

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 42 . العدد 9

1442 هـ - 2021 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](http://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		
40-11	أ.د ناصر سعد الدين أ.د. أحمد خضرو عمار محمد محمد	دراسة الخصائص البنيوية لأفلام رقيقة محضرة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بطريقة البخ الحراري
68- 41	اوفيليا قيق د.فانز حزواني د. ثناء شريتح	اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل 4،- نترو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد <i>FNMFH</i> ومعداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الانتقاليين $[Fe^{3+}, Cu^{2+}]$
98-69	حامد برهوم د. عبدالله رستاوي د. سليمان ديبو	دراسة نظرية لاحتمال تشتت الفوتون على الإلكترون كتابع لزاوية التشتت
126-99	ليال علي د. بشرى عباس أ.د. محمد سويقات	الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن لحل مسائل أمثليات محدبة مقيدة ذات متحولين في فضاءات هلبرت
156-127	د.ندى محفوض د. ثناء شريتح عائشة المدني	تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع <i>Eruca sativa</i> على نمو بعض العزلات الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية





# دراسة الخصائص البنيوية لأفلام رقيقة محضرة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بطريقة

## البخ الحراري

أ.د. ناصر سعد الدين أ.د. أحمد خضرو

طالب الماجستير عمار محمد محمد

جامعة البعث - كلية العلوم - قسم الفيزياء

### الملخص

تم في هذا البحث، تحضير أفلام رقيقة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بنسب وزنية مختلفة على ركائز زجاجية من النوع العادي عند الدرجة  $450^{\circ}\text{C}$  باستخدام تقنية البخ الحراري (spray pyrolysis) لمحاليل بادئة من خلات الزنك  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  وخلات النيكل  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

درست الخصائص البنيوية للأفلام المحضرة باستخدام جهاز انعراج الأشعة السينية XRD حيث تم حساب ثوابت الشبكة البلورية والبعد بين المستويات البلورية  $d$  والحجم الحبيبي  $D$  والانفعال  $\epsilon$  ولوحظ أنه بزيادة تركيز الزنك يزداد الحجم البلوري وتحسن البنية البلورية للأفلام المحضرة.

كما بينت النتائج أن الأفلام المحضرة تملك طورين بلورين وهي متعددة التبلور ولوحظ عند زيادة نسبة النيكل تملك الأفلام بنية مكعبية وعند زيادة نسبة الزنك تملك الأفلام بنية سداسية ولوحظ اتجاهين مفضلين وفق المحور [200] للبنية المكعبية والمحور [002] للبنية السداسية تبعاً لنسبة كل من الزنك والنيكل.

الكلمات المفتاحية: أكسيد النيكل، أكسيد الزنك، البخ الحراري، XRD

# A Study of the structural properties of thin films prepared from a mixture of zinc and nickel oxides by a method Thermal spray

## Abstract

In this paper, thin films were prepared from a mixture of zinc and nickel oxides with different volumetric proportions on glass substrates of the normal type at 450°C by using thermal spray technology for starting solutions of zinc acetate  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  and nickel acetate  $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ .

The structural properties of the films prepared using an XRD diffraction device were studied, where the crystal lattice constants were calculated, the distance between the crystalline levels  $d$ , the particle size  $D$  and the strain. It was observed that with increasing zinc concentration, the crystal size increased and the crystal structure of the prepared films improved.

The results also showed that the prepared films have two crystal phases, which are multi-crystallized, and it was observed when the percentage of nickel increased, the films had a cubic structure, and when the zinc percentage increases the films had a hexagonal structure and two preferred directions are observed according to the axis  $[200]$  for the cubic structure and  $[002]$  for the hexagonal structure, according to the ratio of zinc and nickel.

**Keywords:** Nickel oxide, Zinc oxide, Thermal spray, XRD

## 1. مقدمة:

تعد فيزياء الأفلام الرقيقة واحدة من الفروع الهامة في فيزياء الحالة الصلبة [6][1] حيث المادة الصلبة تصبح غشاء رقيق عند تحضيرها على شكل طبقات رقيقة مرسبه على أساس صلب بالطرق الفيزيائية أو التفاعلات الكيميائية وهذا من أجل معرفة خصائصها الفيزيائية والكيميائية التي يصعب الحصول على خواصها بشكلها الطبيعي [2][3].

شهد مجال الأفلام الرقيقة تقدماً كبيراً نظراً لخواصها المميزة وأهميتها الكبيرة فقد تعددت استخداماتها وتطبيقاتها العملية والصناعية في مجالات متعددة [4] منها الالكتروضوئية والكهروضوئية والالكتروكيميائية.

يطلق على الأكاسيد الناقلة الشفافة (Transparent Conducting Oxides) اختصاراً (TCOs) وهي عبارة عن أنصاف نواقل مكونة من اتحاد معدن مع الأكسجين مثل:  $ZnO$ ،  $In_2O_3$ ،  $SnO_2$ . تُعتبر دراسة مركبات الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCOs) ذات أهمية كبيرة تبعاً لخصائصها المميزة حيث تستخدم في العديد من التطبيقات التكنولوجية [5]. يعتبر أكسيد الزنك  $ZnO$  مركب كيميائي نصف ناقل من عائلة الأكاسيد الناقلة الشفافة ذو ناقلية من نوع n وذو مجال عريض ومباشر من مرتبة  $3.37eV$  عند درجة حرارة الغرفة ويملك طاقة ارتباط اكسيتونية من مرتبة  $60 meV$ ، كما أنه مستقر كيميائياً وحرارياً [7][8]. جعلت هذه الخصائص أكسيد الزنك مادة جذابة لعدد كبير من التطبيقات مثل الثنائيات المصدرة للضوء في المجالين الأزرق وفوق البنفسجي UV والحساسات الغازية وأجهزة الأمواج فوق الصوتية وغيرها [9][10]. يتبلور أكسيد الزنك وفق البنية السداسية من نوع wurtzite بثوابت شبكية  $a = 3.249A^0$  و  $c = 5.205A^0$  [11] حيث تتوضع ذرات الزنك على رؤوس رباعي الوجوه وتحاط كل ذرة زنك بأربع ذرات أكسجين بحيث يتم تهجين الكترونات الزنك في المدار d بالكترونات الأكسجين في المدار p [12]. بينما يعتبر أكسيد النيكل NiO نصف ناقل من عائلة الأكاسيد

الناقلة الشفافة ذو ناقلية من نوع p [13] و تملك أفلام أكسيد النيكل مجال محذور كبير يتراوح بين (3.15ev إلى 4ev) [14]. يتبلور أكسيد النيكل وفق بنية بلورية مكعبة متمركزة الوجوه ثابت الشبكة البلورية له  $a = 4.177\text{\AA}$  [13] ويتميز أكسيد النيكل بأنه مادة مغناطيسية عكسية [15] ، كما أن له نقطة انصهار عالية جدا تقريبا  $2000\text{C}^0$  لذا يتمتع بالمثانة و الاستقرار الكيميائي [16]. تكمن أهمية أفلام أكسيد النيكل باستخدامها بالعديد من التطبيقات العلمية والصناعية حيث تستخدم في الخلايا الشمسية والحساسات الغازية وكطبقات مانعة للانعكاس ومرايا الليزر والمرشحات أحادية اللون والالكترونيات الضوئية وغيرها... [17] ويعتبر كل من الأكسيدين من المواد الغير سامة ومتوفرة بنسبة كبيرة في الطبيعة، وهما مادتين معروفتين بخصائصهما ، وهي واحدة في مجال التطبيقات الضوئية وتعتمد خصائصهما بشكل كبير على حالة السطح وتكافؤ اوكسجين البلورات، وتختلف خصائصها باختلاف طرائق تحضير الأفلام الرقيقة لأكسيد الزنك وأكسيد النيكل منها الكيميائية ومنها الفيزيائية [18].

