological Training Course Lecture Series European Centre for Medium–Range Weather Forecasts.21p
- [5] Chen C., Diamond P. and Tobias S.2019–Rossby Wave–Zonal Flow Turbulence in a Tangled Magnetic field, Department of Energy, Florida.pp12.
- [6] Othman, S. and Batal, M. A., 2018. Studying phase velocity and group velocity equations of Rossby waves in atmosphere. Babel Journal
- [7] Cai, M. 2013 A Dissection Of Energetics Of The Geostrophic Flow: Reconciliation Of Rossby Wave Energy Flux And Group Velocity
- [8] Batal M. A. and Othman S., 2017. Study of Propagation Properties of Rossby Waves in the Atmosphere and

Relationship Between the Phase Velocity and the Group Velocity– American Journal of Management Science and Engineering.

- [9] thurairajah b.,2009–role of waves on the circulation of the arctic middle atmosphere: rayleighlidar measurements and analysis. *geophys. res*,13–15.
- [10] Charney, J. and Drazin P., 1961– Propagation of Planetary–Scale Disturbances From The Lower Into The Upper Atmosphere. *J. Geophys. Res*, 66, 106–109
- [11] Christoph, Z. and Dieter P.,2007– Parameterization of Strong Stratospheric Inertia–Gravity Waves Forced by Poleward–Breaking Rossby Waves. *American Meteorological Society*,36,1–2.
- [12] Cai, M. and Huang B. 2013–A New Look At The Physics Of Rossby Waves: A Mechanical–Coriolis Oscillation .*American Meteorological Society*. Vol.70,303–316.
- [13] Geller M. A. and Gong J.,2010– Gravity wave kinetic, potential, and vertical fluctuation energies as indicators of different frequency gravity waves. *Journal of Geophysical Research*. New York. Vol.15,pp,11.
- [14] Wang L., and Geller M. A., 2003–Morphology of gravity–wave energy as observed from 4 years (1998–2001) of high vertical resolution U.S. radiosonde data Institute for Terrestrial and Planetary Atmospheres, State University of New York, Stony Brook, New York, USA . Vol,108.

- [15] Kedzierski R. P., Matthes K., and Bumke K., 2020– New insights into Rossby wave packet properties in the extratropical UTLS using GNSS radio occultations. *Atmospheric chemistry and physics*.
- [16] Charney, J., and Drazin, P., 1961, Propagation of planetary–scale disturbances from the lower into the upper atmosphere. *J. Geophys. Res*, 66, 106–109.
- [17] Farrell, B., and Wattersoni., 1985, Rossby waves in opposing currents. *J. Atmos. Sci*, 42, 1741–1756
- [18] Draft version December 1, 2020 –Typeset using LATEX preprint style in AASTeX63 Phase Shift of Planetary Waves and Wave Jet Resonance on Tidally Locked Planets Shuang Wang¹ and Jun Yang¹¹Dept. of Atmospheric and Oceanic Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
- [19] Crowe N. M. and Johnson E. R., 2021–The propagation and decay of a coastal vortex on a shelf. Department of Mathematics, University College London, London, WC1E 6BT, UK
- [20] Haertel P., 2021– Kelvin/Rossby Wave Partition of Madden–Julian Oscillation Circulations. Yale University, New Haven, USA. Pp1–22.

اصطناع وتوصيف مشتق حلقي لثنائي 4- نيترو فينيل رباعي هيدرازون ومعقداته المعدنية مع بعض العناصر الانتقالية [Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]

بيان زياد الكيلاني*، د. محمد مضر الخضر** د. ثناء شريتح***

الملخص

تم تحضير المرتبطة الجديدة (NPTH) :

N-N-1.3diphenlpropane 4-nitrobenzo 4-nitrophenyltetra hydrazone بتكاتف

hydrazide مع 1-4diaminoalphenel ثم عقدت المرتبطة (NPTH) مع أيونات

المعادن الثنائية (Cu²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺) ونسبة مولية (1:1) على التوالي مما أدى إلى

تشكل المعقدات الآتية: [Cu(NPTH)Cl₂] ، [Zn(NPTH)Cl₂]

[Cd(NPTH) Cl₂].

درست بعض الخصائص الطيفية للمرتبطة والمعقدات المحضرة من خلال مطيافية الأشعة ما تحت الحمراء (FT-IR) ومطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Vis) وطيف الطنين النووي المغناطيسي البروتوني H-NMR وأظهرت نتائج الدراسة توافقها مع الصيغ المقترحة للمعقدات المحضرة.

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

(**) أستاذ الكيمياء اللاعضوية: قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا

(***) أستاذ مساعد الكيمياء العضوية: قسم الكيمياء - كلية العلوم الثانية - جامعة البعث - حمص - سوريا

Synthesis and characterization of the cyclic derivative Di 4-nitrophenyl tetrahydrazone and Their Complexes with Some Transition Metal [Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]

Bayan Al-Kilany¹, M.Moudar Al-Khuder², Thanaa Shriteh³

ABSTRACT:

A new ligand 4-nitrophenyltetra hydrazone was synthesized by condensation of N-N-1,3-diphenylpropane 4-nitrobenzo hydrazide with 1,4-diaminobenzene.

Then the complexes were synthesized by reacting the transition metals (Cu²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺) with the ligand [with a metal to ligand ratio of (1:1) respectively] and this led to forming the following complexes :



The ligands and complexes were studied on the basis of FT-IR, U.V.–visible and NMR and the results were comparative with the proposed structures .

1) Dr. degree student: Department of chemistry-Faculty of Science-Al-Baath University, SYRIA

2) Dr. for Inorganic Chemistry: Department of chemistry-Faculty of Science-Al-Baath University, SYRIA

3) Dr. for organic Chemistry: Department of chemistry-Faculty of Science-Al-Baath University, SYRIA

1- مقدمة:

تحظى المركبات الحلقية الضخمة الحاوية على تجويف باهتمام كبير كونها تعد مستقبلات للأيونات المعدنية؛ إذ أن مرونة هذه الحلقات ودخول الذرات المانحة للإلكترونات (أوكسجينية و آزوتية) في بنية أسس شيف تجعلها قادرة على تشكيل معقدات مع أيون أو أكثر من الأيونات المعدنية، تعود أهمية هذه المركبات إلى إمكانية استخدامها في المجالات التطبيقية، حيث تستخدم في استخلاص العناصر في الكيمياء التحليلية وفي التعيين الكمي والكيفي لها، وفي عمليات النقل الفعال للأيونات عبر الأغشية السائلة، كما تستخدم مثل هذه المرتبطات كوسائط عبور الطور في التفاعلات العضوية، و في تعيين تركيز أيونات المعادن الثقيلة الضارة بالبيئة، وفي عزلها من المياه الملوثة، وفي صناعة المنظفات والطلاء الغلفاني، وأنصاف النواقل ومضادات التآكل، وفي تطبيقات أخرى [1-2]. وتملك معقدات الحلقات الكبيرة الخصائص الآتية [3،4]

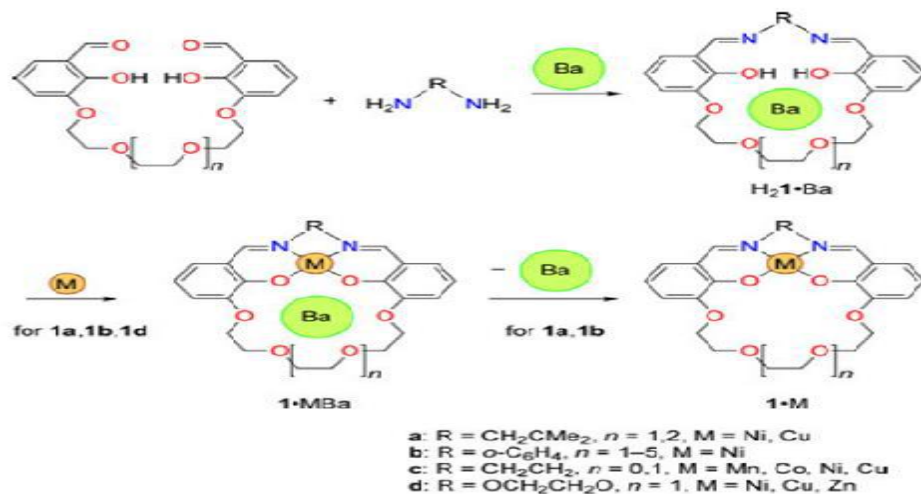
(1) تكون سرعة التفاعل بطيئة في حالة تكوين المعقدات من المرتبطة والأيون المعدني (الطريقة غير المباشرة non-template ligand) .

(2) تملك استقراره حرارية عالية، فعلى سبيل المثال ثابت التكوين للحلقات الكبيرة المحتوية على أربع ذرات نتروجين وسطياً أكبر من غير الحلقية المشابهة.

(3) تكون مستقرة في حالات درجات الأكسدة العالية لأيونات Ni(II) و Cu (II) وغيرها.

ومن الطرائق المعتمدة لاصطناع الحلقات الكبيرة لأسس شيف تفاعل ثنائي كربونيل وثنائي أمين مناسبين وإيجاد شروط تفاعل مناسبة لتكوين الحلقة وتفاعلات تبديل المعدن (transmetallation reaction).

إن تطور تفاعلات تكوين الحلقة الكبيرة واجه بعض الصعوبات، مثل أيونات قالب والتي تكون قالب الحلقة أو هيكل الحلقة، عن طريق أيونات المعادن غير الانتقالية ومن الأمثلة على ذلك أيونات Pb (II) ، Ba (II) ، و وفق المخطط (1) التالي [5]:



المخطط (1): تحضير القالب H21.Ba ومن ثم ازالة ايون الباريوم

وفي بعض الحالات، فإن أيون معدن القالب المطلوب يمكن أن يحضر بسهولة تحت ظروف قياسية معتدلة (عند درجة حرارة المختبر أو التصعيد الحراري وباستخدام مذيب مثل الكحول) بينما في حالات أخرى، فإن هناك شروط لتفاعل التحضير يجب أن تتوفر لتكوين الحلقة، فعلى سبيل المثال، تفاعلات تكوين الحلقة الكبيرة تتطلب توفر ظروف تفاعل مجتمعة في آن واحد وأحياناً أخرى ظروفاً جافة يجب أن تتوفر عملياً وذلك لغرض التكوين.

إن تكوين الحلقة الكبيرة بواسطة الأيونات المعدنية غير الانتقالية، وباستخدام تفاعل تبديل (استبدال الأيون المعدني الانتقالي بأيون المعدن غير الانتقالي) (المعدن المطلوب) يجب أن يكون معدن أيون المعدن الانتقالي منحل بصورة جيدة لكي يتم إجراء تفاعل التبديل.

2- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

1. اصطناع مرتبطة جديدة (NPTH) (Di 4-nitrophenyltetra hydrazone) انطلاقاً من

N-N-1.3diphenlpropane-4-nitrobenzo hydrazide وفينيلين 4,1-ثنائي أمين

مخبرياً وفصل المرتبطة وتنقيتها.

2. التأكد من هوية الناتج الأساسي طيفياً (طيف IR ، طيف $^1\text{H-NMR}$) ومطيافية الأشعة

فوق البنفسجية-المرئية (U.V-visible).

3. دراسة تشكل معقداتها المعدنية مع بعض كلوريدات المعادن الانتقالية Cd^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2}

3- المواد وطرائق البحث:

3-1- الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

▪ جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) :

Jascow – Infrared Spectrophotometer Fourier Transform spectrum

FT/ IR – 4100 (KBr)

▪ جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية (UV-Vis) :

Jascow – (UV-Visible) Spectrophotomete

▪ جهاز الرنين المغناطيسي النووي البروتوني ($^1\text{H-NMR}$)

spectrum NMR proton and carbon device 400 MHz model Bruker

by Switzerland company .

▪ جهاز قياس درجة الانصهار : Electrothermal Melting Point Apparatus

▪ سخان مزود بمحرك مغناطيسي، ومجموعة من الأدوات الزجاجية المختلفة.

اصطناع وتوصيف مشتق حلقي لـ ثنائي 4- نيترو فينيل رباعي هيدرازون ومعقداته المعدنية مع بعض العناصر الانتقالية [Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]

3-2- المواد الكيميائية المستخدمة:

- 4,1- ثنائي أمينو الفينيل، 3,1- دي فينيل بروبان 4-نيتروبنزو هيدرازيد، كلوريد الكاديوم الثنائي اللامائي، كلوريد الزنك الثنائي اللامائي، كلوريد النحاس الثنائي اللامائي.
- مذيبات عضوية مختلفة (إيتانول، ميتانول، ثنائي ميثيل فورم أميد، إيترا إيتلي) ماء مقطر.

من إنتاج الشركات Aldrich-Sigma, Merck, BDH.

3-3- اصطناع المرتبطة (NPTH):

يوضع في دورق كروي سعة (100ml) مزود بقضيب مغناطيسي و مبرد عكوس (0.5gr, 1mmol) **N-N-1,3-diphenylpropane 4-nitrobenzo hydrazide** مذاب في (30ml) إيتانول، ثم يضاف إليه (0.1 g, 1 mmol) 4,1- ثنائي أمينو الفينيل منحل في (25 ml) إيتانول تدريجياً على شكل قطرات عند درجة حرارة الغرفة مع التحريك المستمر، ثم أجرينا غليان مرتد (Reflux) لمزيج التفاعل عند درجة غليان المذيب (إيتانول 78 درجة مئوية) لمدة (20) ساعة.

يختزل حجم المحلول الناتج بالتسخين إلى (30 ml) تقريباً، ثم يبرد إلى درجة حرارة الغرفة حيث تتشكل مادة صلبة بلورية بنية اللون، تفصل بالترشيح بواسطة قمع بوخنر، و تغسل بواسطة (2×5) مل من الماء المقطر، فتم الحصول على بلورات نقية بمردود 93% ودرجة انصهار 90-100°C.

3-3- الطريقة العامة لتحضير معقدات المعادن (Cu^{II} , Zn^{II} , Cd^{II}) مع المرتبطة (NPTH):

(1) يوضع في دورق كروي ذو فتحتين سعة (100 ml) مزود بقضيب مغناطيسي (محرك) ومبرد عكوس وقمع تنقيط (0.6 g , 1mmol) من المرتبطة المصطنعة مع (30 ml) من الايتانول حتى تمام الانحلال .

(2) يذاب (1mmol) من كلوريدات المعادن الثنائية اللامائية MCl_2 حيث $[\text{M}=\text{Cu}^{\text{II}}, \text{Zn}^{\text{II}}, \text{Cd}^{\text{II}}]$ في (20 ml) من الايتانول وتوضع في قمع التنقيط، و تضاف تدريجياً على شكل قطرات إلى مزيج التفاعل (الإضافة على مدى 15 دقيقة) ولوخط أثناء ذلك تعكر محلول التفاعل الرائق وبدء تشكل الراسب.

(3) بعد الانتهاء من الإضافة يجرى غليان مرتد (Reflux) مع التحريك المستمر لمدة (15) ساعة.

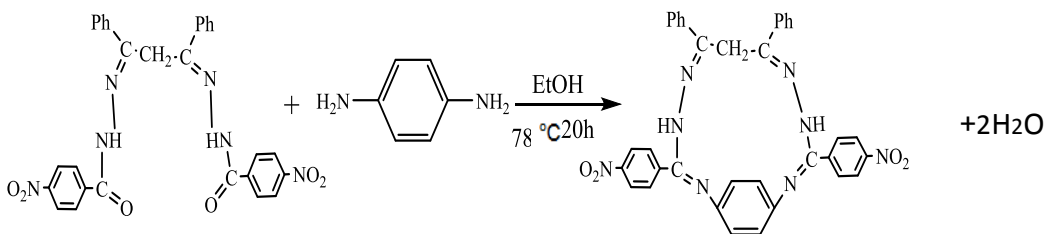
(4) بعد ذلك يختزل حجم المحلول الناتج بالتسخين تقريباً إلى (20 ml).

(5) يبرد المزيج الناتج إلى درجة حرارة الغرفة، ثم يترك إلى اليوم التالي حتى التبلور ثم تفصل البلورات بالترشيح وتغسل بعدة قطرات من الإيتانول ثم بثنائي اثيل اثير ، ومن ثم يحسب المردود الناتج.

4- النتائج و المناقشة:

4-1- دراسة بنية المرتبطة (NPTH):

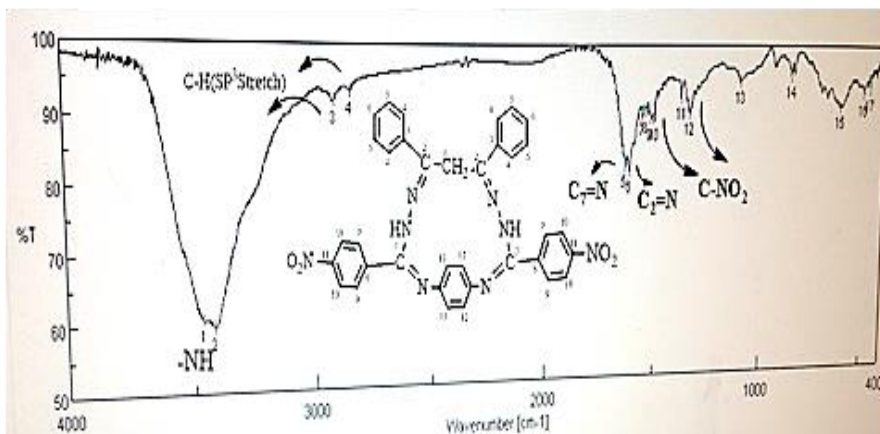
تم اصطناع المرتبطة وفق التفاعل التالي:



وتم التأكد من هوية المنتج باستخدام الطرائق الطيفية $^1\text{H-NMR}$ و (FT-IR) و (UV-Vis) أظهر طيف الأشعة ما تحت الحمراء الشكل (1) للمرتبطة وجود عصابات

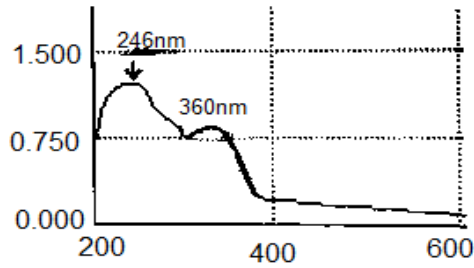
اصطناع وتوصيف مشتق حلقي ل-ثنائي 4- نثرو فينيل رباعي هيدرازون ومعقداته المعدنية مع بعض العناصر الانتقالية [Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]

امتصاص رئيسية عند الأعداد الموجية 3417 cm^{-1} عائدة إلى امتطاط الرابطة (N-H) وعصابة امتصاص 1638 cm^{-1} تعود إلى امتطاط الرابطة الايمينية (C=N) وعصابة امتصاص 1618 cm^{-1} تعود إلى امتطاط الرابطة الايمينية الثانية (C=N) و(1509- cm^{-1}) و(1343 cm^{-1}) عائدة إلى امتطاط الرابطة (NO₂) المتناظر والغير متناظر واختفاء القمة التي تعود للرابطة C=O [4,5]:



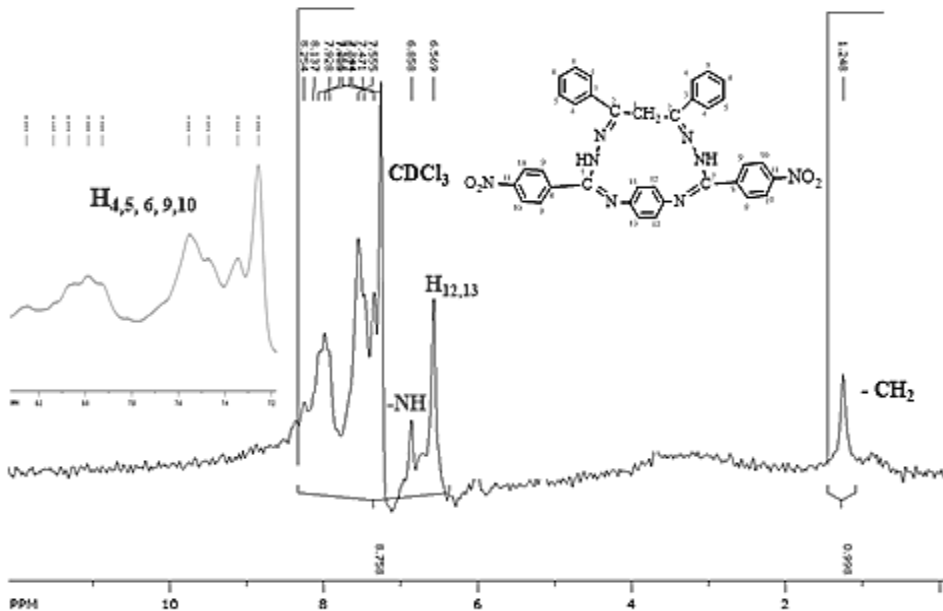
شكل(1): طيف الأشعة ما تحت الحمراء للمرتبطة (NPTH)

ومن خلال قياس مطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-visible) الشكل (2) للمرتبطة (NPTH) باستخدام الميتانول كمذيب وباستخدام خلية ذات عرض (1cm)، وعند درجة حرارة الغرفة، ظهر في الطيف حزمتان واضحتان لأعلى امتصاص الشكل (2) عند المجال (360 nm و 246 nm) يمكن أن تعزى إلى الإنتقالات الإلكترونية للمرتبطة حيث تمثل الحزمة الأولى عند الموقع 246nm ذات الشدة العالية للانتقال الإلكتروني من نوع ($\pi \rightarrow \pi^*$) نتيجة لاحتواء المرتبطة على روابط ثنائية مثل مجموعة (C=C) في الحلقات العطرية، أما حزمة الامتصاص الثانية ذات الشدة المنخفضة فتمثل الانتقال الإلكتروني من نوع ($n \rightarrow \pi^*$) نتيجة لوجود أزواج إلكترونية حرة على ذرات نثروجين مجموعة الازوميثين.