تحضر عادة الأفلام الرقيقة من أكسيد الزنك وأكسيد النيكل بطرائق وتقنيات متعددة منها ترسيب البخار الكيميائي CVD والترسيب الالكتروكيميائي و sol-gel والترذيد المغنطروني والليزر النبضي والبخ الحراري وغيرها... [19] [20]. تم في هذا البحث اختيار طريقة البخ الحراري وهي من أهم الطرق الفيزيائية التي تعتمد على التفاعل مع سطح الركيزة وتعتبر طريقة البخ الحراري (Spray Pyrolysis) الطريقة الأبسط والأرخص لإنتاج أفلام رقيقة تستخدم في التطبيقات الصناعية ومن مميزاتا بساطتها في تحضير أفلام رقيقة نقية ومثابة تجريبياً وعلى مساحات واسعة ، كما يمكن تحضير أفلام من مواد ذات درجات انصهار مرتفعة يصعب تحضيرها بطرائق أخرى بالإضافة إلى انها تقنية اقتصادية كون الأجهزة المستخدمة لا تحتاج إلى أجهزة تفريغ أو أجهزة معقدة ومكلفة، حيث يمكن إضافة شوائب مختلفة النوع والتركيز وتغيير عوامل الترسيب كنوع الركيزة

المستخدمة ودرجة حرارتها وتركيب المحلول ومعدل تدفقه والمسافة بين فوهة البخ والركيزة للحصول على أفلام ذات خواص ضوئية وكهربائية بمواصفات معينة [21].

## 2- أهداف البحث:

1- تحضير أفلام رقيقة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بنسب وزنية مختلفة على ركائز من الزجاج العادي بتقنية البخ الحراري الكيميائي.

2- دراسة الخصائص البنيوية للأفلام المحضرة.

## 3 - مواد وطرق البحث:

### 3 - 1 - الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1. جهاز ترسيب الأفلام الرقيقة مصنع محلياً يعتمد طريقة البخ الحراري الكيميائي في الترسيب، يتألف من جهاز تسخين الركائز وفوهة البخ وعادم للغاز يتم تزويده بمولد لتأمين الهواء المضغوط لتوليد معدل تدفق مستمر ومزود بحساس حراري لقياس درجة حرارة الركيزة.

2. جهاز انعراج الأشعة السينية نوع XRD-PW1840 إنتاج شركة PHILIPS مربوط مع حاسب مزود ببرنامج لمعالجة طيوف الانعراج.

3. جهاز تنظيف الركائز بالأمواف فوق الصوتية نوع Transsonic T700/H

4. مواد كيميائية نقية %99.9 من خلات النيكل  $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$  وخلات الزنك  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  والإيثانول ( $C_2H_5OH$ ) وحمض الخل ( $CH_3COOH$ ).

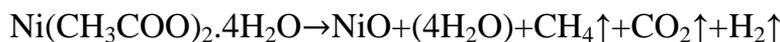
5. شرائح زجاجية من النوع العادي.

### 3 - 2 - تحضير العينات:

تم استخدام ركائز زجاجية من النوع العادي وتم تنظيفها باستخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية نوع الجهاز (Transsonic T700/H) ثم غمر هذه الركائز بمراحل عدة بمحلول الإيثانول وحمض كلور الماء وتنظيفها بالماء المقطر وتجفيفها جيداً للتخلص من الرواسب والشوائب حتى الوصول إلى قطرة مستمرة على سطح الركيزة لأن وجود مثل هذه الرواسب يؤثر في خصائص الفلم المحضر ويمنع استمرارية طبقة الفلم وبالتالي تحدث الانخلاعات غير المرغوب بها.

تم تحضير أفلام رقيقة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بنسب وزنية مختلفة وبتراكيز مولي 1M (0,5-0,5)(0,6-0,4)(0,7-0,3)(0,9-0,1) باستخدام محلول خلات النيكل  $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$  وهي مادة صلبة ذات لون أخضر كتلتها المولية (248.87 g/mol) وكتافتها ( $6.67 \text{ g/cm}^3$ ) ومحلول خلات الزنك  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  وهي مادة بشكل مسحوق أبيض اللون كتلتها المولية (219.5 g/mol) وبنقاوة (99%) حيث تم حل وزن مناسب من ملح خلات النيكل في خليط من الماء المقطر والإيثانول (24ml) ثم حل وزن مناسب من ملح خلات الزنك في خليط من الماء المقطر والإيثانول (24ml) ثم تم الخلط بين المحلولين بنسب وزنية محددة كما هي مبينة في الجدول (1) و أضيفت بضع قطرات من حمض الخل لزيادة شفافية المحلول ثم وضع المحلول الناتج حجمه (30ml) على خلاط مغناطيسي وبدرجة حرارة  $85C^0$  لحين تجانس المحلول.

تم وضع الركائز الزجاجية في حجرة البخ على مسافة 30cm عن فوهة البخ وبدأت عملية الترسيب عند الدرجة 450C<sup>0</sup>. تم تشكل طبقة خليط أكسيد النيكل وأكسيد الزنك على سطح الركيزة وفق المعادلتين الكيميائيتين التاليتين [6]:



الجدول (1): يبين النسب الحجمية للمحلول المستخدم في تحضير الأفلام:

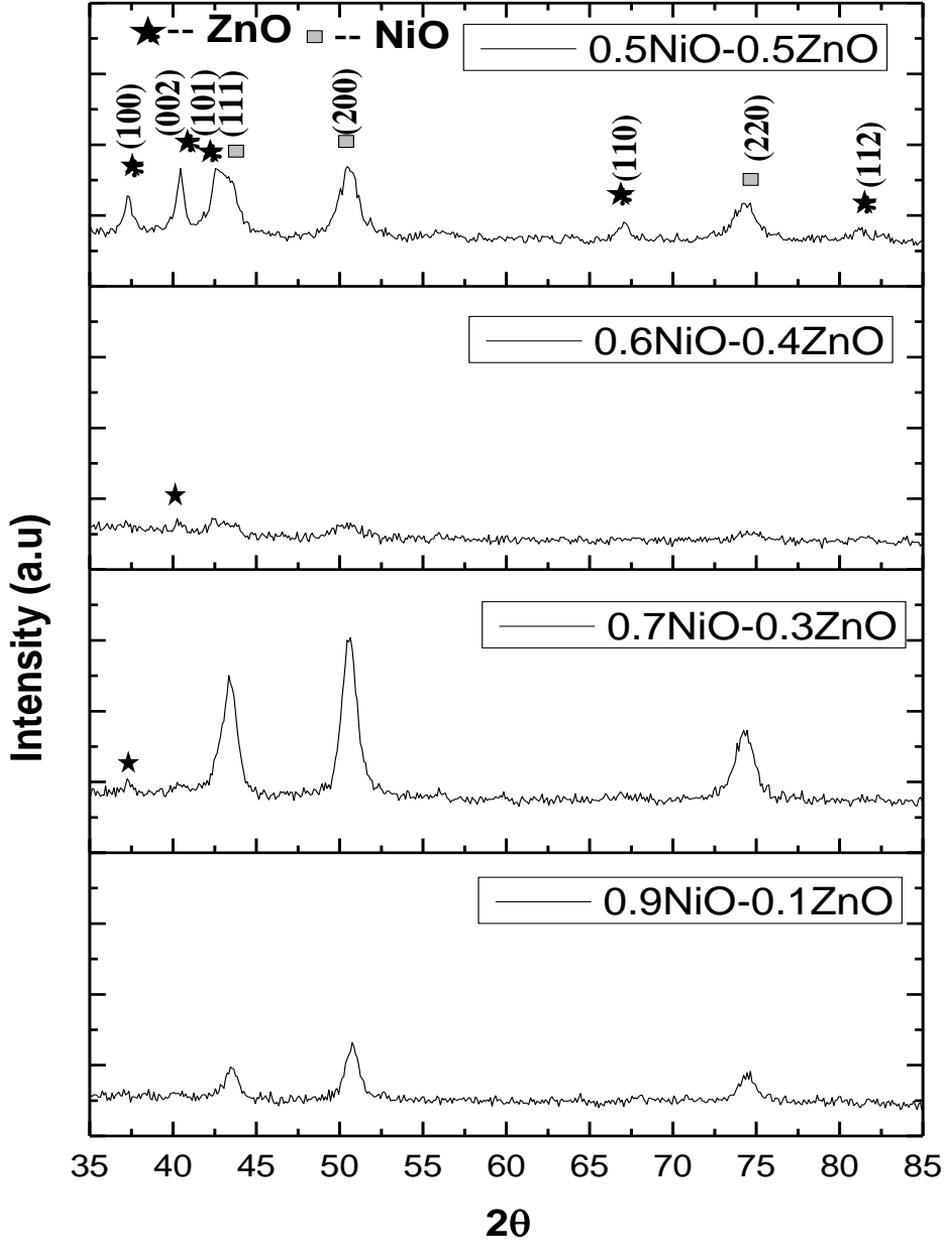
النسب	خلات النيكل المائية Ni(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	خلات الزنك المائية Zn(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O
NiO <sub>0,9</sub> -0,1ZnO	27ml	3ml
NiO <sub>0,7</sub> -0,3ZnO	21ml	9ml
NiO <sub>0,6</sub> -0,4ZnO	18ml	12ml
NiO <sub>0,5</sub> -0,5ZnO	15ml	15ml
NiO <sub>0,4</sub> -0,6ZnO	12ml	18ml
NiO <sub>0,3</sub> -0,7ZnO	9ml	21ml
NiO <sub>0,1</sub> -0,9ZnO	3ml	27ml

#### 4-النتائج والمناقشة:

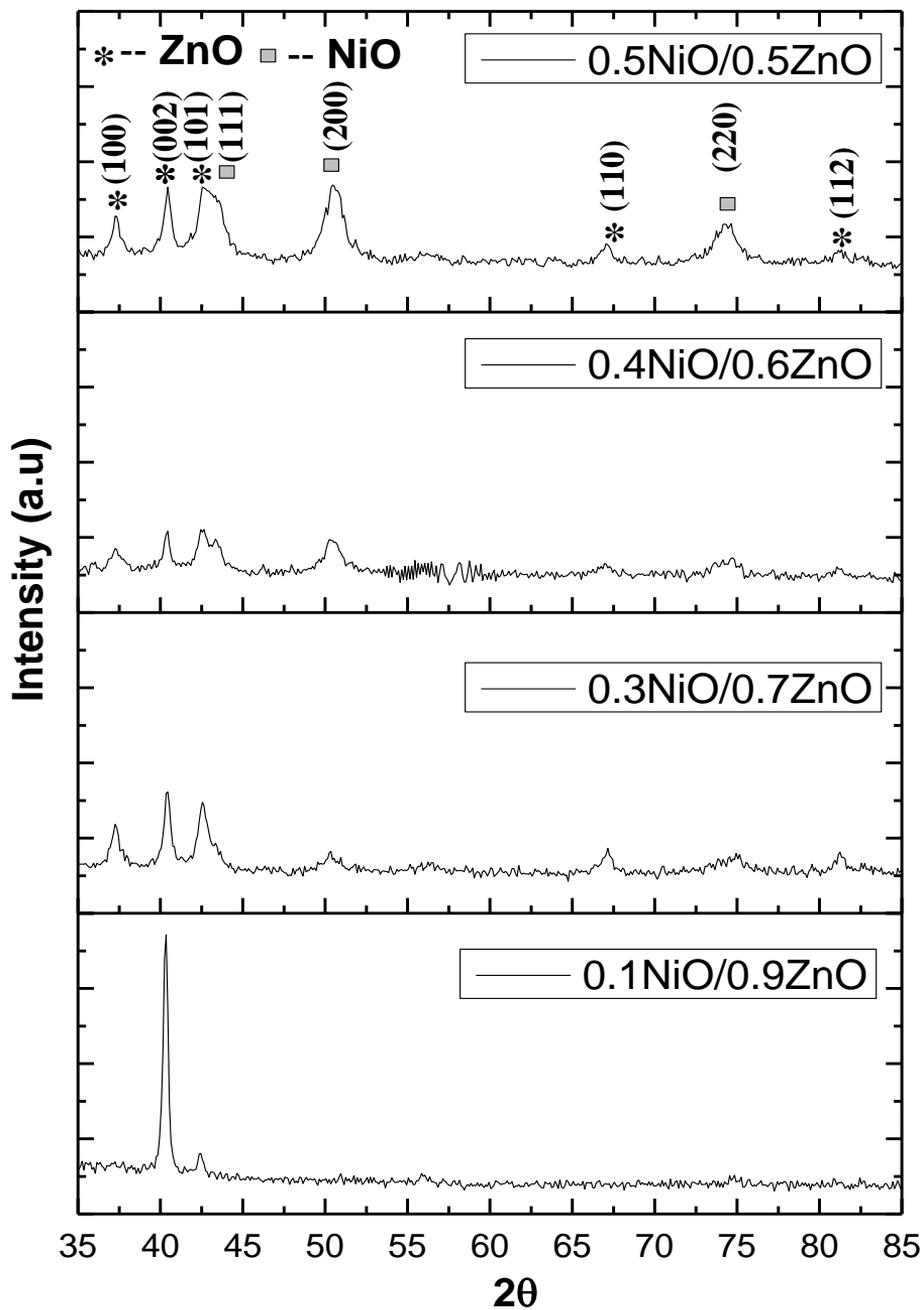
#### 1-4-الدراسة البنوية Structural Characterization

تم استخدام تقنية انعراج الأشعة السينية XRD لدراسة البنية البلورية للعينات المحضرة بنسب وزنية مختلفة.