الشكل (2): طيف (uv-vis) للمرتبطة (NPTH)

كما سجل طيف الطنين النووي المغناطيسي البرتوني $^1\text{H-NMR}$ للمرتبطة الشكل (3) والجدول (1) في الكلوروفورم المديتر، حيث يُظهر (بعد الأخذ بعين الاعتبار وجود التناظر في بنية المركب) إشارتين أحاديتين عند الانزياح (6.860 ppm, S,2H)، تعود لبروتون مجموعة الأمين، و عند (1.25 ppm, S,2H) تعود لبروتونات مجموعة الميثيلين، أما بقية بروتونات الحلقات العطرية تمتص بشكل إشارة متعددة عند المجال (7.35–8.26ppm,m,18H) كما موضح في الجدول(1).



الجدول (1): طيف الـ ¹H-NMR للمرتبطة NPTH

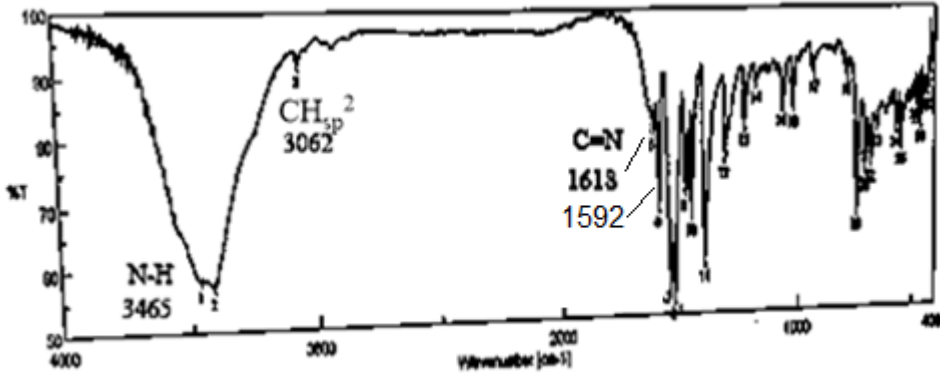
H-NMR(δ,ppm)	الرقم
1.25 (S, 2H)	1
6.57 (S, 4H)	12,13
6.860 (S,2H)	N-H
7.35-8.26 (m,18H)	4,5,6,9,10

4-1- دراسة بنية المعقدات المحضرة :

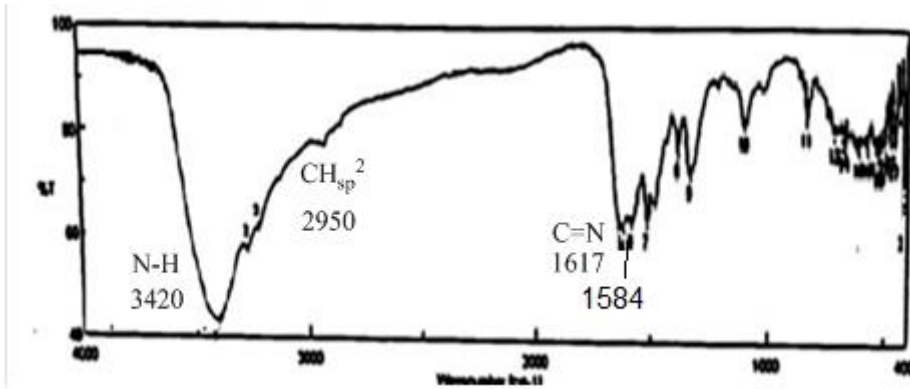
تم الحصول على ثلاثة معقدات من خلال تفاعل المرتبطة مع أملاح المعادن MCl_2 حيث: ($M = Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}$) في الايتانول مع التحريك المستمر لمدة (15) ساعة عند درجة حرارة $78^\circ C$ وبنسبة مولية (1:1) على التوالي، ودرست بنية المعقدات المحضرة باستخدام مطيافية الأشعة ما تحت الحمراء (FT-IR) الأشكال (4,5,6)، حيث بينت الأطياف المسجلة للمعقدات من خلال مقارنتها مع طيف المرتبطة الحرة NPTH انزياح عصابة الامتصاص التابعة لمجموعة الأزوميثين الأولى ($C_7=N$) نحو الأعداد الموجية الأدنى من 1638Cm^{-1} في المرتبطة إلى $[1600-1617-1618\text{Cm}^{-1}]$ في

المعقدات، إضافةً إلى انزياح عصابة الامتصاص التابعة لامتطاط مجموعة الأزومتين الثانية ($C_2=N$) نحو الأعداد الموجية الأدنى أيضاً من 1618Cm^{-1} في المرتبطة إلى $[1592-1584-1580\text{Cm}^{-1}]$ في المعقدات.

مما يدل على حدوث التساند في هذه المواقع، مما سبق يمكن القول بأنّ تساند الأيون المعدني (M^{II}) مع المرتبطة NPTH يمكن أن يتمّ من خلال ذرتي نتروجين مجموعتي الأزوميتين ($C_7=N$) و ($C_2=N$).

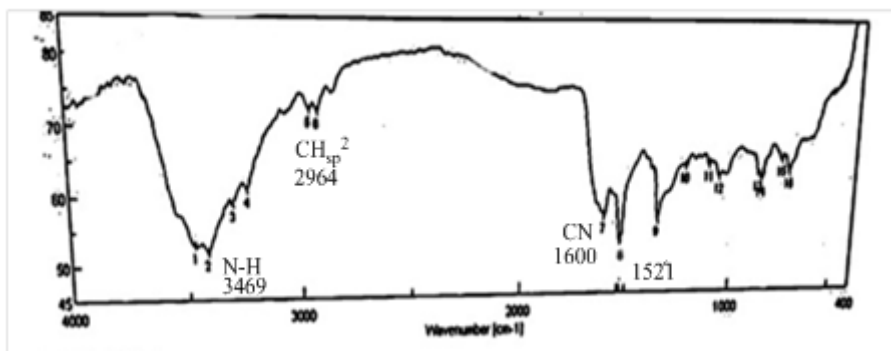


الشكل (5): طيف الأشعة ما تحت الحمراء للمعقد: $[Cu(NPTH)Cl_2]$



الشكل (6): مطيافية الأشعة ما تحت الحمراء للمعقد $[Zn(NPTH)Cl_2]$

اصطناع وتوصيف مشتق حلقي لـ ثنائي 4- نثرو فينيل رباعي هيدرازون ومعدناته المعدنية مع بعض العناصر الانتقالية [Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]



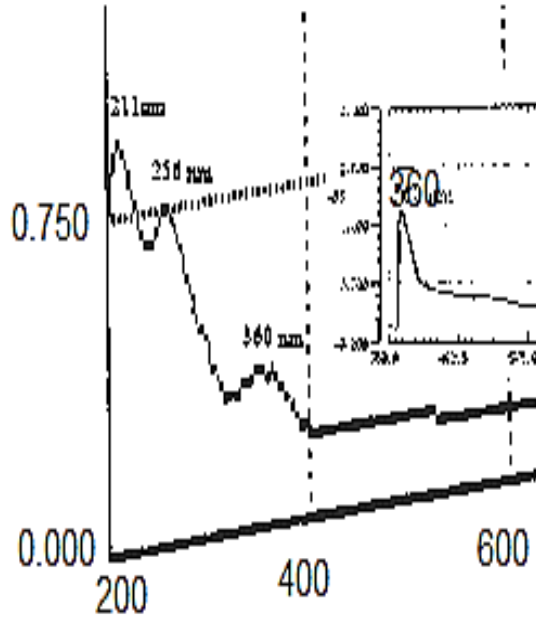
الشكل (7): مطيافية الأشعة مآتحت الحمراء للمعقد [Cd(NPTH) Cl₂]

الجدول (2): قيم عصابات الامتصاص في طيف (FT-IR) للمرتبطة L ومعدناتها المعدنية

Compounds	v(NH)	v(CH) _{sp} ²	v(C ₂ =N)	v(C ₇ =N)
NPTH	3417	2921-2853	1638	1618
[Cu(NPTH)Cl ₂]	3415	2812-2937	1618	1592
[Zn(NPTH)Cl ₂]	3420	2813-2938	1617	1584
[Cd(NPTH) Cl ₂]	3415	2829-2964	1600	1580

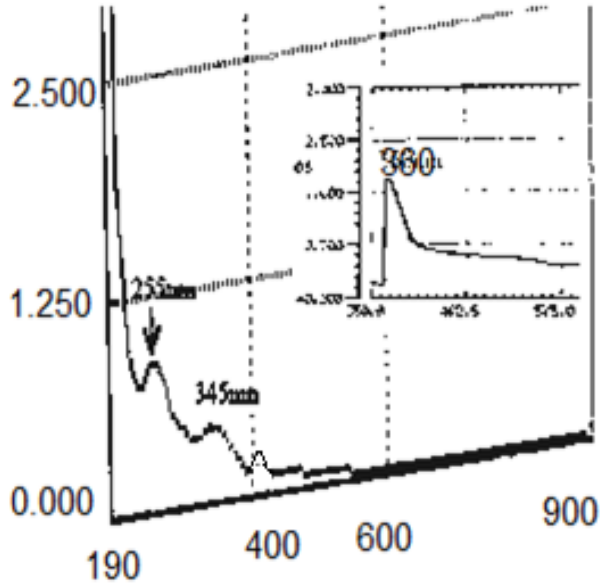
تظهر الأشكال (8,9,10) أطيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية للمعدنات المحضرة، حيث يلاحظ وجود ثلاث قمم، الأولى تقع عند (211-260 nm) تعود إلى الانتقالات الالكترونية من نوع ($\pi \rightarrow \pi^*$)، في حين أنّ العصابة الثانية التي تظهر عند-256 (360 nm) تعود إلى الانتقالات الالكترونية للمرتبطة من نوع ($n \rightarrow \pi^*$) وقد انزاحت نحو أطوال موجية مختلفة مقارنة مما هو عليه في حالة المرتبطة الحرة NPTH ، و ذلك نتيجة التساند مع الأيون المعدني ، أما العصابة الثالثة و التي تظهر عند 360-390

(nm غالباً تعود إلى انتقال الشحنة(LMTC) بسبب منح الأزواج الإلكترونية الحرة من ذرات النيتروجين في مجموعة الإيمين إلى أيون المعدن.

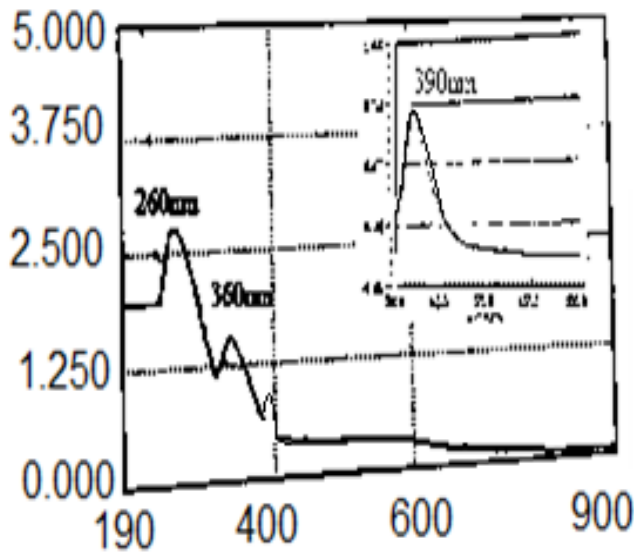


الشكل(8): مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية للمعقد[Cu(NPTH)Cl₂]

اصطناع وتوصيف مشتق حلقي لـ ثنائي 4- نثرو فينيل رباعي هيدرازون ومعداته المعدنية مع بعض العناصر الانتقالية [Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]



الشكل(9): مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية للمعقد $[Zn(NPTH)]Cl_2$

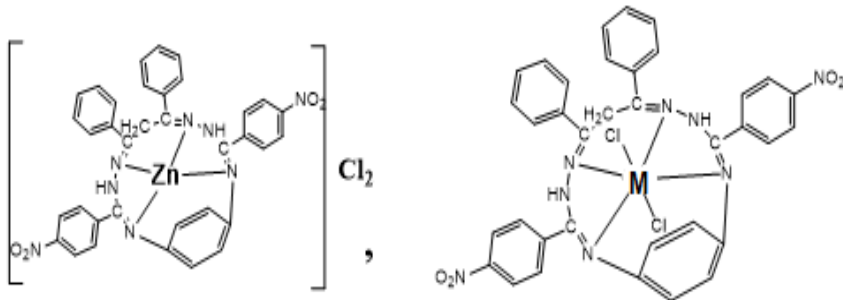


الشكل(10): مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية للمعقد $[Cd(NPTH)Cl_2]$

4-2- الكشف عن محتوى الكلور في المعقدات المعدنية:

تم الكشف عن محتوى الكلور في المعقدات المعدنية المحضرة وفق الطريقة التالية: يحل (0.01 g) من المعقد المعدني المحضرم كمية مناسبة من الايتانول، ويضاف (0.05 gm) من نترات الفضة الممددة بالماء المقطر $AgNO_3$ مع التحريك ، فتشكل راسب في معقد الزنك مما دلّ على وجود الكلور خارج كرة التساند، وعدم تشكله في معقدي النحاس والكاميوم، تخرب المعقدات السابقة بإضافة 0.5 ml من حمض الإزوت مع التسخين قليلاً ثم يضاف عدة قطرات من نترات الفضة، نلاحظ تشكل راسب من كلوريد الفضة في معقدي النحاس والكاميوم وعدم تشكله في معقد الزنك مم يدل على وجود الكلور في الكرة الداخلية لهذين المعقدين.

نتيجة لما تقدم أعلاه، واعتماداً على الدراسة الطيفية السابقة للمعقدات المحضرة، نقترح لها الصيغ الجزيئية العامة $[Cu(NPTH)Cl_2]$ لمعقد النحاس و $[Zn(NPTH)Cl_2]$ لمعقد الزنك و $[Cd(NPTH)Cl_2]$ لمعقد الكاديوم وهذه المعقدات مستقرة وثابتة في الهواء الجوي.



M: Cu,Cd

الصيغ التركيبية المقترحة للمعقدات المحضرة

3-4- دراسة نسبة المعدن في المعقدات المعدنية:

تمت دراسة نسبة المعدن في المعقدات المعدنية من خلال ترميد المعقد عند درجات عالية من الحرارة 1000°C ووزن الأوكسيد المتبقي وحساب نسبة المعدن فكانت النتائج وفق الجدول (3). ففي معقد النحاس حصلنا على أوكسيد النحاس الثنائي CuO

	CuO	⇔	Cu كل
وزن الاكسيد الناتج بعد الترميد	79.546		63.546
	0.0007		x
	⇔	x=0.0005gr	عملياً

	[Cu(NPTH)Cl₂]	⇔	Cu كل
الوزنة المأخوذة من المعقد	79.546		63.546
	0.0091		y
	⇔	y=0.0007gr	نظرياً

$$0.0005/0.0091*100=6.144\%$$

$$0.0007/0.009*100=7.69\%$$

الجدول (3): يوضح النسبة النظرية والنسبة الحقيقية للمعادن في المعقدات.

المعقد	النسبة النظرية (%)	النسبة الفعلية (%)	نسبة التطابق (%)
Cu(NPTH)Cl ₂]	7.69	6.144	79.89
[Zn(NPTH)]Cl ₂	7.1	6	84.50
[Cd(NPTH) Cl ₂]	9.25	9.25	100

كما تم قياس الناقلية للمعقدات عند تركيز (10^{-3} M) ، حيث تبين أن بعضها يمتلك خواص كهربية أي أنها تنتشر في المحلول وبعضها لا كهربي ، كما يبين الجدول (4) التالي:

الجدول (4): يوضح ناقلية المعقدات المحضرة بالميكروسيمينز .

الناقلية	المعقد
الكهربائية (ميكروسيمينز)	
25	Cu[(NPTH)Cl ₂]
185	[Zn(NPTH)]Cl ₂
10	[Cd(NPTH) Cl ₂]

ونورد في الجدول (5) بعض الخصائص الفيزيائية التي تمت دراستها للمركبات المحضرة:

اصطناع وتوصيف مشتق حلقى ل-ثنائي 4- نثرو فينيل رباعي هيدرازون ومعقداته المعدنية مع بعض العناصر الانتقالية [Cu^{II}, Zn^{II}, Cd^{II}]

الجدول (5): الخواص الفيزيائية للمرتبطة (NPTH) ومعقداتها المعدنية

. المركبات	الكتلة المولية M _w (g/mol)	اللون	درجة الانصهار C ^o	المردود %	الذوبانية			
					في الماء	في الميثانول الساخن	في DMF	في DMSO
NPTH	C ₃₅ H ₂₆ N ₈ O ₄ (622.65 g.mol ⁻¹)	بني	90 - 92	93	-	+	+	+
[Cu (NPTH)Cl ₂]	C ₃₅ H ₂₆ N ₈ O ₄ Cu (686.19 g.mol ⁻¹)	بني محمّر	143-145	49	-	في الميثانول الساخن	+	+
[Zn (NPTH)] Cl ₂	C ₃₅ H ₂₆ N ₈ O ₄ Cl ₂ Zn (758.39 g.mol ⁻¹)	بني	130 - 132	71.42	-	في الميثانول الساخن	+	+
[Cd(NPTH) Cl ₂]	C ₃₅ H ₂₆ N ₈ O ₄ Cl ₂ Cd (806.06g.mol ⁻¹)	بني	148-150	85.71	-	+	+	+

+ : ينحل - : لاينحل

5- النتائج:

- 1) تم اصطناع مرتبطة حلقيه جديدة لمشتق ثنائي 4- نثرو فينيل رباعي هيدرازون .
- 2) تم اصطناع معقداتها مع كل من أيونات النحاس والزنك والكاديوم.
- 3) أظهرت الناقلية الكهربائية للمعقدات السابقة أن بعضها كهربي أي أنها تتأين في المحلول وبعضها غير كهربي .
- 4) درست كل من المرتبطة والمعقدات المحضرة من خلال مطيافية الأشعة ما تحت الحمراء (FT-IR) ومطيافية الأشعة فوق البنفسجية (U V-Vis) وأظهرت نتائج الدراسة توافقها مع الصيغ المقترحة للمعقدات المحضرة .