يبين الشكل (1) والشكل (2) أطيف انعراج الأشعة السينية X-ray للأفلام المحضرة عند النسب الوزنية المختلفة:



الشكل (1) أطيف انعراج الأشعة السينية للأفلام المحضرة عند زيادة تركيز الزنك.



الشكل (2) أطيف انعراج الأشعة السينية للأفلام المحضرة عند زيادة تركيز النيكل.

نلاحظ من الشكل (1) عدم ظهور قمم لأكسيد الزنك عند النسبة  $\text{NiO}_{0,9-0,1}\text{ZnO}$  والقمم تعود فقط لأكسيد النيكل ويرجع ذلك الى أن التركيز الأكبر يعود لأكسيد النيكل أي أن ذرات النيكل حلت مكان ذرات الزنك في الشبكة البلورية لأكسيد الزنك أما عند النسبتين  $\text{NiO}_{0,6-0,4}\text{ZnO}$ - $\text{NiO}_{0,7-0,3}\text{ZnO}$  نلاحظ بدء ظهور قمم صغيرة عند زوايا الانعراج  $2\theta = 37.33$  و  $2\theta = 40.22$  تعود لأكسيد الزنك يرجع الى زيادة نسبة الزنك في الأفلام المحضرة ونلاحظ عند النسبة  $\text{NiO}_{0,6-0,4}\text{ZnO}$  انخفاض في حدة القمم لأكسيد النيكل بشكل كبير ويعزى ذلك الى تخرب البنية البلورية و بدء ظهور الطورين، كما نلاحظ من الشكل (2) عدم ظهور قمم واضحة لأكسيد النيكل عند النسبة  $\text{NiO}_{0,1-0,9}\text{ZnO}$  والقمم تعود فقط لأكسيد الزنك لأن التركيز الأكبر يعود لأكسيد الزنك أي أن ذرات الزنك حلت مكان ذرات النيكل في الشبكة البلورية لأكسيد النيكل أما عند النسبتين  $\text{NiO}_{0,4-0,6}\text{ZnO}$ - $\text{NiO}_{0,3-0,7}\text{ZnO}$  نلاحظ بدء ظهور قمم واضحة عند زوايا الانعراج  $2\theta = 50.30$   $2\theta = 74.89$   $2\theta = 43.46$   $2\theta = 50.25$   $2\theta = 74.69$  تعود لأكسيد النيكل بسبب زيادة نسبة النيكل [22][25]. ويتبين من الشكلين (1)(2) ظهور قمم واضحة جداً عند النسبة المتساوية المحضرة  $\text{NiO}_{0,5-0,5}\text{ZnO}$  تعود لأكسيد الزنك وأكسيد النيكل معاً يرجع ذلك الى تساوي نسبة كلا من الزنك والنيكل وبالتالي ظهور الطورين البلورين وهذا يتفق مع الأعمال العلمية [22][23][24][25].

لدى مقارنة الأطياف التي تم الحصول عليها مع البطاقة المرجعية لأكسيد النيكل ذات الرقم 04-0835 وجد أن الأفلام المحضرة عند النسب العالية للنيكل تتبلور وفق البنية المكعبية التي تنتمي للمجموعة الفراغية ( $Fm3m$ ) وثابت الشبكة البلورية لها  $a = 4.176\text{\AA}$  وبالمقارنة مع البطاقة المرجعية لأكسيد الزنك ذات الرقم 36-1451 وجد أن الأفلام المحضرة عند النسب العالية للزنك تتبلور وفق البنية السداسية التي تنتمي للمجموعة الفراغية ( $P6_3mc$ ) وثوابت الشبكة البلورية لها  $a=b=3.249\text{\AA}$   $c=5.206\text{\AA}$  وهذا يتفق مع الأعمال العلمية [22][23][24][25][29][30].

تبين أن قرائن ميلر لقمم الانعراج للأفلام المحضرة تتطابق مع قمم الطيف بالمقارنة مع بنك المعلومات JCPDS البطاقتين المرجعيتين (36-1451) (04-0835) وكانت على النحو التالي: (100)، (112)، (220)، (110)، (200)، (111)، (101)، (002) وهذا يتفق مع الأعمال العلمية [22][23].

يبين الشكل (1) والشكل (2) أيضاً أن الأفلام المحضرة متعددة التبلور ولها اتجاهين مفضلين وفق المحور [200] للبنية المكعبية والمحور [002] للبنية السداسية تبعاً لنسبة كلاً من الزنك والنيكل وهذا يتوافق مع العمل العلمي [22].

بالاستفادة من أطراف انعراج الأشعة السينية للأفلام المحضرة تم حساب البعد بين المستويات البلورية  $d$  من زوايا الانعراج عند كل خط طيفي باستخدام قانون براغ:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (1)$$

حيث  $\lambda$ : طول موجة الأشعة السينية المستخدمة  $\lambda = 1.78897 \text{ \AA}$  ،  $\theta$ : زاوية براغ.

وبالاستفادة من علاقتي البعد بين المستويات البلورية للبنية المكعبية والسداسية [26][27]:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{h^2 + k^2 + hk}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \quad (2)$$

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (3)$$

تم حساب ثابت الشبكة البلورية للبنية المكعبية وكانت قيمته المتوسطة  $a = 4.185 \text{ \AA}$

وتم حساب ثوابت الشبكة البلورية للبنية السداسية وكانت القيم المتوسطة  $a = 3.233 \text{ \AA}$

و  $c = 5.186 \text{ \AA}$

تتوافق قيم ثوابت الشبكة البلورية مع البطاقة المرجعية ذات الرقم (36-1451) لأكسيد  
الزنك والبطاقة المرجعية ذات الرقم (04-0835) لأكسيد النيكل.

تم حساب حجم الحبيبات البلورية بعد حساب العرض عند منتصف الشدة العظمى لقمم  
الانعراج باستخدام علاقة ديبي-شيرر [28]:

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (4)$$

حيث  $D$ : حجم الحبيبات البلورية و  $K$ : ثابت يساوي 0.93.

$\lambda$ : طول موجة الأشعة السينية المستخدمة  $\lambda = 1.78897 \text{ \AA}$ .

$\beta$ : العرض الكلي عند منتصف الشدة العظمى ويقدر بالراديان.

$\theta$ : زاوية براغ.

الجدول (2): يبين قيم كل من  $a$  و  $c$  و  $\beta$  و  $2\theta$  و  $D$  و  $d$  للأفلام المحضرة بزيادة تركيز  
الزنك.