6-المراجع:

- [1] M.DREW, P. WATERS, G.MCFALL, N.NELSON,
**“Preparation and structural properties of large cavity peraza
macro cycles”**, J. chem., (27) 1979 .
- [2] P.MARKEK, G.ROFAL,” **Novel access to poly macro cyclic
Schiff bases, Journal American chemistry”**, (123), 405-406 1989 .
- [3] ROBERT M. CLAY, STUART C, MAURO M, and PIERO P, “**Noncyclic
Reference Ligands for Tetraaza Macrocycles. Synthesis and
Thermodynamic Properties of a Series of a,w-Di-N-methylated
Tetraaza Ligands and Their Copper(II) Complexes**, Inorg. Chem.
(24), 3330-3336 1985.
- [4] Luigi F, **The Stabilization of High Oxidation States of Metals
Through Coordination by Polyaza Macrocycles”** [Temple
University Libraries], London W1T 3JH, 08 January, 2015.
- [5] Shigehisa A, **Novel ion recognition systems based on cyclic
and acyclic oligo(salen)-type ligands**, J Incl Phenom Macrocycl Chem
Inorganica Chimica, 72:25–54,2012.

مبدأ انحفاظ الطاقة الكلية للجسم (L-S) بلغة {u, ϑ} وبلغة {S, q}، بالشكل التنسوري الصامد

أ. د. منتجب الحسن¹

رامج رجب ديب²

ملخص البحث

موضوع البحث هو النموذج الرياضي لجسم مرن غير متماثل المناعي (Anisotropic) ومتجانس (Homogeneous)، وغير معتبر البنية الجزيئية وذو انفعالات مرنة صغيرة، في إطار المرونة الخطية التحريكية، المعممة، المترابطة مع الحرارة، علماً أن الفرق بين درجة الحرارة المطلقة والطبيعية صغير، وقانون التوصيل الحراري المعتبر هو قانون Maxwell (1867)، عوضاً عن قانون Fourier في التوصيل الحراري، الأمر الذي يؤدي إلى معادلة توصل حراري من النمط الزائدي بسرعة موجية منتهية في اللانهاية وزمن استرخاء واحد [1]. تمت مناقشته مثل هذا السلوك الترموديناميكي المعمم بدايةً من قِبَل الباحثين Lord و Shulman (1967)، حيث يرمز لهذا الجسم بالرمز (L-S). في البحث، سنعرض أولاً الشكلين التنسوريين الصامد والناطق في النظام الاحداثي الديكارتي للنموذج الرياضي لـ (L-S)، وبعدها سنعرض الشكل التنسوري الناطق في النظام الاحداثي الديكارتي لمبدأ انحفاظ الطاقة الكلية للجسم (L-S) بلغة $\{u_i, \vartheta\}$ (مقطعي الإزاحة والحرارة)، وبلغة $\{\hat{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$ (مقطعي الإجهاد والتدفق الحراري). بعدها سنناقش هذين المبدأين للجسم (L-S) بالشكل التنسوري الصامد بلغة $\{u, \vartheta\}$ (مقطعي الإزاحة والحرارة)، وبلغة $\{S, q\}$ (مقطعي الإجهاد والتدفق الحراري). أخيراً سننهي البحث باقتراح عدد من المسائل للمناقشة.

¹ أستاذ في قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة البعث.

² طالب دكتوراه في قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة البعث.

الكلمات المفتاحية: الجسم (L-S) المرن الخاضع لحرارة بزمن استرخاء واحد، الشكلين التنسوريين، الصامت والناطق للنموذج الرياضي للجسم (L-S) الترموديناميكي، المرن، بزمن استرخاء واحد، مبدأ انحفاظ طاقة الجسم (L-S) الترموديناميكي، المرن، بالشكل التنسوري الصامد، بلغة $\{u, \vartheta\}$ وبلغة $\{S, q\}$.

The Invariance tensorial forms of the energy balance for the (L-S) thermodynamical body of one relax time in terms of $\{\mathbf{u}, \vartheta\}$ and of $\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$

Prof. Mountajab Al-Hasan [†] & Rameh Rajab Deeb [‡]

Abstract

This subject of the paper is the mathematical linear model of elastic, homogeneous and anisotropic body, with no considerable structure and small elastic strains, subjected to temperature field, within the linear generalized coupled thermoelasticity of very small difference between the absolute and natural temperatures, where the Maxwell hot conduction law (1867) is considerable instead of the classical Fourier one, which leads to hyperbolic heat conduction equation with finite wave speed (in infinity), and one relax time [1]. Such a generalized thermo-dynamical procedure firstly discussed by Lord and Shulman (1967), where the body shortly called (L-S). In paper, we first introduce the variance tensorial form in Cartesian coordinate system of the (L-S) mathematical model and its energy balance in terms of $\{\hat{u}_i, \vartheta\}$ (displacement field and temperature field), and in terms of $\{\hat{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$ (stress field and heat flux vectorial field). Next, we discuss the (L-S) energy balance in the Invariance tensorial forms, in terms of $\{\mathbf{u}, \vartheta\}$ and in terms of $\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$. Finally, we end the paper by subjecting some problem for discussing.

[†] Professor At Department of Mathematics – Faculty of Science–Al–Baath University.

[‡] Ph.D. Student At Department of Mathematics–Faculty of Science–Al–Baath University.

Key words: The (L-S) Thermoelastic Body with One Relax Time, Invariable and Variable Tensor Forms of the Mathematical Model of Thermodynamical (L-S) Elastic Body with One Relax Time, The (L-S) Energy Balance in the Invariance Tensorial Form in Terms of $\{\mathbf{u}, \vartheta\}$ and in terms of $\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$.

1. مقدمة:

أن النظرية التقليدية (الخطية) للمرونة الحرارية (Carlson, 1972) هي نقطة البداية لنظريات أخرى أعم، تضم: المرونة اللزجة الحرارية، والمرونة الحرارية بانتشار، والمرونة الكهرطيسية الحرارية، والمرونة الحرارية بسرعات موجية منتهية في اللانهاية؛ إذ ظهرت نظرية المرونة الحرارية المعممة بزمن استرخاء واحد نتيجة إجراء تعديل على معادلة التوصيل الحراري التقليدية، حيث اقترح ذلك التعديل Maxwell (1867) ضمن نظرية الغازات، من ثم Cattaneo (1948) ضمن التوصيل الحراري في الجسم القاسي، من ثم العديد من الباحثين، أشهرهم Lord و Shulman (1967) ضمن إطار الجسم القابل للتشوه.

في [4] تمت مناقشة الأسس والنموذج الرياضي ومبدأي انحفاظ الطاقة بلغة $\{u_i, \vartheta\}$ وكذلك بلغة $\{\hat{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$ للجسم الترموديناميكي المعمم (L-S) بزمن استرخاء واحد، كل ذلك في النظام الاحداثي الديكارتي. وفي [5]، تمت مناقشة تلك الأسس وكذلك وصف Lamé لهذا الجسم الترموديناميكي المعمم (L-S) بزمن استرخاء واحد، وبالشكل التتسوري الصامد، وتم انهاء ذلك البحث بطرح مسألة للمناقشة، تطلب استنتاج مبدأي انحفاظ طاقة الجسم الترموديناميكي المعمم (L-S) بزمن استرخاء واحد، بلغة $\{u, \vartheta\}$ و بلغة $\{S, q\}$ ، وبالشكل التتسوري الصامد.

2. هدف أهمية البحث:

يهدف البحث إلى استنتاج الشكل التتسوري الصامد لكلٍ من مبدأي انحفاظ طاقة الجسم الترموديناميكي المعمم (L-S) بزمن استرخاء واحد، بلغة $\{u, \vartheta\}$ و بلغة $\{S, q\}$ ، حيث الجسم غير متجانس، وغير متماثل المناحي، ويشغل في لحظة البدء، منطقة B بسيطة الترابط ومحدودة في المتنوعة الاقليدية ثلاثية البعد R^3 . أما أهمية البحث فتكمن بالآتي. كتابة مبدأي انحفاظ طاقة الجسم الترموديناميكي المعمم (L-S) بزمن استرخاء واحد، بالشكل التتسوري الصامد يسمح بكتابتهما في نظام احداثي منحنى كفي، الأمر الذي يمكننا من اختيار ذلك النظام الإحداثي المنحنى الذي يسهل فيه كتابة هذين المبدأين، بالتالي تسهل فيه حل مسألة الجسم.

3. طرق لبحث:

سنعتمد تعميم طريقة كل من [1] Lysik و [2] Drobot و [3] Heinbockel، وتعميم الطريقة المستخدمة في [4]، في إيجاد الشكل التيسوري الصامد لكل من مبدئي انحفاظ طاقة الجسم الترموديناميكي المعمم (L-S) بزمن استرخاء واحد، بلغة $\{u, \vartheta\}$ وبلغة $\{S, q\}$ ، حيث الجسم غير متجانس، وغير متماثل المناحي، ويشغل في لحظة البدء، منطقة B بسيطة الترابط ومحدودة في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد R^3 . لهذا الغرض نعرض فيمايلي نتائج [1]، المتمثلة بالأسس الترموديناميكية المعممة والنموذج الرياضي ومبدئي انحفاظ الطاقة بلغة $\{u_i, \vartheta\}$ وكذلك بلغة $\{\hat{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$ للجسم المعتبر (L-S) في النظام الاحداثي الديكارتي، وكذلك نتائج البحث [5]، المتمثلة بالشكل التيسوري الصامد للأسس الترموديناميكية المعممة والنموذج الرياضي للجسم المعتبر (L-S).

الأسس الترموديناميكية المرنة، المعممة والنموذج الرياضي من نوع *Lame* ومبدئي انحفاظ الطاقة بلغة $\{u_i, \vartheta\}$ وبلغة $\{\hat{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$ للجسم (L-S)، غير المتجانس، وغير متماثل المناحي، والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط B المحدودة في R^3 :
توطئة: نفترض أن كافة الأدلة اللاتينية: i, j, k, \dots تأخذ القيم 1, 2, 3، وسنعمد رموز Einstein على المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد R^3 ، ولتكن $Ox_1x_2x_3$ جملة مقارنة عطالية، قاعدتها (e_1, e_2, e_3) . عندئذ توصف العملية الترموديناميكية المعممة المرنة للجسم الترموديناميكي المعمم (L-S)، من خلال أسرة المقاطع التيسورية $\{u, E, S, \vartheta, \eta, q\}$ ، علماً أن u مقطع متجهي؛ فيزيائياً يمثل حقل الإزاحات، أما E و S هما مقطعان تيسوريان من المرتبة الثانية، متناظران، يمثلان على الترتيب، حقل الانفعالات وحقل الاجهادات، إضافة إلى ما تقدم فإن $\vartheta = \theta - \theta_0$ ، علماً أن θ مقطع الحرارة المطلقة في الجسم، الذي هو مقطع سلمي، و θ_0 حرارة الحالة الطبيعية للجسم³، (وهو مقدار قابت موجب)، أخيراً η, q ، تمثل على الترتيب مقطع الأنتروبية في الجسم والذي هو مقطع سلمي، ومقطع التدفق الحراري وهو مقطع متجهي. إذا رمزنا

³ الحالة الطبيعية للجسم الترموديناميكي المعمم (L-S)، هي الحالة التي ينعدم فيها مقطع الأنتروبية η والمقطعين التيسوريين: E و S .

في $B \times A$ ، في النظام الإحداثي الديكارتي \mathbf{e}_i ، على الشكل الآتي:

$$\mathbf{u} = \hat{u}_i \mathbf{e}_i, \quad \mathbf{E} = \hat{E}_{ij} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j, \quad \mathbf{S} = \hat{S}_{ij} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j, \quad \mathbf{q} = \hat{q}_i \mathbf{e}_i \quad (3.1)$$

حيث المصفوفة \hat{u}_i في العلاقة الأولى في (3.1) تمثل مصفوفة المركبات في القاعدة الديكارتيّة \mathbf{e}_i ، لمقطع الإزاحة \mathbf{u} ، أما المصفوفتان $\hat{E}_{ij}, \hat{S}_{ij}$ في العلاقتين الثانية والثالثة في (3.1) فهما متناظرتان، وتمثلان، على الترتيب، مصفوفة المركبات الديكارتيّة لمقطع الانفعال، التّسوري \mathbf{E} ، ومصفوفة المركبات الديكارتيّة للمقطع التّسوري \mathbf{S} ، أخيراً، المصفوفة \hat{q}_i هي مصفوفة المركبات الديكارتيّة لمقطع التدفق الحراري، المتجهي \mathbf{q} . إن المقاطع التّسورية السابقة مجهولة، ويقابها المقطعين التّسوريين، المعلومين التاليين في $B \times A$ ؛ وهما مقطع القوة الحجمية، المتجهي:

$$\mathbf{b} = \hat{b}_i \mathbf{e}_i \quad (3.2)$$

ومقطع المصادر الحرارية r وهو مقطع سلمي.

تعريف 1: نسمي أسرة المقاطع التّسورية الناطقة، المجهولة $\{\hat{u}_i, \hat{E}_{ij}, \hat{S}_{ij}, \vartheta, \eta, \hat{q}_i\}$ سلوكاً ترموديناميكياً معمماً بزمن استرخاء واحد $t_0 > 0$ ، متوافقاً في $B \times A$ ، مع المقطعين التّسوريين المفروضين، الناطقين: r, \hat{b}_i ، إذا فقط إذا حققت هذه المقاطع التّسورية المعادلات الآتية في $B \times A$ [1]:

$$\hat{E}_{ij} = \frac{1}{2} (\hat{u}_{i,j} + \hat{u}_{j,i}), \quad (3.3)$$

$$\hat{S}_{ji,j} + \hat{b}_i = \rho \hat{u}_i, \quad (3.4)$$

$$\theta_0 \dot{\eta} = -\hat{q}_{i,i} + r, \quad (3.5)$$

$$\hat{S}_{ij} = \hat{C}_{ijk\ell} \hat{E}_{k\ell} + \hat{M}_{ij} \vartheta, \quad (3.6)$$

$$\theta_0 \eta = -\theta_0 \hat{M}_{ij} \hat{E}_{ij} + C_E \vartheta, \quad (3.7)$$

$$L \hat{q}_i = -\hat{k}_{ij} \vartheta_{,j}, \quad (3.8)$$

علماً أن L هو مؤثر اشتقاقي معطى بالعلاقة:

$$L := 1 + t_0 \partial / \partial t ; t_0 > 0 \quad (3.9)$$

في العلاقات (3.8)-(3.3)، رمز الفاصلة الدليلية يدل على المشتق الجزئي بالنسبة لمتحولات الموضع؛ $\frac{\partial f}{\partial X_i}$ ، $f_{,i} \equiv \partial_i f$ ، رمز النقطة يدل على المشتق الجزئي الزمني؛ $\dot{f} \equiv \partial_t f$ ، الرمز ρ يدل على مقطع الكثافة الحجمية للجسم وهو مقدار ثابت نظراً لأن الجسم متجانس، الرموز C_E ، \hat{M}_{ij} ، \hat{C}_{ijkl} ، على الترتيب، تدل على المركبات الديكارتية لمقطع المرونة، والمركبات الديكارتية لمقطع الإجهاد الحراري، وعلى الحرارة النوعية للجسم لأجل حالة انعدام مقطع الانفعال المرن له. إن هذه المقادير تحقق الخواص التالية:

$$\hat{C}_{ijkl} = \hat{C}_{jikl} = \hat{C}_{ijlk} = \hat{C}_{klij} , \quad (3.10)$$

$$\hat{M}_{ij} = \hat{M}_{ji} , C_E > 0 , \quad (3.11)$$

$$\hat{C}_{ijkl} \hat{E}_{ij} \hat{E}_{kl} > 0 , \quad (3.12)$$

كما أن الرموز \hat{k}_{ij} تدل على المركبات الديكارتية لمقطع التوصيل الحراري \mathbf{k} ، وهي تحقق:

$$\hat{k}_{ij} = \hat{k}_{ji} , \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_i \mathcal{G}_j > 0 , \quad (3.13)$$

إذا فرضنا، الآن أن كل من \hat{k}_{ij} و \hat{C}_{ijkl} قابل للقلب، وأن:

$$\hat{K}_{ijkl} = (\hat{C}_{ijkl})^{-1} , \hat{\lambda}_{ij} = (\hat{k}_{ij})^{-1} \quad (3.14)$$

$$\hat{A}_{ij} = -\hat{K}_{ijkl} \hat{M}_{kl} , C_S = C_E - \theta_0 \hat{M}_{ij} \hat{A}_{ij} \quad (3.15)$$

فتأخذ (3.9)-(3.3) الشكل المكافئ التالي في $B \times A$ [1]:

$$\hat{E}_{ij} = \frac{1}{2} (\hat{u}_{i,j} + \hat{u}_{j,i}) , \quad (3.16)$$

$$\hat{S}_{ji,j} + \hat{b}_i = \rho \ddot{u}_i , \quad (3.17)$$

$$\theta_0 \dot{\eta} = -\hat{q}_{i,i} + r , \quad (3.18)$$

$$\hat{E}_{ij} = \hat{K}_{ijkl} \hat{S}_{kl} + \hat{A}_{ij} \mathcal{G} , \quad (3.19)$$

$$\theta_0 \eta = \theta_0 \hat{A}_{ij} \hat{S}_{ij} + C_S \mathcal{G} , \quad (3.20)$$

$$\mathcal{G}_{,i} = -\hat{\lambda}_{ij} L \hat{q}_j , \quad (3.21)$$

وهو تعريف جديد مكافئ للعملية الترموديناميكية المعممة المرنة للجسم (L-S)، المتوافقة في $B \times A$ مع الحمول الترموديناميكية المعلومة: $\{\mathbf{b}, r\}$ ، حيث: $\hat{K}_{ijkl}, \hat{A}_{ij}, \hat{\lambda}_{ij}$ ، على الترتيب تمثل: هي المركبات الديكارتية للمقطع التتسوري \mathbf{K} من المرتبة الرابعة، والذي يسمى بمقطع المطاوعة المرنة، والمركبات الديكارتية للمقطع التتسوري A من المرتبة الثانية، والذي يسمى بمقطع التمدد الحراري، والمركبات الديكارتية للمقطع التتسوري λ من المرتبة الثانية، الذي يسمى بمقطع المقاومة الحرارية، أخيراً C_S تمثل الحرارة النوعية للجسم (L-S) خلال انعدام مقطع إجهاداته، وإلى ما تقدم ذكره، نضيف أن الكميات السابقة تحقق الخواص التالية:

$$\hat{K}_{ijkl} = \hat{K}_{jikl} = \hat{K}_{ijlk} = \hat{K}_{klij}, \quad (3.22)$$

$$\hat{A}_{ij} = \hat{A}_{ji}, \quad C_S > 0, \quad (3.23)$$

$$\hat{K}_{ijkl} \hat{S}_{ij} \hat{S}_{kl} > 0, \quad (3.24)$$

$$\hat{\lambda}_{ij} = \hat{\lambda}_{ji}, \quad \hat{\lambda}_{ij} \hat{q}_i \hat{q}_j > 0, \quad (3.25)$$

ملاحظة 1: إذا كان الجسم غير متجانساً، عندئذٍ تصبح المقادير: ρ و C_E و \hat{k}_{ij} و \hat{M}_{ij} و \hat{C}_{ijkl} ، ونظرائها: ρ^{-1} و C_S^{-1} و $\hat{\lambda}_{ij}$ و \hat{A}_{ij} و \hat{K}_{ijkl} ، وكذلك t_0 تابعة للموضع: $\mathbf{X} \equiv (X_1, X_2, X_3)$ ولا تتبع للزمن t . عندئذٍ تدعى هذه الكميات بالتتابع المادية للجسم الترموديناميكي المعمم وغير المتجانس (L-S).