D(nm)	$a, c(\text{\AA})$	$d_{hkl}(\text{\AA})$	$\beta(\text{rad})$	$\beta(\text{deg ree})$	$2\theta(\text{ rad})$	hkl	النسب
19.85	4.189	2.419	0.008	0.5	43.40	111	0.9-0.1
12.76	4.164	2.082	0.013	0.8	50.87	200	
19.32	4.171	1.475	0.010	0.6	74.61	220	
$a=4.174$ $D=17.31\text{nm}$							
24.33	$a=3.224$	2.794	0.006	0.4	37.33	100	0,7-0,3
16.54	4.186	2.417	0.010	0.6	43.43	111	
17.001	4.184	2.092	0.010	0.6	50.61	200	
16.52	4.188	1.481	0.012	0.7	74.26	220	

a=4.186 D=18.59nm							0,6-0,4
16.21	a=3.244	2.811	0.010	0.6	37.07	100	
24.55	c=5.201	2.601	0.006	0.4	40.26	002	
16.48	c=5.230	2.475	0.010	0.6	42.33	101	
24.85	4.217	2.435	0.005	0.4	43.84	111	
14.56	4.200	2.100	0.012	0.7	50.42	200	
19.26	4.186	1.480	0.010	0.6	74.10	220	
a= 4.201 D=19.31nm							

الجدول (3): يبين قيم كل من  $a$  و  $c$  و  $\beta$  و  $2\theta$  و  $D$  و  $d$  للأفلام المحضرة بزيادة تركيز النيكل.

D (nm)	a, c (Å <sup>0</sup> )	d <sub>hkl</sub> (Å <sup>0</sup> )	$\beta$ (Rad)	$\beta$ (degree)	2 $\theta$ ( rad)	hkl	النسب
32.74	c=5.189	2.595	0.005	0.3	40.32	002	0,9-0,1
24.73	a=3.249 c=5.166	2.741	0.006	0.4	42.44	101	
D=28.73nm							
24.32	a=3.231	2.799	0.006	0.4	37.27	100	0,7-0,3
24.56	c=5.175	2.588	0.006	0.4	40.43	002	
24.74	c=5.204	2.464	0.006	0.4	42.55	101	
33.96	4.208	2.104	0.005	0.3	50.30	200	
27.68	a=3.229	1.625	0.006	0.4	67.24	110	
19.36	4.160	1.471	0.010	0.6	74.89	220	

دراسة الخصائص البنيوية لأفلام رقيقة محضرة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بطريقة  
البيخ الحراري

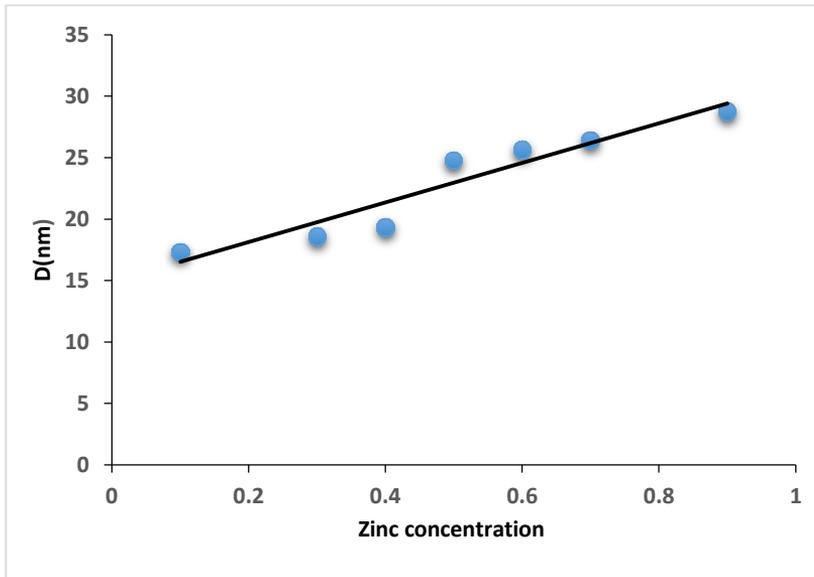
30.40	c=5.224	1.372	0.006	0.4	81.34	112	0,6-0,4
D=26.43nm							
19.46	a=3.244	2.797	0.008	0.5	37.31	100	
32.75	c=5.201	2.590	0.005	0.3	40.40	002	
19.79	c=5.230	2.464	0.008	0.5	42.55	101	
24.81	4.217	2.415	0.006	0.4	43.46	111	
25.45	4.200	2.106	0.006	0.4	50.25	200	
18.43	a=3.237	1.619	0.010	0.6	67.04	110	
38.67	4.169	1.474	0.005	0.3	74.69	103	
D=25.62nm							

الجدول (4): يبين قيم كل من  $a$  و  $c$  و  $\beta$  و  $2\theta$  و  $D$  و  $d$  للأفلام المحضرة عند النسبة المتساوية.

D (nm)	$a, c$ ( $\text{Å}^0$ )	$d_{hkl}$ ( $\text{Å}^0$ )	$\beta$ (Rad)	$\beta$ (degree)	$2\theta$ (rad)	hkl	النسبة
32.44	a=3.229	2.797	0.005	0.3	37.30	100	0.5-0.5
24.57	c=5.175	2.586	0.006	0.4	40.46	002	
19.79	c=5.204	2.465	0.008	0.5	42.54	101	
24.82	4.208	2.410	0.006	0.4	43.21	111	
25.48	4.188	2.094	0.006	0.4	50.45	200	

27.67	a=3.232	1.617	0.006	0.4	67.17	110
23.14	4.186	1.480	0.008	0.5	74.33	220
20.25	c=5.219	1.373	0.010	0.6	81.24	112
D=24.77nm						

تبيين الجداول (2) و(3) و(4) تطابق القيم التجريبية مع البطاقة المرجعية 04-0835 والبطاقة المرجعية 36-1451.



الشكل (3) تغيرات الحجم الحبيبي البلوري للأفلام المحضرة بدلالة تركيز الزنك.

نلاحظ من الشكل (3) أن حجم الحبيبات البلورية يزداد بزيادة تركيز الزنك وبالعكس يتناقص بزيادة تركيز النيكل يمكن أن يعزى ذلك إلى أن نصف قطر الشاردة  $Ni^{+2}$  أصغر من نصف قطر الشاردة  $Zn^{+2}$  مما يعطي إمكانية استبدال لشاردة النيكل بشاردة الزنك في الشبكة البلورية وبالتالي تحسن الخصائص

البنيوية للأفلام المحضرة بزيادة تركيز الزنك وذلك بسبب زيادة جودة تبلور الأفلام وهذا يتوافق مع العمل العلمي [30][29][22] .