ملاحظة 2:

واضح أن العملية الترموديناميكية المعممة للجسم (L-S)، المتوافقة في $B \times A$ مع الحمول الترموديناميكية المعلومة $\{\mathbf{b}, r\}$ ، يمكن أن توصف إما من خلال (3.9)-(3.3)، أو من خلال (3.21)-(3.16). بما أن كلا النظامين معقد، فعادةً ما نقوم باختصار كلاً منها إلى نظام يحتوي أقل عدد ممكن من المقاطع التتسورية المجهولة. على سبيل المثال، بحذف مقطع الأنتروبية η من النظام (3.9)-(3.3) أو من النظام (3.21)-(3.16)، نجد أن العملية الترموديناميكية المعممة $\{\mathbf{u}, \mathbf{E}, \mathbf{S}, \vartheta, \mathbf{q}\}$ ، موصوفة في $B \times A$ من خلال النظام المعادلاتي:

$$\hat{E}_{ij} = \frac{1}{2}(\hat{u}_{i,j} + \hat{u}_{j,i}) , \quad (3.26)$$

$$\hat{S}_{ji,j} + \hat{b}_i = \rho \ddot{u}_i , \quad (3.27)$$

$$-\hat{q}_{i,i} + r = C_E \dot{\mathcal{G}} - \theta_0 \hat{M}_{ij} \hat{E}_{ij} , \quad (3.28)$$

$$\hat{S}_{ij} = \hat{C}_{ijkl} \hat{E}_{kl} + \hat{M}_{ij} \mathcal{G} , \quad (3.29)$$

$$L \hat{q}_i = -\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} , \quad (3.30)$$

أو من خلال النظام المعادلاتي:

$$\hat{E}_{ij} = \frac{1}{2}(\hat{u}_{i,j} + \hat{u}_{j,i}) , \quad (3.31)$$

$$\hat{S}_{ji,j} + \hat{b}_i = \rho \ddot{u}_i , \quad (3.32)$$

$$-\hat{q}_{i,i} + r = C_S \dot{\mathcal{G}} + \theta_0 \hat{A}_{ij} \hat{S}_{ij} , \quad (3.33)$$

$$\hat{E}_{ij} = \hat{K}_{ijkl} \hat{S}_{kl} + \hat{A}_{ij} \mathcal{G} , \quad (3.34)$$

$$\mathcal{G}_{,i} = -\hat{\lambda}_{ij} L \hat{q}_j , \quad (3.35)$$

الشكل الديكارتي للنموذج الرياضي من نوع *Lame* للجسم الترموديناميكي المعمم $(L-S)$ ، غير المتجانس، وغير متماثل المناحي، والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط B ومحدودة في المتنوعة الاقليدية ثلاثية البعد R^3 :

نحصل على هذا النموذج الرياضي من النظام (3.25)-(3.29)، بحذف المقاطع التتسورية: $\hat{E}_{ij}, \hat{S}_{ij}, \hat{q}_i$ ، فنحصل على معادلات الإزاحة والحرارة، التالية المحققة في $B \times A^+$

$$\left(\hat{C}_{ijkl} \hat{u}_{k,\ell} \right)_{,j} - \rho \ddot{u}_i + \left(\hat{M}_{ij} \mathcal{G} \right)_{,j} = -\hat{b}_i , \quad (3.36)$$

$$\left(\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \right)_{,i} - C_E L \dot{\mathcal{G}} + \theta_0 \hat{M}_{ij} L \hat{u}_{i,j} = -Lr , \quad (3.37)$$

نضيف إلى ذلك الشروط الحدية والابتدائية التالية.

الشروط الابتدائية في B :

$$\hat{u}_i(\cdot, 0) = \hat{u}_{i0} , \quad \dot{\hat{u}}_i(\cdot, 0) = \dot{\hat{u}}_{i0} \quad \text{in } B , \quad (3.38)$$

$$\mathcal{G}(\cdot, 0) = \mathcal{G}_0 , \quad \dot{\mathcal{G}}(\cdot, 0) = \dot{\mathcal{G}}_0 \quad \text{in } B , \quad (3.39)$$

حيث المقاطع التتسورية الناطقة: $\{\hat{u}_{i0}, \dot{\hat{u}}_{i0}, \mathcal{G}_0, \dot{\mathcal{G}}_0\}$ مفروضة في B ،
الشروط الحدية على $\partial B \times A$:

$$\hat{u}_i = \hat{u}'_i \quad \text{on } \partial B_1 \times A, \quad (3.40)$$

$$\left(\hat{C}_{ijkl} \hat{u}_{k,l} + \hat{M}_{ij} \mathcal{G} \right) \hat{n}_j = \hat{S}'_i \quad \text{on } \partial B_2 \times A, \quad (3.41)$$

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}' \quad \text{on } \partial B_3 \times A, \quad (3.42)$$

$$-\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \hat{n}_i = q' \quad \text{on } \partial B_4 \times A, \quad (3.43)$$

حيث:

$$\partial B = \partial B_1 \cup \partial B_2 = \partial B_3 \cup \partial B_4, \quad (3.44)$$

$$\partial B_1 \cap \partial B_2 = \partial B_3 \cap \partial B_4 = \Phi, \quad (3.45)$$

والمقاطع التتسورية الناطقة $\{\hat{u}'_i, \hat{S}'_i, \mathcal{G}', q'\}$ مفروضة، و \hat{n}_i المركبات الديكارتية لمقطع الواحدة المتجهي \mathbf{n} الناظم على السطح ∂B ، والموجه نحو خارج ∂B .

تعريف 3: ندعو المقطعين التتسوريين الناطقين: $\{\hat{u}_i, \mathcal{G}\}$ (النناج)، المحققين للمعادلات الترموديناميكية المعممة (3.37)–(3.36)، للشروط الابتدائية (3.39)–(3.38) والشروط الحدية (3.45)–(3.40)، ندعوها بسلوك Lamé الترموديناميكي المعمم في $B \times A$ للجسم (L-S)، والمتوافق مع الحمول الترموديناميكية المفروضة (المسببات):

$$\{\hat{b}_i, r, \hat{u}_{i0}, \dot{\hat{u}}_{i0}, \mathcal{G}_0, \dot{\mathcal{G}}_0, \hat{u}'_i, \hat{S}'_i, \mathcal{G}', q'\} \quad (3.46)$$

معادلات Ignaczak بـ $\{\hat{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$ لأجل الجسم الترموديناميكي المعمم،

المرن (L-S)، ويزمن استرخاء واحد:

للحصول علي هذه المعادلات نقوم بحذف المقاطع التتسورية \hat{u}_i و \hat{E}_{ij} و η و \mathcal{G} من (3.21)–(3.16)، نحصل على المعادلات التتسورية التالية، المحققة في $B \times A^+$:

$$\begin{aligned} \left(\rho^{-1} \hat{S}_{(ik,k),j} \right) - \hat{K}'_{ijkl} \hat{S}_{k\ell} + C_S^{-1} \hat{A}_{ij} \hat{q}_{k,k} = - \left(\rho^{-1} \hat{b}_{(i) ,j} \right) + \\ + C_S^{-1} \hat{A}_{ij} \dot{r}, \end{aligned} \quad (3.47)$$

$$\left(C_S^{-1} \hat{q}_{k,k} \right)_{,i} - \hat{\lambda}_{ij} \dot{\hat{q}}_j + \theta_0 \left(C_S^{-1} \hat{A}_{pq} \hat{S}_{pq} \right)_{,i} = \left(C_S^{-1} r \right)_{,i},$$

حيث:

$$\hat{K}'_{ijk\ell} = \hat{K}_{ijk\ell} - \theta_0 C_S^{-1} \hat{A}_{ij} \hat{A}_{k\ell} \quad (3.48)$$

والرمز:

$$\tilde{f} = Lf \quad (3.49)$$

قانون انحفاظ الطاقة الكلية للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن (L-S)، ويزمن

استرخاء واحد، بلغة $\{\hat{u}_i, \mathcal{G}\}$:

هذا القانون يتوافق مع المعادلات (3.8)-(3.3) و (3.37)-(3.36). بهدف الحصول على هذه المعادلات، نطبق المؤثر L على المعادلات (3.7)-(3.3)، ونأخذ بهين الاعتبار استقلال المعاملات المادية عن الزمن، وأن المؤثر L تبديلي مع المشتقات الجزئية بالنسبة لمتحولات الموضع، فنحصل بذلك على المعادلات التالية:

$$\tilde{\tilde{E}}_{ij} = \frac{1}{2}(\tilde{\tilde{u}}_{i,j} + \tilde{\tilde{u}}_{j,i}), \quad (3.50)$$

$$\tilde{\tilde{S}}_{ji,j} + \tilde{\tilde{b}}_i = \rho \ddot{\tilde{u}}_i, \quad (3.51)$$

$$\theta_0 \dot{\tilde{\eta}} = -\tilde{\tilde{q}}_{i,i} + \tilde{r}, \quad (3.52)$$

$$\tilde{\tilde{S}}_{ij} = \hat{C}_{ijk\ell} \tilde{\tilde{E}}_{k\ell} + \hat{M}_{ij} \tilde{\mathcal{G}}, \quad (3.53)$$

$$\theta_0 \dot{\tilde{\eta}} = -\theta_0 \hat{M}_{ij} \tilde{\tilde{E}}_{ij} + C_E \tilde{\mathcal{G}}, \quad (3.54)$$

$$\tilde{\tilde{q}}_i = -\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j}, \quad (3.55)$$

بضرب طرفي المعادلة (3.51) بـ $\dot{\tilde{u}}_i$ ، نجد:

$$\dot{\tilde{u}}_i \tilde{\tilde{S}}_{ji,j} + \tilde{\tilde{b}}_i \dot{\tilde{u}}_i = \rho \dot{\tilde{u}}_i \ddot{\tilde{u}}_i, \quad (3.57)$$

ينتج عن ذلك وعن (3.50) أن⁴:

$$\left(\dot{\tilde{u}}_i \tilde{\tilde{S}}_{ji,j} \right) - \dot{\tilde{E}}_{ij} \tilde{\tilde{S}}_{ji} + \tilde{\tilde{b}}_i \dot{\tilde{u}}_i = \frac{1}{2} \rho \frac{\partial}{\partial t} \dot{\tilde{u}}_i \dot{\tilde{u}}_i, \quad (3.58)$$

هذا من جهة أولى. من جهة ثانية ينتج عن (3.53) وعن العلاقات التناظرية (3.10) أن:

⁴ من أجل أي مقطع تنسوري P_{ij} تتحقق العلاقة: $\tilde{\tilde{S}}_{ji} P_{ij} = \tilde{\tilde{S}}_{ji} P_{(ij)}$.

$$\begin{aligned} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{S}_{ji} &= \hat{C}_{ijkl} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{E}_{kl} + \hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{g} = \\ & \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\hat{C}_{ijkl} \check{E}_{ij} \check{E}_{kl} \right) + \hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{g}, \end{aligned} \quad (3.59)$$

بتعويض (3.59) في (3.58)، نجد:

$$\begin{aligned} \left(\dot{\hat{u}}_i \check{S}_{ji} \right)_{,j} + \check{b}_i \dot{\hat{u}}_i &= \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho \dot{\hat{u}}_i \dot{\hat{u}}_i + \hat{C}_{ijkl} \check{E}_{ij} \check{E}_{kl} \right) + \\ & + \hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{g}, \end{aligned} \quad (3.60)$$

بمكاملة طرفي العلاقة السابقة في B ، من ثم باستخدام الـ Divergence Theorem، نجد أن:

$$\begin{aligned} \int_{\partial B} \dot{\hat{u}}_i \check{S}_{ji} \hat{n}_j \, da + \int_B \check{b}_i \dot{\hat{u}}_i \, dv &= \\ = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int_B \left(\hat{C}_{ijkl} \check{E}_{ij} \check{E}_{kl} + \rho \dot{\hat{u}}_i \dot{\hat{u}}_i \right) dv &+ \int_B \hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{g} \, dv, \end{aligned} \quad (3.61)$$

الآن، من العلاقات (3.52) و (3.54) و (3.55)، نجد:

$$C_E \dot{\check{g}} - \theta_0 \hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} = \left(\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \right)_{,i} + \check{r} \quad (3.62)$$

بالتالي:

$$\hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{g} = \frac{C_E}{\theta_0} \check{g} \dot{\check{g}} - \frac{1}{\theta_0} \left(\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \right)_{,i} \check{g} - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{g}, \quad (3.63)$$

أو:

$$\hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{g} = \frac{1}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} (C_E \check{g}^2) - \frac{1}{\theta_0} \left(\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \right)_{,i} \check{g} - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{g}, \quad (3.64)$$

ينتج عن ذلك وعن الخواص التناظرية₁ (3.25)، أن:

$$\begin{aligned} \hat{M}_{ij} \dot{\hat{E}}_{ij} \check{g} &= \frac{1}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} (C_E \check{g}^2) + \frac{1}{\theta_0} \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,i} \mathcal{G}_{,j} + \\ & + \frac{t_0}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} \left(\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,i} \mathcal{G}_{,j} \right) - \frac{1}{\theta_0} \left(\hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \check{g} \right)_{,i} - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{g}, \end{aligned} \quad (3.65)$$

بمكاملة طرفي العلاقة (3.65) في B ، من ثم باستخدام الـ Divergence Theorem، نجد أن:

$$\int_B \hat{M}_{ij} \ddot{E}_{ij} \bar{\mathcal{G}} \, dv = \frac{1}{2\theta_0} \frac{d}{dt} \int_B C_E \bar{\mathcal{G}}^2 \, dv + \frac{t_0}{2\theta_0} \frac{d}{dt} \int_B \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,i} \mathcal{G}_{,j} \, dv + \frac{1}{\theta_0} \int_B \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,i} \mathcal{G}_{,j} \, dv - \frac{1}{\theta_0} \int_{\partial B} \bar{\mathcal{G}} \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \hat{n}_i \, da - \frac{1}{\theta_0} \int_B \bar{r} \bar{\mathcal{G}} \, dv, \quad (3.66)$$

أخيراً، بتعويض (3.66) في (3.61) نحصل على:

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} \int_B \rho \dot{u}_i \dot{u}_i \, dv + \frac{1}{2} \int_B \hat{C}_{ijkl} \ddot{E}_{ij} \ddot{E}_{kl} \, dv + \frac{1}{2\theta_0} \int_B C_E \bar{\mathcal{G}}^2 \, dv + \frac{t_0}{2\theta_0} \int_B \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,i} \mathcal{G}_{,j} \, dv \right] + \frac{1}{\theta_0} \int_B \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,i} \mathcal{G}_{,j} \, dv = \int_{\partial B} \dot{u}_i \ddot{S}_{ji} \hat{n}_j \, da + \int_B \dot{u}_i \ddot{b}_i \, dv + \frac{1}{\theta_0} \int_{\partial B} \bar{\mathcal{G}} \hat{k}_{ij} \mathcal{G}_{,j} \hat{n}_i \, da + \frac{1}{\theta_0} \int_B \bar{r} \bar{\mathcal{G}} \, dv, \quad (3.67)$$

وهو قانون انحفاظ الطاقة الكلية للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن (L-S)، ويزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\dot{u}_i, \mathcal{G}\}$.⁵

قانون انحفاظ الطاقة الكلية للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن (L-S)، ويزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\dot{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$:

يتعلق هذا القانون بالمعادلتين التتسوريتين (3.47)، ويمكن الوصول إلى هذا القانون باتباع مايلي [1]. بضرب طرفي المعادلة (3.47)₁ بـ \dot{S}_{ij} والمعادلة (3.47)₂ بـ \hat{q}_i ،

وبالأخذ بعين الاعتبار الاسناد الهامشي 4، نحصل على المعادلتين التاليتين:

$$\left(\rho^{-1} \hat{S}_{ik,k} \right)_{,j} \dot{S}_{ij} - \hat{K}'_{ijkl} \ddot{S}_{kl} \dot{S}_{ij} + C_S^{-1} \hat{A}_{ij} \hat{q}_{k,k} \dot{S}_{ij} = - \left(\rho^{-1} \hat{b}_i \right)_{,j} \dot{S}_{ij} + C_S^{-1} \hat{A}_{ij} \dot{S}_{ij} \dot{r}, \quad (3.68)$$

$$\left(C_S^{-1} \hat{q}_{k,k} \right)_{,i} \hat{q}_i - \hat{\lambda}_{ij} \dot{q}_i \dot{q}_j + \theta_0 \left(C_S^{-1} \hat{A}_{pq} \dot{S}_{pq} \right)_{,i} \hat{q}_i = \left(C_S^{-1} r \right)_{,i} \hat{q}_i, \quad (3.69)$$

⁵ في (3.67) ينبغي استبدال كل من \ddot{E}_{ij} و \ddot{S}_{ij} بما يساويه بدلالة $\{\dot{u}_i, \mathcal{G}\}$ باستخدام العلاقتين (3.50) و (3.53)؛ وتركت بهذا الشكل للسهولة.