#### 4-2-دراسة الحجم الحبيبي D باستخدام تحليل ويلمسون - هول:

تم حساب حجم الحبيبات البلورية والانفعال للأفلام المحضرة عند النسب الوزنية:

$NiO_{0,1}ZnO_{0,9}$  -  $NiO_{0,5}ZnO_{0,5}$  -  $NiO_{0,9}ZnO_{0,1}$  بفرض أن تعريض الخطوط  $\beta$  هو عبارة عن مجموع المساهمات الناتجة عن حجم الحبيبات  $\beta_1$  وعن الانفعال  $\beta_2$  . تمت دراسة العلاقة بين حجم الحبيبات البلورية والانفعال من تعريض الأشعة السينية باستخدام تحليل ويلمسون - هول Williamson- Hall بالعلاقة الآتية [31][32]:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 = \frac{k\lambda}{D \cos \theta} + 4\varepsilon \tan \theta \quad (5)$$

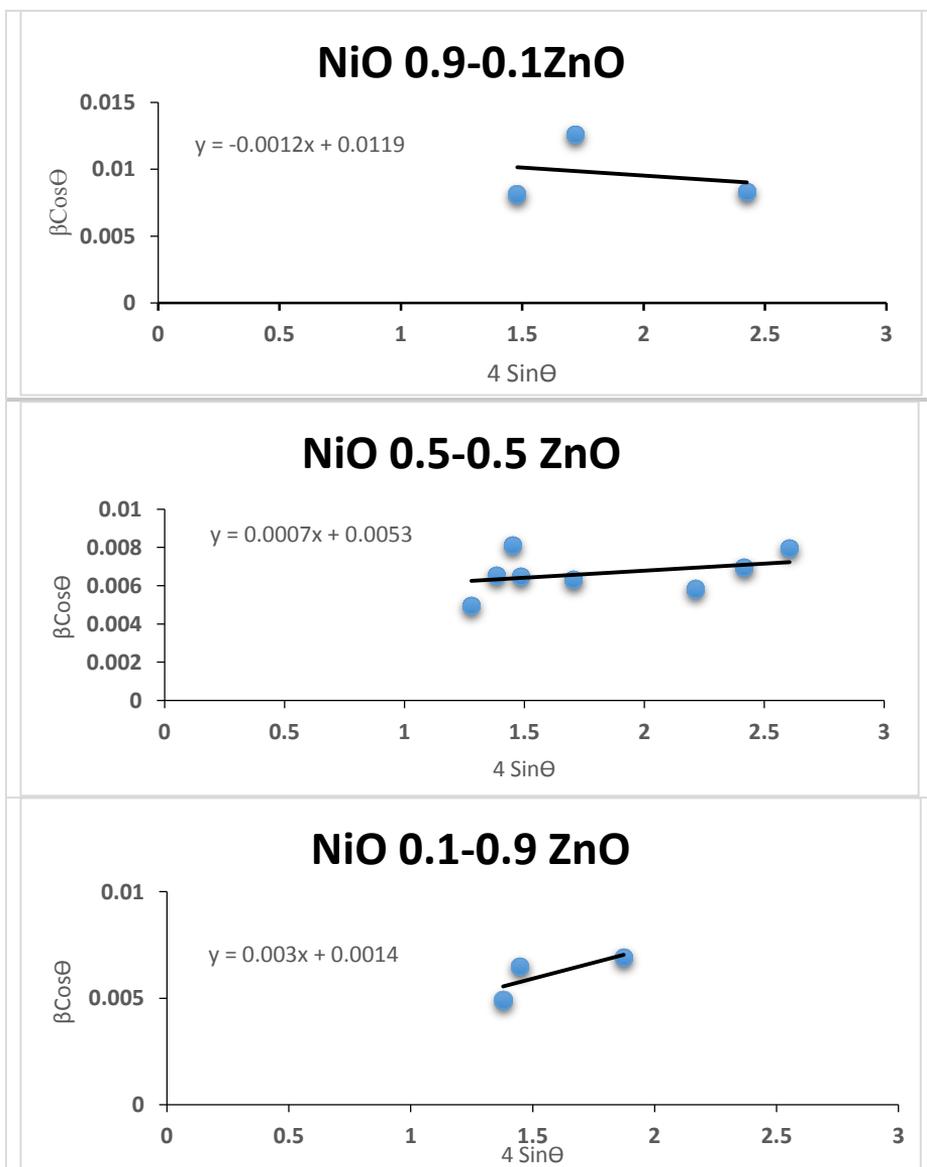
حيث  $\lambda$  : طول موجة الأشعة السينية المستخدمة و  $\theta$  : زاوية براغ و  $k$  : ثابت يساوي الواحد تقريباً .

يمكن إعادة ترتيب العلاقة لتعطي العلاقة بين التعريض وحجم الحبيبات والانفعال [33][32]:

$$\beta \cos \theta = \frac{\lambda}{D} + 4\varepsilon \sin \theta \quad (6)$$

حيث  $\beta$  : العرض عند منتصف الشدة العظمى بالراديان .

يمكن أن تستخدم المعادلة لتحديد الانفعال وحجم الحبيبات برسم المنحني البياني لتغيرات  $\beta \cos \theta$  بدلالة  $4 \sin \theta$  .



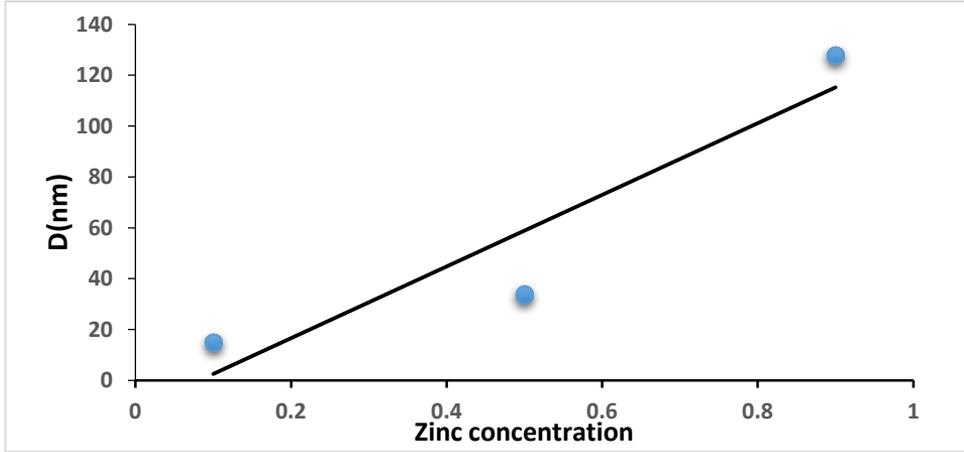
الشكل (4) المنحني البياني لتغيرات  $\beta \cos \theta$  بدلالة  $4 \sin \theta$  للأفلام المحضرة عند النسب NiO<sub>0,1-0,9</sub>ZnO - NiO<sub>0,5-0,5</sub>ZnO - NiO<sub>0,9-0,1</sub>ZnO

دراسة الخصائص البنيوية لأفلام رقيقة محضرة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بطريقة  
البيخ الحراري

تم استخدام المحاكاة الخطية للمعطيات لحساب الانفعال من ميل الخط المستقيم وحجم الحبيبات من التقاطع مع المحور  $\beta \cos \theta$ .

الجدول (4): يبين قيم كل من الحجم الحبيبي D والانفعال  $\varepsilon$  للأفلام المحضرة بزيادة تركيز الزنك.

$\varepsilon$	D(nm)	النسب الوزنية
-0.0012	15.03	NiO <sub>0,9</sub> -0,1ZnO
0.0007	33.75	NiO <sub>0,5</sub> -0,5ZnO
0.003	127.78	NiO <sub>0,1</sub> -0,9ZnO



الشكل (5) تغير الحجم الحبيبي D بزيادة تركيز الزنك.