لكن بالأخذ بعين الاعتبار بأن:

$$\left(\rho^{-1}\hat{S}_{ik,k}\right)_{,j}\hat{S}_{ij}=\left(\rho^{-1}\hat{S}_{ik,k}\hat{S}_{ij}\right)_{,j}-\rho^{-1}\hat{S}_{ik,k}\hat{S}_{ij,j}, \quad (3.70)$$

$$\left(C_S^{-1}\hat{q}_{k,k}\right)_{,i}\hat{q}_i=\left(C_S^{-1}\hat{q}_{k,k}\hat{q}_i\right)_{,i}-C_S^{-1}\hat{q}_{k,k}\hat{q}_{i,i}, \quad (3.71)$$

$$\left(C_S^{-1}\hat{A}_{pq}\hat{S}_{pq}\right)_{,i}\hat{q}_i=\left(C_S^{-1}\hat{A}_{pq}\hat{S}_{pq}\hat{q}_i\right)_{,i}-C_S^{-1}\hat{A}_{pq}\hat{S}_{pq}\hat{q}_{i,i}, \quad (3.72)$$

بتعويض (3.70)-(3.72) في (3.68) و(3.69)، من ثم بمكاملة طرفي العلاقتين الناتجتين في B ، من ثم باستخدام الـ Divergence Theorem، نجد أن:

$$\begin{aligned} & \int_{\partial B} \rho^{-1}\hat{S}_{ik,k}\hat{S}_{ij}\hat{n}_j da - \int_B \rho^{-1}\hat{S}_{ik,k}\hat{S}_{ij,j} dv \\ & - \int_B \hat{K}'_{ijk\ell}\hat{S}_{ij}\hat{S}_{k\ell} dv + \int_B C_S^{-1}\hat{A}_{ij}\hat{S}_{ij}\hat{q}_{k,k} dv = \quad (3.73) \\ & = - \int_B \left(\rho^{-1}\hat{b}_i\right)_{,j}\hat{S}_{ij} dv + \int_B C_S^{-1}\hat{A}_{ij}\hat{S}_{ij}\dot{r} dv, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\theta_0} \int_{\partial B} C_S^{-1}\hat{q}_{k,k}\hat{q}_i\hat{n}_i da - \frac{1}{\theta_0} \int_B C_S^{-1}\hat{q}_{k,k}\hat{q}_{i,i} dv \\ & - \frac{1}{\theta_0} \int_B \hat{\lambda}_{ij}\hat{q}_i\hat{q}_j dv + \int_{\partial B} C_S^{-1}\hat{A}_{pq}\hat{S}_{pq}\hat{q}_i\hat{n}_i da \quad (3.74) \\ & - \int_B C_S^{-1}\hat{A}_{pq}\hat{S}_{pq}\hat{q}_{i,i} dv = \frac{1}{\theta_0} \int_B \left(C_S^{-1}r\right)_{,i}\hat{q}_i dv, \end{aligned}$$

بإضافة المعادلتين السابقتين، ثم بترتيب الحدود، نحصل على قانون انحفاظ الطاقة الكلية الآتي للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن (L-S)، ويزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\hat{S}_{ij}, \hat{q}_i\}$:

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} \int_B \rho^{-1}\hat{S}_{ik,k}\hat{S}_{ij,j} dv + \frac{1}{2} \int_B \hat{K}'_{ijk\ell}\hat{S}_{ij}\hat{S}_{k\ell} dv + \right. \\ & \left. + \frac{1}{2\theta_0} \int_B C_S^{-1}(\hat{q}_{k,k})^2 dv + \frac{t_0}{2\theta_0} \int_B \hat{\lambda}_{ij}\hat{q}_i\hat{q}_j dv \right] + \frac{1}{\theta_0} \int_B \hat{\lambda}_{ij}\hat{q}_i\hat{q}_j dv \quad (3.75) \\ & = \int_B \left[\left(\rho^{-1}\hat{b}_i\right)_{,j}\hat{S}_{ij} - C_S^{-1}\hat{A}_{ij}\hat{S}_{ij}\dot{r} - \theta_0^{-1}\left(C_S^{-1}r\right)_{,i}\hat{q}_i \right] dv + \\ & + \int_{\partial B} \left[\rho^{-1}\hat{S}_{ik,k}\hat{S}_{ij}\hat{n}_j + C_S^{-1}\left(\hat{A}_{pq}\hat{S}_{pq} + \theta_0^{-1}\hat{q}_{k,k}\right)\hat{q}_i\hat{n}_i \right] da \end{aligned}$$

في البحث، تلزماً أيضاً نتائج البحث [12]، المتمثلة بمناقشة الشكل التيسوري الصامد للأسس الترموديناميكية المعممة ولوصف Lamé الترموديناميكي المعمم للجسم (L-S) غير المتجانس وغير متماثل المناحي. يتألف الشكل التيسوري الصامد، للأسس الترموديناميكية المعممة للجسم (L-S)، غير المتجانس وغير المتماثل المناحي، والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط والمحدودة B في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد R^3 ، يتألف من المعادلات التيسورية الصامدة، التالية المحققة في $B \times A$ [12]:

$$\mathbf{E} := \frac{1}{2} [\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T] \quad (3.76)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{S} + \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad (3.77)$$

$$- \operatorname{div} \mathbf{q} + r = C_E \dot{\vartheta} - \theta_0 \mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}}, \quad (3.78)$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{C}[\mathbf{E}] + \mathbf{M} \vartheta, \quad (3.79)$$

$$\check{\mathbf{q}} = -\mathbf{k} \nabla \vartheta, \quad (3.80)$$

أو من المعادلات التيسورية الصامدة، التالية المحققة في $B \times A$:

$$\mathbf{E} := \frac{1}{2} [\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T] \quad (3.81)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{S} + \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad (3.82)$$

$$- \operatorname{div} \mathbf{q} + r = C_S \dot{\vartheta} + \theta_0 \mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}, \quad (3.83)$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{K}[\mathbf{S}] + \mathbf{A} \vartheta, \quad (3.84)$$

$$\nabla \vartheta = -\lambda \check{\mathbf{q}}, \quad (3.85)$$

حيث: الرمز: $\nabla = \mathbf{e}_i \partial_i$ ؛ $\nabla \mathbf{u} \equiv \operatorname{grad} \mathbf{u} = \hat{u}_{i,j} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$ ، والرمز الرمز \mathbf{Q}^T يدل على منقول المقطع التيسوري \mathbf{Q} ⁶، والرمز div يرمز للنفوق: $\operatorname{div} \mathbf{S} = (\partial_j \hat{S}_{ji}) \mathbf{e}_i$ ، حيث ∂_k يمثل المشتق الجزئي بالنسبة للموضع X_k ؛ $\hat{S}_{ji,k} \equiv \frac{\partial \hat{S}_{ji}}{\partial X_k}$ ، $\partial_k \hat{S}_{ji} = \frac{\partial \hat{S}_{ji}}{\partial X_k}$ ، والرمز $\mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}}$ يمثل الجداء الداخلي للمقطع التيسوري $\mathbf{M} = \hat{M}_{ij} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$ مع المقطع التيسوري $\dot{\mathbf{E}} = \hat{E}_{ij} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$ ، وبحسب تعريفه يعطى بـ: $\mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}} = \hat{M}_{ij} \hat{E}_{ij}$. كما أن:

⁶ انظر [10] صفحة 6.

$$\mathbf{k} \nabla \vartheta = \hat{k}_{ij} \vartheta_{,j} \mathbf{e}_i \quad \text{أخيراً: } \mathbf{C}[\mathbf{E}] = \hat{C}_{ijkl} \hat{E}_{kl} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$$

أما الشكل التيسوري الصامد للنموذج الرياضي من نوع Lamé للجسم الترموديناميكي المعمم (L-S)، غير المتجانس، وغير متماثل المناحي، والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط B ومحدودة في المتنوعة الاقليدية ثلاثية البعد R^3 ، فقد تم الحصول عليه في [13] باتباع مايلي. نحصل على هذا النموذج الرياضي من النظام المعادلاتي التيسوري الصامد (3.76)-(3.80)، بحذف المقاطع التيسورية: $\mathbf{E}, \mathbf{S}, \mathbf{q}$ ، ذلك باتباع مايلي. بتعويض (3.76) في (3.78) و (3.79)، من ثم الأخذ بعين الاعتبار أن [8,10]:

$$\mathbf{M} : (\nabla \dot{\mathbf{u}})^T = \mathbf{M} : \nabla \dot{\mathbf{u}} \quad , \quad \mathbf{C} [(\nabla \mathbf{u})^T] = \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u}] \quad ,$$

$$\mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}} = \frac{1}{2} \mathbf{M} : [\nabla \dot{\mathbf{u}} + (\nabla \dot{\mathbf{u}})^T] = \mathbf{M} : \nabla \dot{\mathbf{u}} \quad , \quad (3.86)$$

$$\mathbf{C}[\mathbf{E}] = \frac{1}{2} \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T] = \frac{1}{2} \{ \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u}] + \mathbf{C} [(\nabla \mathbf{u})^T] \} = \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u}] \quad ,$$

فحصل على المعادلتين التيسوريتين الصامدتين، التاليتين المحققتين في $B \times A^+$:

$$- \operatorname{div} \mathbf{q} + r = C_E \dot{\vartheta} - \theta_0 \mathbf{M} : \nabla \dot{\mathbf{u}} \quad , \quad (3.87)$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u}] + \mathbf{M} \vartheta \quad , \quad (3.88)$$

بتطبيق المؤثر L على طرفي (3.87)، وبالأخذ بعين الاعتبار استقلال \mathbf{M} و C_E عن

الزمن نحصل على المعادلة التيسورية الصامدة التالية المحققة في $B \times A^+$:

$$- \operatorname{div} \tilde{\mathbf{q}} + \tilde{r} = C_E \dot{\vartheta} - \theta_0 \mathbf{M} : \nabla (\dot{\mathbf{u}}) \quad , \quad (3.89)$$

في الخطوة الأخيرة، بتعويض (3.88) في (3.77) و (3.80) في (3.79)، نحصل على

معادلتين الإزاحة والحرارة التاليتين بشكلهما التيسوري الصامد في $B \times A^+$:

$$\operatorname{div} \{ \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u}] \} + \operatorname{div} (\mathbf{M} \vartheta) + \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad , \quad (3.90)$$

$$\operatorname{div} (\mathbf{k} \nabla \vartheta) + \tilde{r} = C_E \dot{\vartheta} - \theta_0 \mathbf{M} : \nabla (\dot{\mathbf{u}}) \quad , \quad (3.91)$$

وبما أن [10,p.12]:

$$\mathbf{k}^T = \mathbf{k} \quad , \quad \operatorname{div} (\mathbf{M} \vartheta) = \vartheta \operatorname{div} \mathbf{M} + \mathbf{M} \nabla \vartheta \quad , \quad (3.92)$$

$$\operatorname{div} (\mathbf{k}^T \nabla \vartheta) = (\nabla \vartheta) \cdot \operatorname{div} \mathbf{k} + \mathbf{k} \cdot \nabla (\nabla \vartheta) \quad ,$$

فتأخذ المعادلتان التيسوريتان (3.90)-(3.91)، الشكل التالي في $B \times A^+$:

$$\operatorname{div} \{ \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u}] \} + \mathbf{M} \nabla \mathcal{G} + \mathcal{G} \operatorname{div} \mathbf{M} + \mathbf{b} = \rho \dot{\mathbf{u}} , \quad (3.93)$$

$$\mathbf{k} \cdot \nabla (\nabla \mathcal{G}) + (\nabla \mathcal{G}) \cdot \operatorname{div} \mathbf{k} - C_E \dot{\mathcal{G}} + \theta_0 \mathbf{M} : \nabla (\dot{\mathbf{u}}) = -\tilde{r} , \quad (3.94)$$

إلى ذلك نضيف الشروط الحدية والابتدائية التالية:

الشروط الابتدائية في B :

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_0 , \quad \dot{\mathbf{u}} = \dot{\mathbf{u}}_0 , \quad (3.95)$$

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 , \quad \dot{\mathcal{G}} = \dot{\mathcal{G}}_0 , \quad (3.96)$$

حيث المقاطع التتسورية الناطقة: $\{\mathbf{u}_0, \dot{\mathbf{u}}_0, \mathcal{G}_0, \dot{\mathcal{G}}_0\}$ مفروضة في B ،

الشروط الحدية على $\partial B \times A$:

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}' \quad \text{on } \partial B_1 \times A , \quad (3.97)$$

$$\{ \mathbf{C} [\nabla \mathbf{u}] + \mathbf{M} \mathcal{G} \} \mathbf{n} = \mathbf{S}' \quad \text{on } \partial B_2 \times A , \quad (3.98)$$

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}' \quad \text{on } \partial B_3 \times A , \quad (3.99)$$

$$-(\mathbf{k} \nabla \mathcal{G}) \mathbf{n} = q' \quad \text{on } \partial B_4 \times A , \quad (3.100)$$

تعريف 1: ندعو المقطعين التتسورين الصامدين: $\{\mathbf{u}, \mathcal{G}\}$ (النتائج)، المحققين للمعادلات التتسورية الناطقة، الترموديناميكية المعممة (3.94)-(3.93)، وللشروط الابتدائية (3.96)-(3.95) وللشروط الحدية (3.100)-(3.97)، ندعوها بسلكو Lamé التتسوري الصامد، الترموديناميكي المعمم في $B \times A$ للجسم (L-S)، والمتوافق مع الحمول الترموديناميكية المفروضة (المسببات):

$$\{ \mathbf{b}, r, \mathbf{u}_0, \dot{\mathbf{u}}_0, \mathcal{G}_0, \dot{\mathcal{G}}_0, \mathbf{u}', \mathbf{S}', \mathcal{G}', q' \} \quad (3.101)$$

4. النتائج والمناقشة:

سنناقش الشكل التتسوري الصامد لقانون انحفاظ طاقة الجسم الترموديناميكي المعمم (L-S) بزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\mathbf{u}, \mathcal{G}\}$ ، وبلغة $\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$ ، حيث الجسم غير متجانس، وغير متماثل المناحي، ويشغل في لحظة البدء، منطقة B بسيطة الترابط ومحدودة في المتنوعة الاقليدية ثلاثية البعد R^3 ، وذلك باتباع طريقة هي تعميم الطريقة المستخدمة في [4,5,6,12]، انطلاقاً من حقيقة أن اللامتغيرات ومنها المقاطع التتسورية، لا تتغير بتغيير النظام الاحداثي المنحني.

في هذه الفقرة، بدلاً، يلزمنا فيما يلي استنتاج الشكل التتسوري الصامد لمعادلات Ignaczak بلغة $\{S, q\}$ لأجل الجسم الترموديناميكي المعمم، المرن $(L-S)$ ، بزمين استرخاء واحد، والتي سنحتاجها فيما بعد في استنتاج الشكل التتسوري الصامد لقانون انحفاظ طاقة الجسم الترموديناميكي المعمم $(L-S)$ بزمين استرخاء واحد، بلغة $\{S, q\}$ ، حيث الجسم غير متجانس، وغير متماثل المناحي، ويشغل في لحظة البدء، منطقة B بسيطة الترابط ومحدودة في المتنوعة الاقليدية ثلاثية البعد R^3 .

للحصول على هذه المعادلات نقوم بحذف المقاطع التتسورية u و E و η و ρ من (3.85)-(3.81)، باتباع مايلي. لنعرف المؤثر \hat{V} بالشكل [10]:

$$\hat{V}Q = \text{sym } \nabla Q \equiv \frac{1}{2} [\nabla Q + (\nabla Q)^T], \quad (4.1)$$

حيث Q أي مقطع متجهي على $B \times A$.

بتطبيق المؤثر \hat{V} على طرفي المعادلة (3.82) (بعد ضرب طرفيها ب ρ^{-1})، من ثم باستخدام العلاقة (3.81)، وبتطبيق المؤثر ∇ طرفي المعادلة (3.83) (بعد ضرب طرفيها ب C_S^{-1})، نحصل على المعادلتين التتسوريتين الصامدتين، التاليين:

$$\hat{V}(\rho^{-1} \text{div } S) + \hat{V}(\rho^{-1} b) = \hat{V}\ddot{u} = \ddot{E} \quad (4.2)$$

$$\nabla(C_S^{-1} \text{div } q) - \nabla(C_S^{-1} r) = -\nabla \dot{\rho} - \theta_0 \nabla(C_S^{-1} A : \dot{S}), \quad (4.3)$$

أو:

$$\hat{V}(\rho^{-1} \text{div } S) - \ddot{E} = -\hat{V}(\rho^{-1} b) \quad (4.4)$$

$$\nabla(C_S^{-1} \text{div } q) + \nabla \dot{\rho} + \theta_0 \nabla(C_S^{-1} A : \dot{S}) = \nabla(C_S^{-1} r), \quad (4.5)$$

بتعويض (3.84) في (4.4)، و (3.85) في (4.5)، نحصل على المعادلتين⁷:

$$\hat{V}(\rho^{-1} \text{div } S) - K[\ddot{S}] - A \dot{q} = -\hat{V}(\rho^{-1} b) \quad (4.6)$$

$$\nabla(C_S^{-1} \text{div } q) - \lambda \dot{q} + \theta_0 \nabla(C_S^{-1} A : \dot{S}) = \nabla(C_S^{-1} r), \quad (4.7)$$

هذا من جهة أولى. من جهة ثانية، من المعادلة (3.83)، بعد ضرب طرفيها ب C_S^{-1} ، من ثم اشتقاق المعادلة الناتجة جزئياً بالنسبة للزمن، نجد أن:

⁷ ينتج عن كون المعاملات المادية مستقلة عن الزمن أن: $(K[S])'' = K[\ddot{S}]$ ، كذلك الأمر: $(A \dot{q})'' = A \ddot{q}$.

$$-C_S^{-1} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} + C_S^{-1} \dot{r} = \dot{\mathcal{Q}} + \theta_0 C_S^{-1} \mathbf{A} : \ddot{\mathbf{S}} , \quad (4.8)$$

أو:

$$\dot{\mathcal{Q}} = -C_S^{-1} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} - \theta_0 C_S^{-1} \mathbf{A} : \ddot{\mathbf{S}} + C_S^{-1} \dot{r} , \quad (4.9)$$

وبضري طرفي العلاقة السابقة بالمقطع التتسوري \mathbf{A} ، نجد:

$$\mathbf{A} \dot{\mathcal{Q}} = -C_S^{-1} \mathbf{A} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} - \theta_0 C_S^{-1} \mathbf{A} (\mathbf{A} : \ddot{\mathbf{S}}) + C_S^{-1} \mathbf{A} \dot{r} , \quad (4.10)$$

الآن، بما أن:

$$\mathbf{A} \otimes \mathbf{A} = \hat{A}_{ij} \hat{A}_{kl} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j \otimes \mathbf{e}_k \otimes \mathbf{e}_l \quad (4.11)$$

فبسهولة عندئذٍ يمكن التأكد من أن:

$$\mathbf{A} (\mathbf{A} : \ddot{\mathbf{S}}) = (\mathbf{A} \otimes \mathbf{A}) [\ddot{\mathbf{S}}] \quad (4.12)$$

بتعويض (4.12) في (4.10)، نجد:

$$\mathbf{A} \dot{\mathcal{Q}} = -C_S^{-1} \mathbf{A} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} - \theta_0 C_S^{-1} (\mathbf{A} \otimes \mathbf{A}) [\ddot{\mathbf{S}}] + C_S^{-1} \mathbf{A} \dot{r} , \quad (4.13)$$

بتعويض (4.13) في (4.6)، نحصل على:

$$\begin{aligned} \hat{\nabla}(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) - \mathbf{K} [\ddot{\mathbf{S}}] + \theta_0 C_S^{-1} (\mathbf{A} \otimes \mathbf{A}) [\ddot{\mathbf{S}}] + C_S^{-1} \mathbf{A} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} = \\ = -\hat{\nabla}(\rho^{-1} \mathbf{b}) + C_S^{-1} \mathbf{A} \dot{r} \end{aligned} \quad (4.14)$$

وبما أن:

$$\begin{aligned} -\mathbf{K} [\ddot{\mathbf{S}}] + \theta_0 C_S^{-1} \mathbf{A}^2 [\ddot{\mathbf{S}}] = -[\mathbf{K} - \theta_0 C_S^{-1} (\mathbf{A} \otimes \mathbf{A})] [\ddot{\mathbf{S}}] = \\ = -\mathbf{K}' [\ddot{\mathbf{S}}] \end{aligned} \quad (4.15)$$

حيث:

$$\mathbf{K}' = \mathbf{K} - \theta_0 C_S^{-1} (\mathbf{A} \otimes \mathbf{A}) \quad (4.16)$$

فبتعويض (4.15) في (4.14) نحصل على:

$$\hat{\nabla}(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) - \mathbf{K}' [\ddot{\mathbf{S}}] + C_S^{-1} \mathbf{A} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} = -\hat{\nabla}(\rho^{-1} \mathbf{b}) + C_S^{-1} \mathbf{A} \dot{r} \quad (4.17)$$

ندعوا جملة المعادلتين:

$$\begin{aligned} \hat{\nabla}(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) - \mathbf{K}' [\ddot{\mathbf{S}}] + C_S^{-1} \mathbf{A} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} = -\hat{\nabla}(\rho^{-1} \mathbf{b}) + C_S^{-1} \mathbf{A} \dot{r} , \\ \nabla(C_S^{-1} \operatorname{div} \mathbf{q}) - \lambda \dot{\mathbf{q}} + \theta_0 \nabla(C_S^{-1} \mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) = \nabla(C_S^{-1} r) , \end{aligned} \quad (4.19)$$

بالشكل التسنوري الصامد لمعادلات Ignaczak بلغة $\{S, q\}$ لأجل الجسم الترموديناميكي المعمم، المرن $(L-S)$ ، بزمن استرخاء واحد.