يلاحظ من الجدول (5) والشكل (4) أن الانفعال يكون عبارة عن إجهاد شد عند النسبة العالية للنيكل وإجهاد ضغط عند النسبة العالية للزنك وتكون قيمته منخفضة عند النسبة المتساوية المحضرة.

يلاحظ من الشكل (5) أن حجم الحبيبات البلورية يزداد بزيادة تركيز الزنك وبالعكس يتناقص بزيادة تركيز النيكل وهذا يتفق مع الدراسة السابقة للحجم الحبيبي بدلالة تركيز الزنك الشكل (4) و مع الأعمال العلمية [30][29][25][22] وسبب ذلك الانفعال الناشئ عن الاختلاف في أنصاف أقطار الشاردية بين الزنك والنيكل .

## 5-الاستنتاجات:

1-استخدمت تقنية البخ الحراري في تحضير الأفلام بنسب وزنية مختلفة بنجاح وبكلفة اقتصادية منخفضة وأعطت نتائج جيدة مقارنة مع الطرائق الأخرى المستخدمة في تحضير الأكاسيد الشفافة.

2-بينت دراسة XRD أن الأفلام المحضرة بنسب وزنية مختلفة تتبلور وفق بنية مكعبية متمركزة الوجوه تنتمي للمجموعة الفراغية ( $Fm3m$ ) عند النسب العالية للنكل ووفق بنية سداسية تنتمي للمجموعة الفراغية ( $P6_3mc$ ) عند النسب العالية للزنك ولوحظ ظهور الطورين البلورين معاً عن النسبة المتساوية المحضرة.

3-لوحظ أن للأفلام المحضرة اتجاهين مفضلين وفق المحور [200] للبنية المكعبية والمحور [002] للبنية السداسية تبعاً لنسبة كلاً من الزنك والنكل.

4-يزداد حجم الحبيبات البلورية للأفلام المحضرة بزيادة نسبة الزنك وبالعكس يتناقص بزيادة نسبة النكل كما أظهرته الدراسة البنيوية مما يدل على تحسن في الخصائص البنيوية للأفلام بزيادة نسبة الزنك.

5-تبين دراسة الحجم الحبيبي D باستخدام تحليل ويلمسون -هول زيادة حجم الحبيبات البلورية بزيادة نسبة الزنك وهذا يتطابق مع الدراسة البنيوية المدروسة.

## 6-المراجع:

- [1]- G. Hass , R. E. Thun, 1966- **Physics of thin Films**, Academic Press, New York.
- [2]- O. S. Heavens, 1970-**The Film physics**, Methuen Young Co. Ltd.
- [3]- R. Ueda and J. B. Millin, 1975- **Crystal Growth and Characterization**, Mc Graw-Hill.
- [4]- H. A. Macleod, 2001 -**Thin Film Optical Fillers**, Academic Press, 3<sup>rd</sup> ed.
- [5]- S. S. Roy, J. Podder, 2010 ,Synthesis and Optical Characterization of Pure and Cu Doped SnO<sub>2</sub> Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis, **Journal Of Optoelectronics and Advanced Materials**, Vol.12, No.7,PP:1479-1484.
- [6]-[ردينه صديق عبد الستار الدليمي، 2013- دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية Ni<sub>(1-x)</sub>Zn<sub>x</sub>O المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ، مجلس كلية العلوم – جامعة ديالى،العراق. 128 صفحة.
- [7]-Kyoung-kook KIM,Hitoshi TAMPO ,June-&..., 2005 ,Effect of Rapid Thermal Annealing on Al Doped n-ZnO Films Grown by R-F Magnetron Sputtering ,**Japanese Journal of Applied Physics** ,Vol.44,NO.7A,PP:4776-4779.
- [8]-Xue-Yong Li,Hong – Jian Li,&...,2009,Effect of substrate temperature on the structural and optical properties of ZnO and Al-doped ZnO thin films prepared by dc magnetron sputtering ,**Optics Communications** 282, PP:247-252.
- [9]-H.Xue, X.L.Xu, Y.Chen.,G.H.Zhang,S.Y.Ma,2008,Influence of Ag-doping on the optical properties of ZnO films , **Applied Surface Science** 255, PP:1806-1810.

[10]-M.sahal,B.hartiti ,A.Ridah,&...2008,Structural ,electrical and optical properties of ZnO thin films deposited by sol-gel method , **Microelectronics Journal** 39, PP:1425-1428.

[11]-H.Gomez,A.Maldonado ,&...2007,Properties of Al-doped ZnO thin films deposited by a chemical spray process ,**Materials Characterization** 58 ,PP:708-714.

[12]-Mingsong Wang, Ka Eun Lee,&...2007,Optical and photoluminescent properties of sol-gel Al-doped ZnO thin films, **Materials Letters** 61,PP:1118-1121.

[13]- Chanae Parka, Juhwan Kima, Kangil Leea, &...2015 Optical and Electrical Properties of Nickel Oxide Thin Films Grown by RF Magnetron Sputtering , **Applied Science and Convergence Technology** Vol.24, No.3 , PP:72-76.

[14]- R.Vessart, T. U Nt, A.Mere,M.Krunks ,2013, Structural and electrical properties of p-type NiO thin films deposited by spray pyrolysis, **Cyseni** ,PP.1182-7554.

[15]- M.Nagafe and H.Eshghi ,2017,The effect of cu\_doping on physical properties of NiO thin films **Scientific Iranica** VOL:22, PP.1317-1321.

[16]-V.Gwthmi, M.Meenakashi, P.Perum, R.Sivakumar ,2014 Optical dispersion characterization of NiO thin films, **journal of chem tech research**, VOL. 6.NO.13 ,PP:5196 -5202.

[17]- A.S.Devathli and S.Gkandalkar 2012 prepration and characterization of sprayed deposited of NiO thin films, **ISOR JOURNAL OF C E**, PP: 4751-5515.

[18] - رحمانى سليمة، واسع جهاد، 2017 -تحضير ودراسة طبقات أحادية وثنائية لأكسيد الزنك وأكسيد النيكل بطريقة الرش الحراري الكيميائي ، جامعة قاصدي مرباح ورقة. 79 صفحة.