4.أ. الشكل التسنوري الصامد لقانون انحفاظ الطاقة الكلية للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن $(L-S)$ ، وبزمن استرخاء واحد، بلغة $\{u, \vartheta\}$:

هذا القانون يتوافق مع المعادلات (3.80) - (3.76) و (3.94) - (3.93). بهدف الحصول على هذه المعادلات، نطبق المؤثر L على المعادلات (3.76) - (3.79)، ونأخذ بهين الاعتبار استقلال المعاملات المادية عن الزمن، وأن المؤثر L تبديلي مع المشتقات الجزئية بالنسبة لمتحولات الموضع، فنحصل بذلك على المعادلات التالية:

$$\ddot{\mathbf{E}} := \frac{1}{2} [\nabla \ddot{\mathbf{u}} + (\nabla \ddot{\mathbf{u}})^T] \quad (4.20)$$

$$\text{div } \ddot{\mathbf{S}} + \ddot{\mathbf{b}} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad (4.21)$$

$$- \text{div } \ddot{\mathbf{q}} + \ddot{r} = C_E \dot{\vartheta} - \theta_0 \mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}}, \quad (4.22)$$

$$\ddot{\mathbf{S}} = \mathbf{C}[\ddot{\mathbf{E}}] + \mathbf{M} \dot{\vartheta}, \quad (4.23)$$

$$\ddot{\mathbf{q}} = -\mathbf{k} \nabla \vartheta, \quad (4.24)$$

بضرب طرفي المعادلة (4.21)، داخلياً بـ $\dot{\mathbf{u}}$ ، نجد:

$$\dot{\mathbf{u}} \cdot \text{div } \ddot{\mathbf{S}} + \ddot{\mathbf{b}} \cdot \dot{\mathbf{u}} = \rho \dot{\mathbf{u}} \cdot \ddot{\mathbf{u}}, \quad (4.25)$$

ينتج عن ذلك وعن (4.20) أن⁸:

$$\dot{\mathbf{u}} \cdot \text{div } \ddot{\mathbf{S}} + \ddot{\mathbf{b}} \cdot \dot{\mathbf{u}} = \rho \dot{\mathbf{u}} \cdot \ddot{\mathbf{u}}, \quad (4.26)$$

$$\text{div}(\ddot{\mathbf{S}}\dot{\mathbf{u}}) - \dot{\mathbf{E}} : \ddot{\mathbf{S}} + \ddot{\mathbf{b}} \cdot \dot{\mathbf{u}} = \frac{1}{2} \rho \frac{\partial}{\partial t} \dot{\mathbf{u}}^2, \quad (4.27)$$

هذا من جهة أولى. ومن جهة ثانية، ينتج عن (4.23)، أن:

$$\dot{\mathbf{E}} : \ddot{\mathbf{S}} = (\mathbf{C}[\ddot{\mathbf{E}}]) : \dot{\mathbf{E}} + (\mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}}) \dot{\vartheta}, \quad (4.28)$$

ولكن ينتج عن الخواص التناظرية للمقطع التسنوري من المرتبة الرابعة: \mathbf{C} ، أن:

$$(\mathbf{C}[\ddot{\mathbf{E}}]) : \dot{\mathbf{E}} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \{(\mathbf{C}[\ddot{\mathbf{E}}]) : \dot{\mathbf{E}}\}, \quad (4.29)$$

⁸ من أجل أي مقطع تسنوري من المرتبة الثانية: \mathbf{P} ، تتحقق العلاقة: $\dot{\mathbf{S}} : \mathbf{P} = \ddot{\mathbf{S}} : \text{sym} \mathbf{P}$.

بالتالي بتعويض (4.29) في (4.28)، نحصل على:

$$\dot{\mathbf{E}}:\check{\mathbf{S}} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left\{ (\mathbf{C}[\check{\mathbf{E}}]) : \check{\mathbf{E}} \right\} + (\mathbf{M}:\dot{\mathbf{E}}) \check{\mathcal{G}}, \quad (4.30)$$

فبتعويض (4.30) في (4.27)، نجد:

$$\text{div}(\check{\mathbf{S}}\dot{\mathbf{u}}) + \check{\mathbf{b}} \cdot \dot{\mathbf{u}} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \dot{\mathbf{u}}^2 + (\mathbf{C}[\check{\mathbf{E}}]) : \check{\mathbf{E}} \right] + (\mathbf{M}:\dot{\mathbf{E}}) \check{\mathcal{G}}, \quad (4.27)$$

بمكاملة طرفي العلاقة السابقة في B ، من ثم باستخدام الـ Divergence Theorem، نجد:

$$\begin{aligned} \int_{\partial B} (\check{\mathbf{S}}\dot{\mathbf{u}}) \cdot \mathbf{n} \, da + \int_B \check{\mathbf{b}} \cdot \dot{\mathbf{u}} \, dv &= \\ &= \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int_B [(\mathbf{C}[\check{\mathbf{E}}]) : \check{\mathbf{E}} + \rho \dot{\mathbf{u}}^2] \, dv + \int_B (\mathbf{M}:\dot{\mathbf{E}}) \check{\mathcal{G}} \, dv, \end{aligned} \quad (4.28)$$

الآن، بتعويض (4.24) في (4.22)، نجد:

$$C_E \dot{\check{\mathcal{G}}} - \theta_0 \mathbf{M}:\dot{\mathbf{E}} = \text{div}(\mathbf{k} \nabla \mathcal{G}) + \check{r}, \quad (4.29)$$

بالتالي:

$$(\mathbf{M}:\dot{\mathbf{E}}) \check{\mathcal{G}} = \frac{C_E}{\theta_0} \check{\mathcal{G}} \dot{\check{\mathcal{G}}} - \frac{1}{\theta_0} [\text{div}(\mathbf{k} \nabla \mathcal{G})] \check{\mathcal{G}} - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{\mathcal{G}}, \quad (4.30)$$

أو:

$$(\mathbf{M}:\dot{\mathbf{E}}) \check{\mathcal{G}} = \frac{1}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} (C_E \check{\mathcal{G}}^2) - \frac{1}{\theta_0} [\text{div}(\mathbf{k} \nabla \mathcal{G})] \check{\mathcal{G}} - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{\mathcal{G}}, \quad (4.31)$$

وبما أن [10]:

$$[\text{div}(\mathbf{k} \nabla \mathcal{G})] \check{\mathcal{G}} = \text{div}[(\mathbf{k} \nabla \mathcal{G}) \check{\mathcal{G}}] - (\mathbf{k} \nabla \mathcal{G}) \cdot \nabla \check{\mathcal{G}}, \quad (4.32)$$

بتعويض (4.32) في (4.31)، نجد:

$$\begin{aligned} (\mathbf{M}:\dot{\mathbf{E}}) \check{\mathcal{G}} &= \frac{1}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} (C_E \check{\mathcal{G}}^2) + \frac{1}{\theta_0} (\mathbf{k} \nabla \mathcal{G}) \cdot \nabla \check{\mathcal{G}} \\ &\quad - \frac{1}{\theta_0} \text{div}[(\mathbf{k} \nabla \mathcal{G}) \check{\mathcal{G}}] - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{\mathcal{G}}, \end{aligned} \quad (4.33)$$

وبما أن:

$$\nabla \check{\mathcal{G}} = \nabla \left[\left(1 + t_0 \frac{\partial}{\partial t} \right) \mathcal{G} \right] = \nabla \mathcal{G} + t_0 \nabla \dot{\mathcal{G}} \quad (4.34)$$

فتصبح العلاقة (4.33) بالشكل:

$$\begin{aligned} (\mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}}) \check{g} &= \frac{1}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} (C_E \check{g}^2) + \frac{1}{\theta_0} (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g + \\ &+ \frac{t_0}{\theta_0} (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla \dot{g} - \frac{1}{\theta_0} \operatorname{div} [(\mathbf{k} \nabla g) \check{g}] - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{g} , \end{aligned} \quad (4.35)$$

لكن ينتج عن ذلك وعن الخواص التناظرية للمقطع التيسوري من المرتبة الثانية \mathbf{k} ، أن:

$$(\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla \dot{g} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} [(\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g] , \quad (4.36)$$

وبذلك تصبح العلاقة (4.35) بالشكل:

$$\begin{aligned} (\mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}}) \check{g} &= \frac{1}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} (C_E \check{g}^2) + \frac{1}{\theta_0} (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g + \\ &+ \frac{t_0}{2\theta_0} \frac{\partial}{\partial t} [(\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g] - \frac{1}{\theta_0} \operatorname{div} [(\mathbf{k} \nabla g) \check{g}] - \frac{1}{\theta_0} \check{r} \check{g} , \end{aligned} \quad (4.37)$$

بمكاملة طرفي العلاقة (4.37) في B ، من ثم باستخدام الـ Divergence Theorem، نجد:

$$\begin{aligned} \int_B (\mathbf{M} : \dot{\mathbf{E}}) \check{g} \, dv &= \frac{1}{2\theta_0} \frac{d}{dt} \int_B C_E \check{g}^2 \, dv + \frac{t_0}{2\theta_0} \frac{d}{dt} \int_B (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g \, dv + \\ &+ \frac{1}{\theta_0} \int_B (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g \, dv - \frac{1}{\theta_0} \int_{\partial B} \check{g} (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \mathbf{n} \, da - \frac{1}{\theta_0} \int_B \check{r} \check{g} \, dv , \end{aligned} \quad (4.38)$$

أخيراً، بتعويض (4.38) في (4.28) نحصل على:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} \int_B \rho \dot{\mathbf{u}}^2 \, dv + \frac{1}{2} \int_B (\mathbf{C}[\check{\mathbf{E}}]) : \check{\mathbf{E}} \, dv + \frac{1}{2\theta_0} \int_B C_E \check{g}^2 \, dv + \right. \\ \left. + \frac{t_0}{2\theta_0} \int_B (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g \, dv \right] + \frac{1}{\theta_0} \int_B (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \nabla g \, dv = \int_{\partial B} (\check{\mathbf{S}}\dot{\mathbf{u}}) \cdot \mathbf{n} \, da + (4.39) \\ + \int_B \dot{\mathbf{u}} \cdot \check{\mathbf{b}} \, dv + \frac{1}{\theta_0} \int_{\partial B} \check{g} (\mathbf{k} \nabla g) \cdot \mathbf{n} \, da + \frac{1}{\theta_0} \int_B \check{r} \check{g} \, dv , \end{aligned}$$

وهو الشكل التتسوري الصامد لقانون انحفاظ الطاقة الكلية للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن (L-S)، وبزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\mathbf{u}, \vartheta\}$.⁹

4.ب. الشكل التتسوري الصامد لقانون انحفاظ الطاقة الكلية للجسم الترموديناميكي

المعمم، المرن (L-S)، وبزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$:

يتعلق هذا القانون بالمعادلتين التتسوريتين (4.19)، ويمكن الوصول إلى هذا القانون باتباع مايلي. بضرب طرفي المعادلة (4.19)₁ داخلياً بـ $\dot{\mathbf{S}}$ وطرفي المعادلة (4.19)₂ داخلياً بـ $\dot{\mathbf{q}}$ ، وبالأخذ بعين الاعتبار الاسناد الهامشي 8، نحصل على المعادلتين التاليتين:

$$\left[\nabla(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) \right] : \dot{\mathbf{S}} - (\mathbf{K}'[\ddot{\mathbf{S}}]) : \dot{\mathbf{S}} + C_S^{-1}(\mathbf{A} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}}) : \dot{\mathbf{S}} = \quad (4.40)$$

$$= - \left[\nabla(\rho^{-1} \mathbf{b}) \right] : \dot{\mathbf{S}} + C_S^{-1}(\mathbf{A} \dot{r}) : \dot{\mathbf{S}},$$

$$\left[\nabla(C_S^{-1} \operatorname{div} \mathbf{q}) \right] \cdot \dot{\mathbf{q}} - (\lambda \dot{\ddot{\mathbf{q}}}) \cdot \dot{\mathbf{q}} + \theta_0 \left[\nabla(C_S^{-1} \mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \right] \cdot \dot{\mathbf{q}} = \quad (4.41)$$

$$= \left[\nabla(C_S^{-1} r) \right] \cdot \dot{\mathbf{q}},$$

لكن بالأخذ بعين الاعتبار أن [10]:

$$\left[\nabla(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) \right] : \dot{\mathbf{S}} = \operatorname{div} \left[(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) \dot{\mathbf{S}} \right] - \rho^{-1}(\operatorname{div} \mathbf{S}) \cdot (\operatorname{div} \dot{\mathbf{S}}), \quad (4.42)$$

$$\left[\nabla(C_S^{-1} \operatorname{div} \mathbf{q}) \right] \cdot \dot{\mathbf{q}} = \operatorname{div} \left[C_S^{-1}(\operatorname{div} \mathbf{q}) \dot{\mathbf{q}} \right] - C_S^{-1}(\operatorname{div} \mathbf{q})(\operatorname{div} \dot{\mathbf{q}}), \quad (4.43)$$

$$\left[\nabla(C_S^{-1} \mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \right] \cdot \dot{\mathbf{q}} = \operatorname{div} \left[C_S^{-1}(\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \dot{\mathbf{q}} \right] - C_S^{-1}(\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}}, \quad (4.44)$$

بتعويض (4.42)-(4.44)، في (4.40) و (4.41)، نجد:

$$\operatorname{div} \left[(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) \dot{\mathbf{S}} \right] - \rho^{-1}(\operatorname{div} \mathbf{S}) \cdot (\operatorname{div} \dot{\mathbf{S}}) - (\mathbf{K}'[\ddot{\mathbf{S}}]) : \dot{\mathbf{S}} + \quad (4.45)$$

$$+ C_S^{-1}(\mathbf{A} \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}}) : \dot{\mathbf{S}} = - \left[\nabla(\rho^{-1} \mathbf{b}) \right] : \dot{\mathbf{S}} + C_S^{-1}(\mathbf{A} \dot{r}) : \dot{\mathbf{S}},$$

$$\operatorname{div} \left[C_S^{-1}(\operatorname{div} \mathbf{q}) \dot{\mathbf{q}} \right] - C_S^{-1}(\operatorname{div} \mathbf{q})(\operatorname{div} \dot{\mathbf{q}}) - (\lambda \dot{\ddot{\mathbf{q}}}) \cdot \dot{\mathbf{q}} + \quad (4.46)$$

$$+ \theta_0 \operatorname{div} \left[C_S^{-1}(\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \dot{\mathbf{q}} \right] - \theta_0 C_S^{-1}(\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} = \left[\nabla(C_S^{-1} r) \right] \cdot \dot{\mathbf{q}},$$

⁹ في (4.39) ينبغي استبدال كلاً من $\ddot{\mathbf{S}}$ و $\ddot{\mathbf{E}}$ بما يساويه بدلالة $\{\mathbf{u}, \vartheta\}$ باستخدام العلاقتين (4.20) و (4.23)؛ وتركت بهذا الشكل للسهولة.

بمكاملة طرفي العلاقتين السابقتين في B ، من ثم باستخدام الـ Divergence Theorem، نجد أن:

$$\int_{\partial B} (\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) \cdot (\dot{\mathbf{S}} \mathbf{n}) da - \int_B \rho^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{S}) \cdot (\operatorname{div} \dot{\mathbf{S}}) dv - \int_B (\mathbf{K}'[\dot{\mathbf{S}}]) : \dot{\mathbf{S}} dv + \int_B C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} dv = \quad (4.47)$$

$$= - \int_B [\nabla(\rho^{-1} \mathbf{b})] : \dot{\mathbf{S}} dv + \int_B C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) r dv ,$$

$$\frac{1}{\theta_0} \int_{\partial B} C_S^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{q}) \dot{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{n} da - \frac{1}{\theta_0} \int_B C_S^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{q}) (\operatorname{div} \dot{\mathbf{q}}) dv - \frac{1}{\theta_0} \int_B (\lambda \dot{\mathbf{q}}) \cdot \dot{\mathbf{q}} dv + \int_{\partial B} C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \dot{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{n} da \quad (4.48)$$

$$- \int_B C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} dv = \frac{1}{\theta_0} \int_B [\nabla(C_S^{-1} r)] \cdot \dot{\mathbf{q}} dv ,$$

وبالأخذ بعين الاعتبار، الخواص التناظرية لكل من المقطعين التتسوريين: \mathbf{K}' و λ ، وبما أن:

$$\dot{\mathbf{q}} = \left(1 + t_0 \frac{\partial}{\partial t} \right) \dot{\mathbf{q}} = \dot{\mathbf{q}} + t_0 \ddot{\mathbf{q}} \quad (4.49)$$

فتصبح العلاقتان (4.47) و (4.48) بالشكل:

$$\int_{\partial B} (\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) \cdot (\dot{\mathbf{S}} \mathbf{n}) da - \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int_B \rho^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{S})^2 dv - \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int_B (\mathbf{K}'[\dot{\mathbf{S}}]) : \dot{\mathbf{S}} dv + \int_B C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} dv = \quad (4.50)$$

$$= - \int_B [\nabla(\rho^{-1} \mathbf{b})] : \dot{\mathbf{S}} dv + \int_B C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) r dv ,$$

$$\frac{1}{\theta_0} \int_{\partial B} C_S^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{q}) \dot{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{n} da - \frac{1}{2\theta_0} \frac{d}{dt} \int_B C_S^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{q})^2 dv - \frac{t_0}{2\theta_0} \frac{d}{dt} \int_B (\lambda \dot{\mathbf{q}}) \cdot \dot{\mathbf{q}} dv - \frac{1}{\theta_0} \int_B (\lambda \dot{\mathbf{q}}) \cdot \dot{\mathbf{q}} dv + \int_{\partial B} C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \dot{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{n} da \quad (4.51)$$

$$- \int_B C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \operatorname{div} \dot{\mathbf{q}} dv = \frac{1}{\theta_0} \int_B [\nabla(C_S^{-1} r)] \cdot \dot{\mathbf{q}} dv ,$$

إضافة المعادلتين السابقتين، ثم بترتيب الحدود، نحصل على قانون انحفاظ الطاقة الكلية الآتي للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن (L-S)، ويزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$:

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} \int_B \rho^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{S})^2 dv + \frac{1}{2} \int_B (\mathbf{K}'[\dot{\mathbf{S}}]) : \dot{\mathbf{S}} dv + \right. \\ & \left. + \frac{1}{2\theta_0} \int_B C_S^{-1} (\operatorname{div} \mathbf{q})^2 dv + \frac{t_0}{2\theta_0} \int_B (\lambda \dot{\mathbf{q}}) \cdot \dot{\mathbf{q}} dv \right] + \frac{1}{\theta_0} \int_B (\lambda \dot{\mathbf{q}}) \cdot \dot{\mathbf{q}} dv = (4.52) \\ & = \int_B \left\{ [\nabla(\rho^{-1} \mathbf{b})] : \dot{\mathbf{S}} - C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}}) \dot{r} - \theta_0^{-1} [\nabla(C_S^{-1} r)] \cdot \dot{\mathbf{q}} \right\} dv + \\ & + \int_{\partial B} \left[(\rho^{-1} \operatorname{div} \mathbf{S}) \cdot (\dot{\mathbf{S}} \mathbf{n}) + C_S^{-1} (\mathbf{A} : \dot{\mathbf{S}} + \theta_0^{-1} \operatorname{div} \mathbf{q}) (\dot{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{n}) \right] da \end{aligned}$$

5. الاستنتاجات والمقترحات:

أولاً) الاستنتاجات: استنتجنا الشكل التيسوري الصامد لقانون انحفاظ الطاقة الكلية للجسم الترموديناميكي المعمم، المرن (L-S)، ويزمن استرخاء واحد، بلغة $\{\mathbf{u}, \vartheta\}$ وبلغة $\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$ ، حيث الجسم (L-S) غير متجانس وغير متماثل المناحي، ويشغل في لحظة البدء منطقة بسيطة الترابط B محدودة في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد R^3 . وتكمن أهمية النتائج بأنه يمكن كتابة هذه الطاقة في نظام الإحداثيات المنحنية، الملائم الذي تسهل فيه حل المسألة.

ثانياً) المقترحات: يمكن أن نختم البحث باقتراح ثلاث مسائل للمناقشة، هي الآتية:

المسألة الأولى: مناقشة الشكل التيسوري الناطق في نظام إحداثي منحني كيفي، للأسس الترموديناميكية المعممة ولعملية Lamé الترموديناميكية المعممة للجسم (L-S) المتجانس وغير متماثل المناحي.

المسألة الثانية: مناقشة مبدأ انحفاظ الطاقة الكلية للجسم (L-S) بلغة $\{\mathbf{u}, \vartheta\}$ وبلغة

$\{\mathbf{S}, \mathbf{q}\}$ ، ذلك بالشكل التيسوري الناطق في نظام إحداثي منحني كيفي.

المسألة الثالثة: مناقشة الشكلين التيسورين الصامد والناطق في نظام إحداثي منحني

كيفي لكل من العملية الترموديناميكية المعممة بزمني استرخاء وسلوك Lamé الترموديناميكي المعمم بزمني استرخاء، والمتوافقين مع الجسم (G-L) (Green-Lindsay) غير المتجانس وغير المتماثل المناحي.

المراجع:

- [1]- Ignaczak, J., Starzewski, M.O., 2010 - Thermoelasticity with Finite Wave Speeds, Oxford University Press Inc., New York.
- [2]- Hetnarski, R.B., Ignaczak, J., Eslami, M.R., Noda, N., Sumi, N., and Tanigawa, Y., 2013 - Theory of Elasticity and Thermal Stresses, Springer Science+Business Media Dordrecht.
- [3] – Hetnarski, R.B., and Ignaczak, J., 2011 - The Mathematical Theory of Elasticity, Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742.
- [4]- Bertold Lysik, 1970 - Matematyczne Podstawy Teorii Sprężystości, Politechnika Wroclwska.
- [5]- Drobot, S., 1971- On Cosserat Continua, Zastos. Math. 12, 323 -346
- [6]- Heinbockel, J.H, 1996- Introduction to Tensor Calculus and Continuum Mechanics, Department of Mathematics and Statistics, Old Dominion University.
- [7] - Al-Hasan, M. and Attiah, W., 2019 - The Hooke thermodynamical model in a curve coordinate system, Journal of Al-Baath University, Vol.41, Accepted for Publication in 15/7/2019.
- [8]- Philippe G.Ciarlet, 2005 - An Introduction To Differential Geometry with Applications to Elasticity, Liu Bie Ju Centre For mathematical Sciences, City University of Hong Kong, Department of mathematics.
- [9]- K. Hackl & M. Goodarzi, 2010 - An Introduction to Linear Continuum Mechanics, Lecture Notes, Ruhr-University Bochum, Faculty of Civil and Environmental Engineering.
- [10]- Truesdell C., 1984 - Mechanics of Solids, Volume II, Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
- [11]- Hung Nguyen-Schäfer, 2017 - Tensor Analysis and Elementary Differential Geometry for Physicists and Engineers, Second Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [12]- Alaa Khallouf, 2021- The foundations of the generalized thermoelasticity with one relax time in the invariable tensorial form, Accepted for Publication in August 2021, Journal of Tartous University.

مبدأ انحفاظ الطاقة الكلية للجسم (L-S) بلغة $\{u, \vartheta\}$ وبلغة $\{S, q\}$ بالشكل التنسوري الصامد

اصطناع وتوصيف المشتق الجديد: نetro فنيل أزومتين ميتوكسي الفينول باستخدام حفاز الامبرلست A-21 الصديق للبيئة

بتول علواني¹ د. وردة خليل²

المخلص

تم استخدام الفانيلين كمادة وسيطة في التركيبات الصيدلانية والكيميائية، كما ثبت أن مشتقات أساس شيف لها تأثير بيولوجي مفيد، انطلاقاً من هذه الأهمية تم تحضير 2- ميتوكسي-6-((4-نتروفينيل) أمينو) ميثيل) الفينول من خلال تفاعل أساس شيف باستخدام أورto الفانيلين كمادة أولية مع 4-نترو الأنيلين بوجود وسط قلوي. تم التأكد من نقاوة هذا المشتق بقياس درجة الانصهار وبواسطة كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة TLC وأثبتت البنية الجزيئية للمشتق بالطرق الطيفية مثل: مطيافية الطنين النووي المغناطيسي $^{13}\text{C-NMR}$, $^1\text{H-NMR}$ ومطيافية الأشعة تحت الحمراء.

¹¹ بتول علواني، طالبة ماجستير في الكيمياء العضوية

² د. وردة خليل - استاذ مساعد في الكيمياء العضوية - قسم الكيمياء - جامعة البعث.

**Synthesis and Spectral Characterization of the new
derivative: Nitro phenyl Azo methene methoxy
Benzaldehyde using the amberlist (A-21) as
ecofreindly catalyst**

Batool Alwany³ and warda Khalil⁴

abstract

Vanillin has been used as an intermediate in pharmaceutical and chemical formulations, and Schiff based derivatives have been shown to have a beneficial biological effect. On the basis of this importance, it has been prepared 2-methoxy-6-(((4-nitro phenyl) amino) methyl) phenol. Through the reaction of Schiff's base using ortho-vanillin as a raw material with 4-nitor-aniline in the presence

³ Master student in organic chemistry- Faculty of Science-Department of chemistry

⁴ Associate professor in organic chemistry- Faculty of Science- Department of chemitry

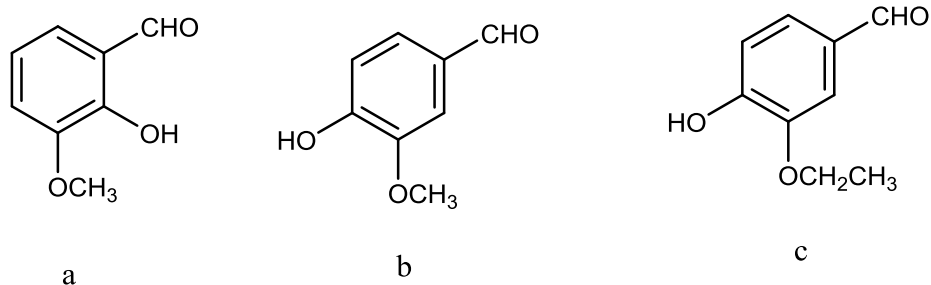
of an alkaline medium, the purity of this derivative was confirmed by measuring the melting points and by TLC, Purified dyes were characterized by means of spectroscopic methods as: IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR

Key words: ortho-vanillin-Schiff bases- Azo methene

1- المقدمة:

الفانيلين Vanillin أو (ميتوكسي ألدهيد الفينول) هو مركب عضوي ألدهيدي فينولي وهو المكون الأساسي لمستخلص حبوب الفانيليا. يوجد أيضاً في *Leptotes bicolor* [1] وكذلك في البن المحمص [2] والصنوبر الأحمر الصيني *Chinese red pine*. يوجد الفانيلين على شكل مأكبين هما أورثو وبارا الفانيلين. يعد الفانيلين الاصطناعي، بديلاً لفانيليا الطبيعية [3]، ويستخدم أحياناً كعامل توابل في الأطعمة والمشروبات والمستحضرات الصيدلانية [4]. كما يستخدم بديله إيثيل الفانيلين في صناعة المواد الغذائية. وهو يختلف عن الفانيلين من خلال وجود مجموعة إيثوكسي (-O-CH₂-CH₃) بدلاً من مجموعة الميثوكسي (-O-CH₃) الشكل (a). الشكل (c)

:1



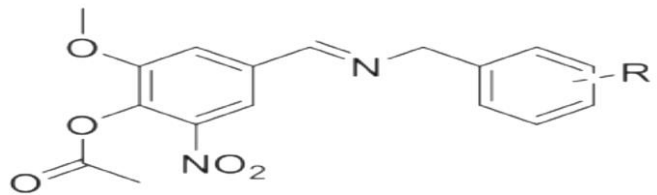
الشكل-1: أورثو (a) وبارا (b) الفانيلين والفانيلين الصناعي (c)

الفانيلين له استخدامات على نطاق واسع كعامل منكه في عالم الطهي حيث يضاف للحلويات مثل الأيس كريم والمعجنات وكريمات الزبدة ويضاف أيضاً للتبغ كما يستخدم كمعطر وملطف للجو [5]. و كعلاج لفقر الدم المنجلي [6]. ولمنع انتشار خلايا سرطان الثدي وتنشيطها [7]. وكعلاج للاكتئاب [8]. وأيضاً تم التحقق من أنه يؤثر بشكل مباشر على الغشاء السيتوبلازمي للبكتيريا المرتبطة بالغذاء [9]. كما أنه يمتلك العديد من الخواص البيولوجية النشطة كمضاد للأكسدة [10]. وللطفرات [11]. ولارتفاع شحميات الدم ولتخثر الدم [12] و لتسمم الكبد ومضاد فطريات وجراثيم كما يمتلك نشاطات أخرى كطارد للحشرات ومسكن ومخدر ومطهر لذلك يكون استخدامه مهما في المجال الطبي [13.14].

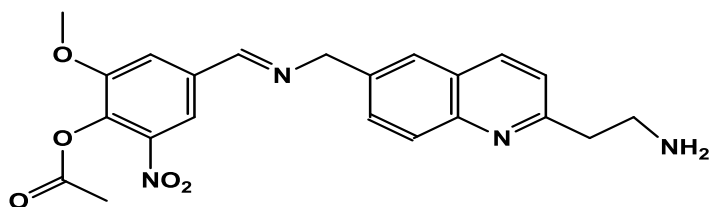
صنعت مشتقات متنوعة انطلاقاً من الفانيلين مثل مشتقات النترو كما في الأشكال الآتية:

لوحظ أن الفانيلين يعمل كجميع مضادات الميكروبات حيث يتفاعل مع غشاء الخلية ثم

يعطل الانزيمات الأساسية و يدمر الخلايا الخبيثة [15-16-17-18]:



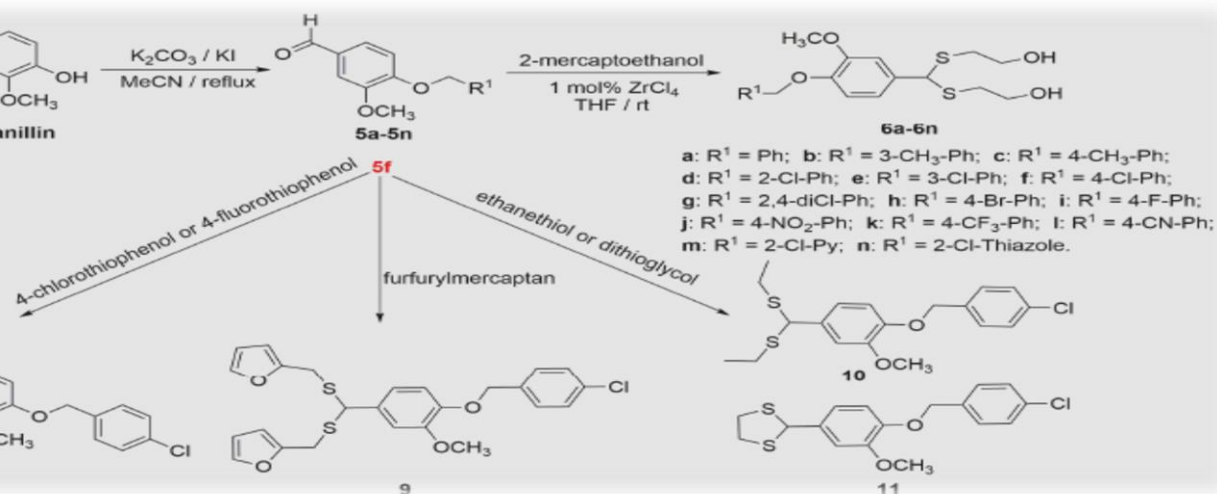
الشكل-2- الصيغة العامة لمشتقات النترو انطلاقاً من الفانيلين



الشكل-3- أحد مشتقات النترو القائمة على الفانيلين

و تم تحضير العديد من المشتقات وفقاً للمخطط الآتي:

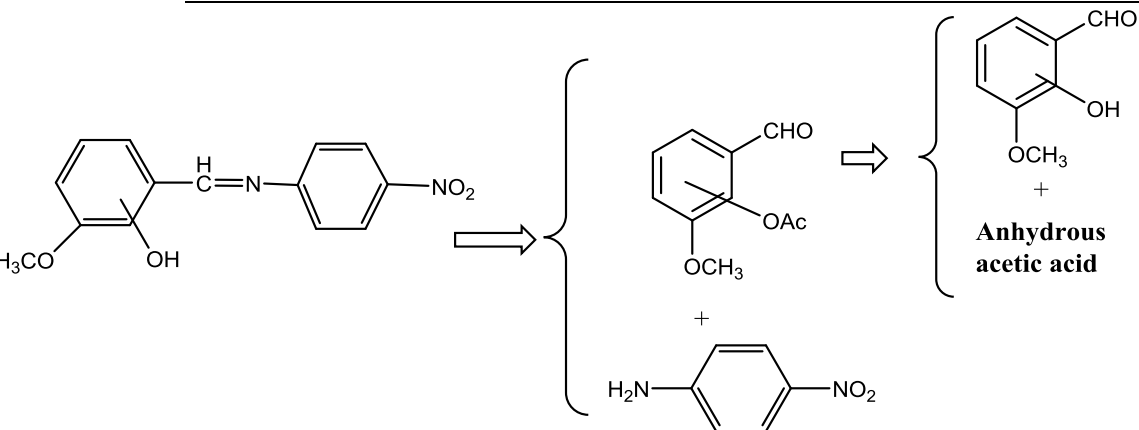
حيث وجد أن المركبات المحضرة لها تأثير جيد ضد فيروس البطاطا و لها تأثير ضد فسيفساء الخيار أي أن هذا المسار هو طريق يدعم الحصول على مشتقات جديدة للفانيلين التي تفيد كمضادات للفيروسات [19]



المخطط-1- بعض مشتقات الفانيلين المضادة للفيروسات

يمتلك الفانيلين ثلاث مراكز تفاعلية هي زمرة الألدheid وزمرة الهيدروكسيل إضافة للحلقة العطرية وهذا ما يجعل الفانيلين أساس انطلاق لتحضير مشتقات متنوعة ويجعل منه مركباً هاماً، اعتماداً على البنية الكيميائية المميزة وللخصائص التي يتمتع بها الفانيلين وأهمية مشتقاته، تم اختيار الفانيلين لتصنيع بعض مشتقات أسس شيف انطلاقاً من أورثو وبارا الفانيلين ودراسة تأثير مركب الانطلاق على مردود التفاعل.

يمكن أن يتم الاصطناع وفق المخطط التراجعي العام التالي:



المخطط-2- المخطط التراجعي العام لاصطناع المشتق

تم اختيار الاصطناع بدون حماية زمرة الهيدروكسيل لدراسة تأثير ذلك على المردود.

2- هدف وأهمية البحث:

تكمن أهمية مشتقات الفانيلين اعتمادا على الفانيلين الذي يمتلك خصائص طبيعية مختلفة وخاصة بيولوجية لذلك فإن هدف البحث هو اصطناع مشتقات أسس شيف انطلاقا من الفانيلين وباستخدام مركبات عطرية متنوعة.

3- المواد وطريقة العمل:

3-1 الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- جهاز مطياف الطنين النووي المغناطيسي بروتوني و كربوني نموذج 400MHz من شركة Bruker السويسرية.
- جهاز طيف الامتصاص الضوئي تحت الأحمر نموذج FT-IR-410 من شركة Jasco اليابانية.
- جهاز قياس درجة الانصهار Electrothermal.
- صفائح كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة من الألمنيوم مطلية بالسليكا جل 60F254 قياس 20 X 20 من شركة Merck الألمانية.

2-3 المواد الكيميائية المستخدمة:

أورتو الفانيلين، 4-نترو الأنيلين، أمبرلست A-21، إيثانول، هكسان، خلات الايتيل،

دي ميثيل سلفوكسيد، من إنتاج شركتي SIGMA ALDRICH & MERCK.

3-3 طريقة العمل:

3-3-1 تحضير 2-ميتوكسي-6-(((4-نتروفينيل) أمينو) ميثيل) الفينول:

2-methoxy-6-(((4-nitrophenyl) imino) methyl) phenol

وضع في حوجلة مصنفة ثنائية الفتحة سعة (50 ml) مجهزة بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس

(0.22 gr -1.5 m mol) من 4-نترو الأنيلين في (10 ml) إيثانول عند درجة الحرارة 78 C^0 ووضع الامبرلست A-21 (10%-0.04gr) كوسط قلوي للتفاعل

اصطناع وتوصيف المشتق الجديد: نثرو فنيل أزومتين ميتوكسي الفينول باستخدام حفاز الامبرلست
A-21 الصديق للبيئة

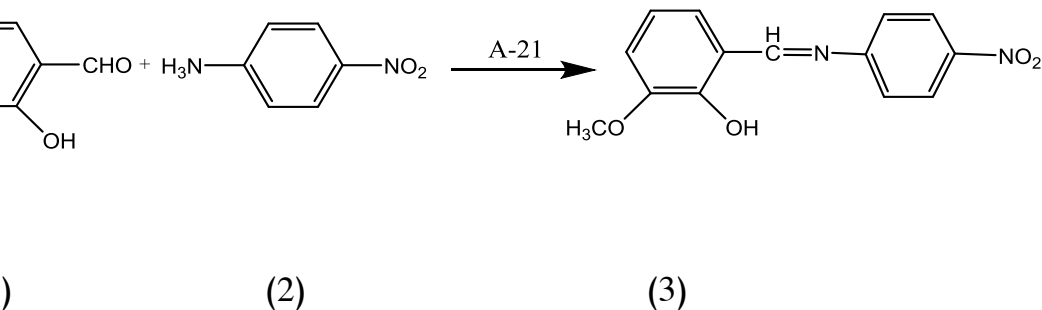
وترك حتى انحلال 4- نثرو الأنيلين بشكل كامل ثم أضيف أورتو الفانيلين (-0.25 gr) و1.5 m mol المحلول في (10 ml) إيثانول بالتقطيط وببطيء فوق مزيج التفاعل واستمر تحريك التفاعل عند درجة الحرارة نفسها لمدة 15 ساعة ثم برد المزيج لدرجة حرارة صفر المئوية فحصلنا على بلورات صفراء -برتقالية اللون حيث تمت مراقبة سير التفاعل بصفائح TLC وجملة جرف (4 هكسان: 6 خلات الايثيل) تم فصل البلورات وتنقيتها وذلك بمعالجتها بالإيثانول الساخن ثم الترشيح وترك البلورات لتتشكل وتجف وكان وزن الراسب (0.35gr) ودرجة انصهار ($97-98C^0$) وبلغ المرودود(74.4%) والشكل -3-يوضح شكل البلورات



الشكل -4- يوضح شكل البلورات

4-النتائج والمناقشة:

4-1-مخطط التفاعل:

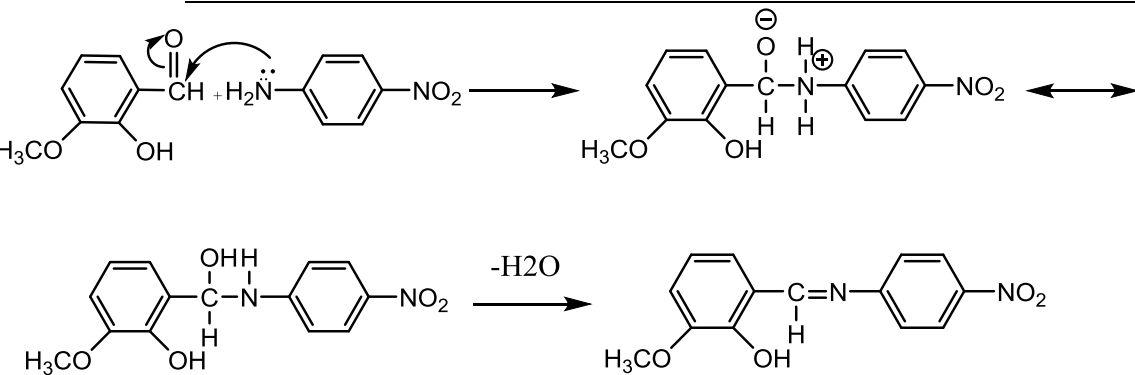


المخطط 3- يوضح التفاعل لتحضير المشتق (3)

تم تحضير المركب (3) وفقاً لتفاعل شيف وهو عبارة عن تفاعل لتشكل إيمينات (C=NR) تكون فيها ذرة النتروجين مرتبطة بأريل أو الكيل دون ذرة الهيدروجين حيث تحضر هذه المركبات من تفاعل الأمينات (2) مع مركبات حاوية على مجموعة كربونيل (1) فيحدث أولاً إضافة نيكليوفيلية وثانياً عملية بلمهة للحصول على الإيمين وعادةً تكون الإيمينات الناتجة من تفاعل الأمينات الأولية مع الألدهيدات بحالة صلبة.

4-2-آلية التفاعل:

اصطناع وتوصيف المشتق الجديد: نتروفيل أزومتين ميتوكسي الفينول باستخدام حفاز الامبرلست
A-21 الصديق للبيئة



المخطط-4- يوضح آلية التفاعل لتحضير

المشتق (3)

4-3- توصيف المركب:

4-3-1- طيف IR:

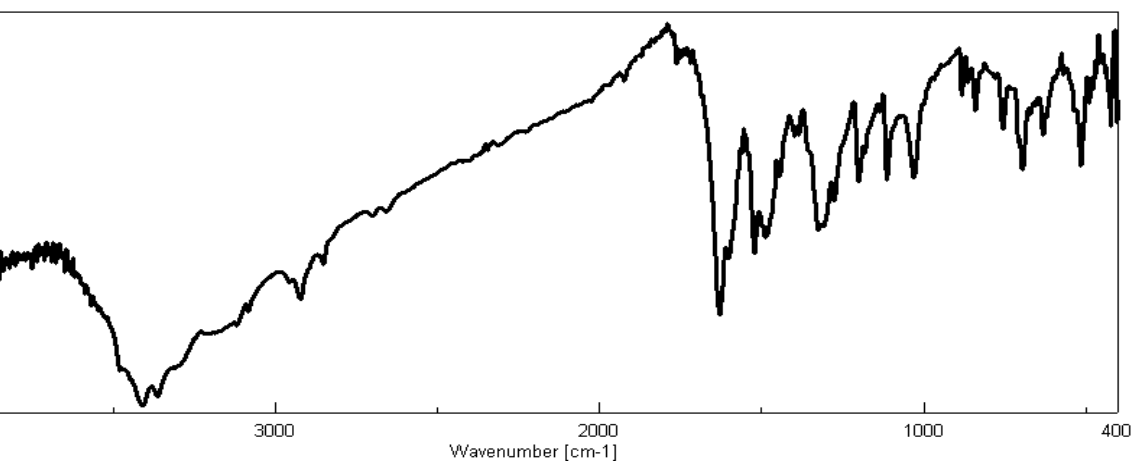
تم تسجيل طيف ما تحت الحمراء IR للمركب المحضر بوجود قرص من KBr في

المجال ($400-4000\text{cm}^{-1}$) وبين الشكل-8- الطيف ما تحت الحمراء IR والزمير

الوظيفية للمركب الناتج، حيث نلاحظ وجود إشارة قوية عند 1629cm^{-1} ناتجة عن

وجود الرابطة الإيمينية $-CH=N-$ مما يدل على تشكل المركب المطلوب، كما يوضح

الجدول - 1- أهم الزمر والامتصاصات المقابلة في المركب



الشكل - 5 - طيف ما تحت الحمراء للمركب الناتج (3)

جدول 1- أهم حزم الامتصاص في طيف تحت الحمراء والزمرة المميزة

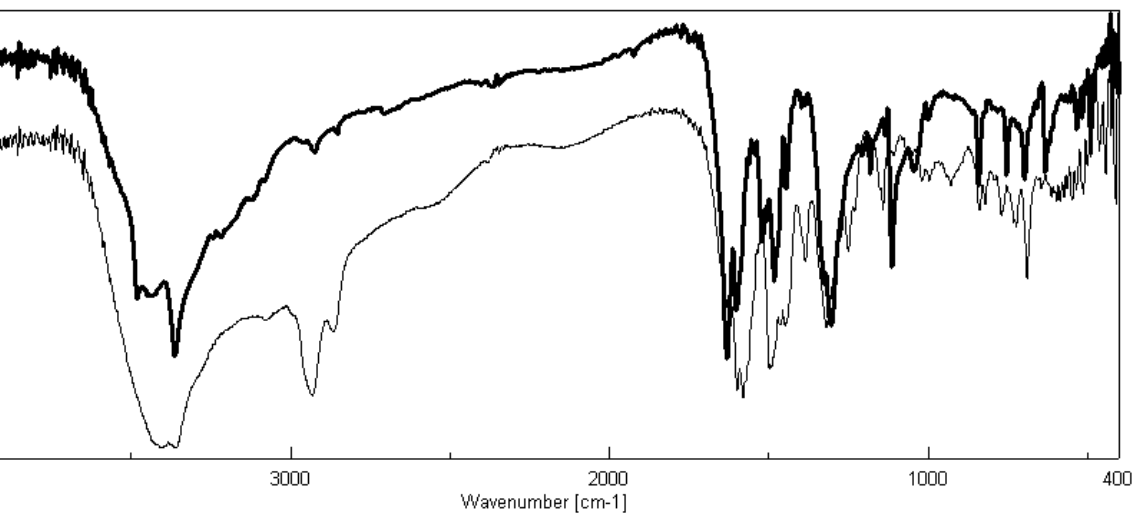
للمركب المحضر

حزم الامتصاص cm^{-1}	الرابطة
1629	C=N (Imine)
1026	C-O-C
3412	O-H
1489	-NO₂ (Aromatic)

عند النظر لطيف IR للمركب المحضر (3) يحيل إليه أن هناك آثار من أحد مواد الانطلاق (4-نترو الأنيلين) في العينة ومن أجل إزالة الإبهام الموجود قمنا بتسجيل طيف

اصطناع وتوصيف المشتق الجديد: نثرو فنيل آزومتين ميتوكسي الفينول باستخدام حفاز الامبرلست
A-21 الصديق للبيئة

IR لهذه المادة مع المركب الناتج فنتبين عدم وجود تطابق بين الطيفين وهذا يدل على
تشكل مركب جديد. والشكل -6- يوضح الطيف المتراكب للمادة (1) مع ال (3)



الشكل -6- طيف ما تحت الحمراء المتراكب للمادة (2) مع المركب

الناتج (3)

3-4-2- طيف $^{13}\text{C-NMR}$:

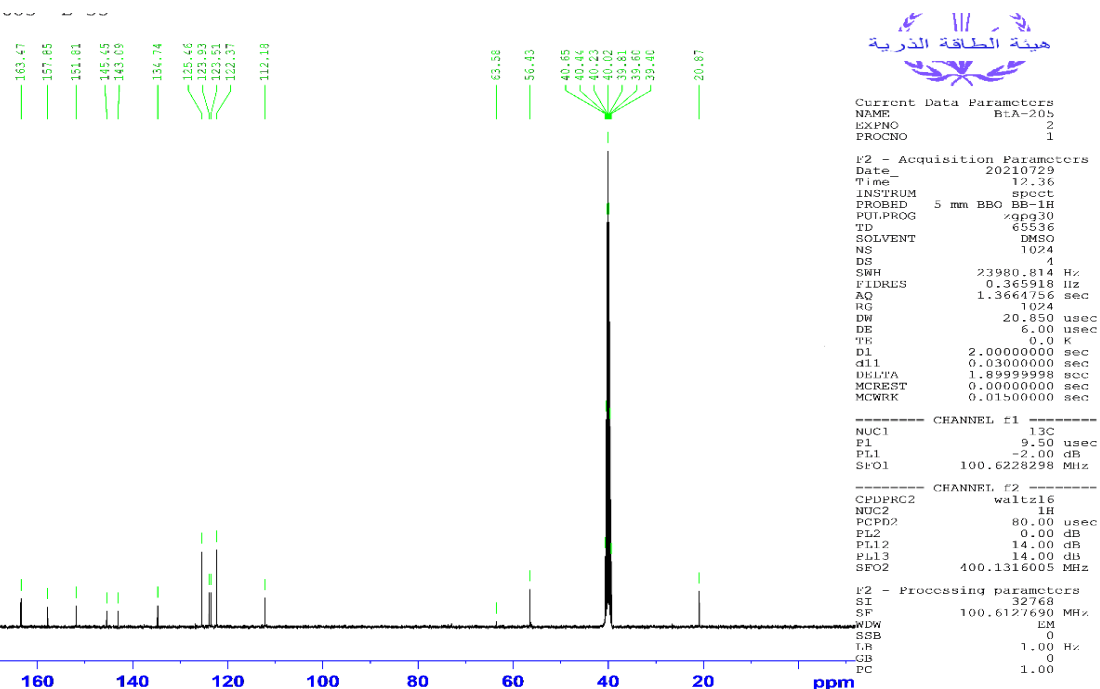
سجل طيف الطنين النووي المغناطيسي الكربوني $^{13}\text{C-NMR}$ للمركب المحضر في

DMSO وبيبين الشكل -7- طيف الطنين النووي المغناطيسي الكربوني لوحظ وجود 14

إشارة عائدة ل 14 ذرة كربون ووجود إشارة كربون الأزومتين ($-\text{CH}=\text{N}$) عند (168.47

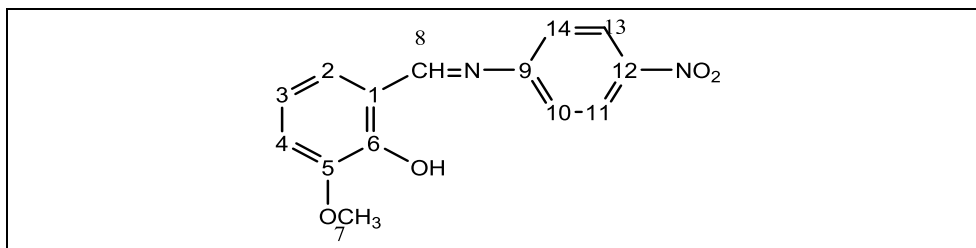
(ppm) وهذا يؤكد تشكل المركب المطلوب. يبين الجدول - 2- الإشارات الموجودة في

الطيف وتفسيرها بالاعتماد على جداول تحليل طيوف $^{13}\text{C-NMR}$



الشكل -7- طيف $^{13}\text{C-NMR}$ للمركب الناتج

الجدول-2- يوضح الانزياحات الكيميائية العائدة لكل كربون



اصطناع وتوصيف المشتق الجديد: نتروفيل أزومتين ميتوكسي الفينول باستخدام حفاز الامبرلست
A-21 الصديق للبيئة

الانزياح الكيميائي	رقم ذرة الكربون	الانزياح الكيميائي	رقم ذرة الكربون
163.47	8	122.37	1
168.47	9	134.74	2
123.93	10	143.09	3
125.88	11	112.18	4
145.45	12	151.81	5
125.46	13	157.84	6
123.51	14	56.43	7

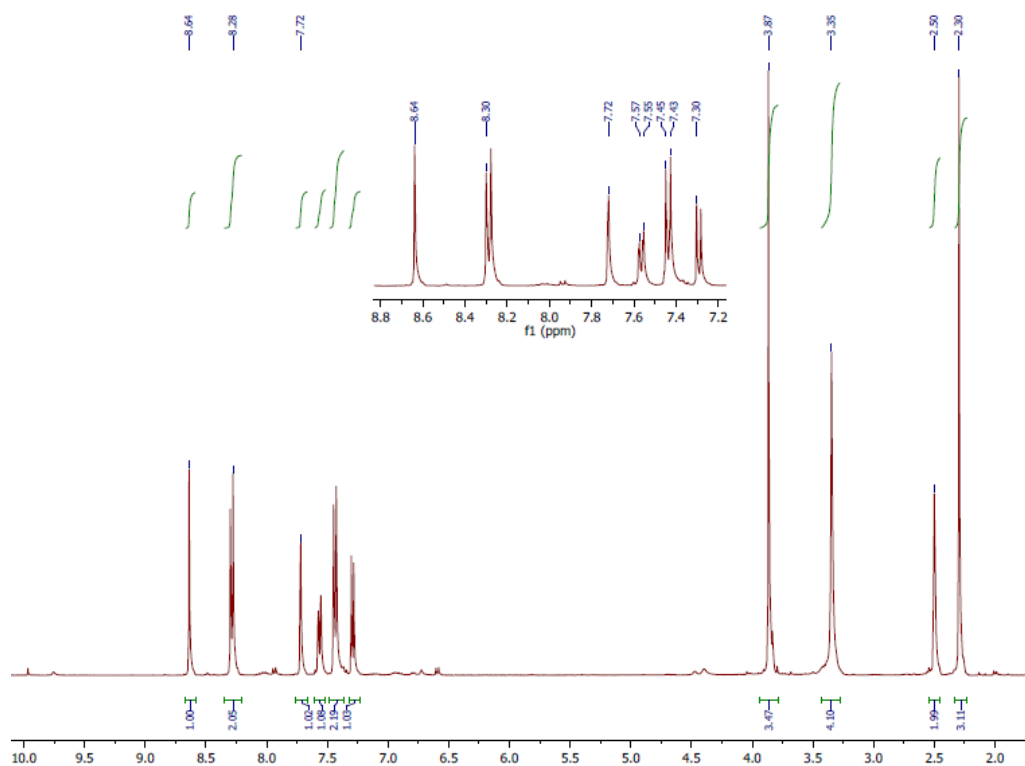
3-4-3 - طيف $^1\text{H-NMR}$:

سجل طيف الطنين النووي المغناطيسي البروتوني $^1\text{H-NMR}$ للمركب المحضر في

DMSO وبيبين الشكل-8-طيف الطنين النووي المغناطيسي البروتوني وتم تحديد

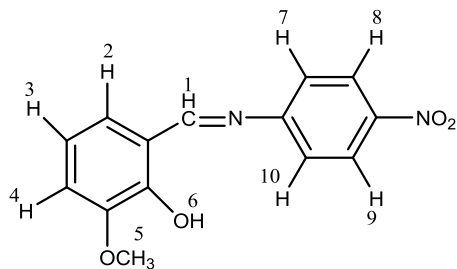
الانزياحات لكل بروتون لوحظ وجود إشارة عند ppm التي تعود إلى بروتون مجموعة

الإيمين، وبيبين الجدول-3-الانزياحات الكيميائية للبروتونات في المركب



الشكل-8- طيف $^1\text{H-NMR}$ للمركب الناتج

الجدول-3- الانزياحات الكيميائية لكل بروتون في المركب الناتج



نوع ذرة الهروجين	$^1\text{H-NMR}$ [δ , Ppm]	No
إيمينية	8.36 (S,1H)	1
عطرية	7.44 (d, $J = 8.9$ Hz, 1H)	2

اصطناع وتوصيف المشتق الجديد: نتروفنيل أزومتين ميتوكسي الفينول باستخدام حفاز الامبرلست
A-21 الصديق للبيئة

عطرية	3.61 (t, J = 208.0 Hz, 1H)	3
عطرية	7.36 (d, J = 49.5 Hz, 1H)	4
ايترية	2.29 (S,3H)	5
هيدروكسيدية	7.92 (S,1H)	6
عطرية	7.56 (d, J = 8.1 Hz,2H)	7,10
عطرية	8.01 (d, J = 232.2 Hz,2H)	8,9

5-الاستنتاجات والمقترحات:

- ✓ تم تحضير المشتق 2-ميتوكسي-6-((4-نتروفينيل) أمينو) ميثيل الفينول انطلاقا من أورثو الفانيلين بوجود الحفاز القلوي A-21 وحددت بنية المشتق الناتج بالطرائق الطيفية المتاحة.
- ✓ بلغ مردور التفاعل 74.4% ولوحظ من خلال التجارب العملية أن وجود الحفاز أدى لزيادة المردود وتخفيض زمن التفاعل حيث أنه صديق للبيئة.
- ❖ نوصي باستخدام حفازات أساسية أخرى وحفازات حمضية المتجانسة وغير المتجانسة ومقارنة سير التفاعل ومردوده
- ❖ نوصي باستخدام العديد من الأمينات الأخرى.
- ❖ نوصي بدراسة الفعالية البيولوجية للمركب المحضر ودراسة تأثيره على الجراثيم الإيجابية والسلبية الغرام.

المراجع:

- 1- Bythrow JD. Vanilla as a medicinal plant. In Seminars in integrative medicine 2005 Dec 1 (Vol. 3, No. 4, pp. 129-131). WB Saunders.
- 2- Kumar R, Sharma PK, Mishra PS. A review on the vanillin derivatives showing various biological activities. J Pharmtech Res. 2012 Jan;4(1):266-79.
- 3- Hocking MB. Vanillin: synthetic flavoring from spent sulfite liquor. Journal of chemical education. 1997 Sep 1;74(9):1055.
- Hocking, M.B., 1997. Vanillin: synthetic flavoring from spent sulfite liquor. J. Chem. Educ. 74, 1055-1059
- 4
- 5-Makkar, H.P.S., Beeker, K., 1994. Isolation of tannins from leaves of some trees and shrubs and their properties. J. Agric. Food Chem. 42, 731-734
- 6- Abraham DJ, Mehanna AS, Wireko FC, Whitney J, Thomas RP, Orringer EP. Vanillin, a potential agent for the treatment of sickle cell anemia.

7- Lirdprapamongkol K, Kramb JP, Suthiphongchai T, Surarit R, Srisomsap C, Dannhardt G, Svasti J. Vanillin suppresses metastatic potential of human cancer cells through PI3K inhibition and decreases angiogenesis in vivo. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009 Apr 22;57(8):3055–63.

8- Xu J, Xu H, Liu Y, He H, Li G. Vanillin-induced amelioration of depression-like behaviors in rats by modulating monoamine neurotransmitters in the brain. Psychiatry research. 2015 Feb 28;225(3):509–14.

9- Asaruddin MR, Ezekiel S, Ariffeen MF, Affan MA. Synthesis and Spectral Characterization of 4-Hydroxy-3-Methoxybenzaldehyde Derivatives. Borneo Journal of Resource Science and Technology. 2015;5(1):43–8..

10-Hocking, M.B., 1997. Vanillin: synthetic flavoring from spent sulfite

liquor. J. Chem. Educ. 74, 1055–1059

11-Sinha AK, Sharma UK, Sharma N. A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents. International journal of food sciences and nutrition. 2008 Jan 1;59(4):299–326.

12–Gustafson DL, Franz HR, Ueno AM, Smith CJ, Doolittle DJ, Waldren CA. Vanillin (3-methoxy-4-hydroxybenzaldehyde) inhibits mutation induced by hydrogen peroxide, N-methyl-N-nitrosoguanidine and mitomycin C but not ¹³⁷Cs γ -radiation at the CD59 locus in human-hamster hybrid AL cells. *Mutagenesis*. 2000 May;15(3):207–13.

13 –Illicachi LA, Montalvo-Acosta JJ, Insuasty A, Quiroga J, Abonia R, Sortino M, Zacchino S, Insuasty B. Synthesis and DFT Calculations of Novel Vanillin-Chalcones and Their 3-Aryl-5-(4-(2-(dimethylamino)-ethoxy)-3-methoxyphenyl)-4, 5-dihydro-1H-pyrazole-1-carbaldehyde Derivatives as Antifungal Agents. *Molecules*. 2017 Sep;22(9):1476.

14–Asaruddin MR, Ezekiel S, Arifteen MF, Affan MA. Synthesis and Spectral Characterization of 4-Hydroxy-3-Methoxybenzaldehyde Derivatives. *Borneo Journal of Resource Science and Technology*. 2015;5(1):43–8

15–Jay JM, Rivers, GM. Antimicrobial activity of some food flavoring compounds. *J Food Saf*. 1984; 6:129–139

16–Ultee A, Gorris LG, Smid EJ. Bactericidal activity of carvacrol towards the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *J Appl Microbiol*. 1998; 85:211–218.

- 17**–Sikkema J, de Bont JA, Poolman B. Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. *J Biol Chem.* 1994; 269:8022–8028.
- 18**–Sikkema J, de Bont JA, Poolman B. Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiol Rev.* 1995; 59:201–222.
- 19**–Zhang J, Zhao L, Zhu C, Wu Z, Zhang G, Gan X, Liu D, Pan J, Hu D, Song B. Facile synthesis of novel vanillin derivatives incorporating a bis (2–hydroxyethyl) dithioacetal moiety as antiviral agents. *Journal of agricultural and food chemistry.* 2017 Jun 14;65(23):4582–8.