- [19]-A.EL Hichou, M.Addou,&..2004, Cathodoluminescence properties of undoped and Al-doped ZnO thin films deposited on glass substrate by spray pyrolysis **Materials Chemistry and Physics** 83 PP:43-47.
- [20]-M.T.Mohammada, A.A.Hashimb, &...2006, Highly conductive and transparent ZnO thin films prepared by spray pyrolysis technique, **Materials Chemistry and Physics** 99, PP:382.387.
- [21]- Dainius Perednis, L. J. Gauckler, 2005, Thin Film Deposition Using Spray Pyrolysis”. **Journal of Electroceramics**, Vol:14,PP: 103–111
- [22]- Azhar I. Hassan, Ayat M. yahya, 2020, Structural and Optical Properties of NiO-ZnO Nanocomposite thin film prepared by spray pyrolysis, **AIP Conference Proceedings**, Vol:2213, PP:1-6.
- [23]- M. Vimal Kumar, T.S. Gokul Raja, N. Selvakumar, K. Jeyasubramanian, 2016, Synthesis and characterization of NiO-ZnO nanocomposite by a cost efficient self-combustion technique, **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering** , Vol .79, PP:14-18.
- [24]- S. Kerli ,Ü. Alver, 2016, Preparation and Characterisation of ZnO/NiO Nanocomposite Particles for Solar Cell Applications, **Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanotechnology**, 5pages.
- [25]- L. Herissi, L. Hadjeris, M.S. Aida, J. Bougdira, 2015, Properties of  $(\text{NiO})_{1-x}(\text{ZnO})_x$  thin films deposited by spray pyrolysis, **ELSEVIER**, TSF-34644; No of pages 5.
- [26]- L. Cattin, B.A. Reguig, A. Khelil, M. Morsli, 2008, Properties of NiO thin films deposited by chemical spray pyrolysis using different precursor solutions, **Applied Surface Science**, VOL:254, PP:5814–5821.

- [27]- P. Prepelita, R. Medianu, B. Sbarcea, F. Garoi, M. Filipescu, 2009, The influence of using different substrates on the structural and optical characteristics of ZnO thin films, **Appl. Surf. Sci.**, Vol: 256, PP:1807–1811.
- [28]- P.S. Patil, L.D. Kadam ,2002 Preparation and characterization of spray pyrolyzed nickel oxide (NiO) thin films , **Applied Surface Science** VOL: 199, PP: 211–221.
- [29]- F. Rahman,2015, Effect of nickel substituted on the structural and optical properties of ZnO nanoparticles, **International Journal of Advance Research In Science And Engineering** ,No.4,PP:263-273.
- [30]- Sajid Husain, F. Rahman, Nasir Ali, P. A. Alvi, 2013, Nickel Sub-lattice Effects on the Optical Properties of ZnO Nanocrystals, **Journal of Optoelectronics Engineering**, Vol. 1, No. 1, PP:28-32.
- [31]- M. A. Majeed Khan, Wasi Khan, Maqsood Ahamed & Abdulaziz N. Alhazaa, 2017, Microstructural properties and enhanced photocatalytic performance of Zn doped CeO<sub>2</sub> nanocrystals, **Scientific Reports**, Vol. 7: 12560.
- [32]- Toshio Suzuki, Igor Kosacki, and Harlan U. Anderson, 2008 ,Electrical Conductivity and Lattice Defects in Nanocrystalline Cerium Oxide Thin Films, **Journal of the American Ceramic Society Suzuki et al** Vol. 84.
- [33]- P.Nagaraju, Y.VijayaKumar, P.Radhika, R.J.Choudhary, M.V.RamanaReddy, 2016, Structural, morphological, optical and gas sensing properties of nanocrystalline ceria thin films, **Materials Today**, Vol. 3 PP:4009–4018.

دراسة الخصائص البنيوية لأفلام رقيقة محضرة من خليط أكاسيد الزنك والنيكل بطريقة  
البخ الحراري

---

# اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل ،4- نترو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين ، $Fe^{3+}$ ، $Cu^{2+}$ ]

\* اوفيليا قيق ، \*\* د.فانز حزواني ، \*\*\* د. ثناء شريتح

## ملخص البحث

تم اصطناع مرتبطة جديدة فورانيل ،4- نترو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد (FNMH) والتي تمتلك مجموعة اريل هيدرازون و مجموعة هيدرازيد ، ومعقداتها للمعادن الانتقالية لكل من  $[Fe^{III}, Cu^{II}]$  وقد صنعت المرتبطة (FNMH) على مرحلتين: المرحلة الأولى: تكاثف استر متيل مالونات مع  $(80\%, d = \text{hydrazine hydrate})$   $(1.03 \text{ gm/ml})$ ، والحصول على مالونو هيدرازيد. المرحلة الثانية: تفاعل مالونو هيدرازيد مع فورانيل ،4-نترو فينيل، البروين-أون . ومن ثم تفاعل المرتبطة (FNMH) مع كل من النحاس الثنائي بنسبة مولية (2:1) و الحديد الثلاثي بنسبة مولية (1:2) على التوالي، وهذا أدى إلى تشكل معقد ثنائي النوى  $[Cu_2(FNMH)Cl_4]$  و الى تشكيل معقد احادي النوى يحمل الصيغة الجزيئية  $[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$  .  
دُرست بعض الخصائص الفيزيائية والطيفية للمرتبطة والمعقدات المصطنعة بالتقانات الطيفية طيف الأشعة ما تحت الحمراء (FT-IR) ، ومطيافية الرنين النووي المغناطيسي

اصطناع ودراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها  
المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

(<sup>13</sup>CNMR, <sup>1</sup>HNMR) ومطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (U.V-visible)،  
وبينت نتائج هذه الدراسة أنها كانت منققة مع الصيغ التركيبية المقترحة لهذه المعقدات.

كلمات مفتاحية: مرتبطة، معقدات معدنية، تكاثف شيف، ثنائي هيدرازيد مالونات.

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

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

(\*\*\*) أستاذ مساعد في الكيمياء العضوية في قسم الكيمياء - كلية العلوم 2 - جامعة البعث - حمص - سوريا

# Synthesis and Spectral Study of furanyl,4–nitrophenyl allylidene malonohydrazide and its Complexes with [ Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup> ] Transition Metal ions

\*ovilia kabak<sup>1)</sup>, faez hazwani<sup>2)</sup>, Thanaa shrethi<sup>3)</sup>

## Abstract

New linked synthesis (FNMH) (Furanyl- (4-nitrophenyl) allylidene) malonohydrazide,

which possesses an aryl-hydrazone group and a hydrazide group, and their complexes for some transition metals of [Fe<sup>III</sup>, Cu<sup>II</sup>].

Associated (FNMH) was manufactured in two stages:

First stage: condensation of methylmalone ester with hydrazine hydrate (80%, d = 1.03 gm / ml), to obtain maluno hydrazide.

The second stage: interaction of maluno-hydrazide with, furanyl, 4-nitrophenyl, and propene-on

And then the associated interaction (FNMH) with both copper (II) in molar ratio (2: 1) and iron (III) in molar ratio (1: 2) respectively, resulting in the formation of a diploid complex carrying the molecular formula [Cu<sub>2</sub>(FNMH)Cl<sub>4</sub>] and into a mononuclear complex formation carrying the molecular formula [Fe(FNMH)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>]Cl.

Some of the physical and spectral properties of the linked and artificial complexes have been studied by means of spectroscopy technologies, infrared spectrum (FT-IR), nuclear magnetic resonance spectroscopy (13CNMR, 1HNMR) and UV-visible spectroscopy, and the results of this study showed that they were in agreement. With suggested synthetic formulas for these complexes.

اصطناع ودراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نيترو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها  
المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

---

**Key words:** Associated, metallic complexes, Schiff condensation, Dihydrazide malonate.

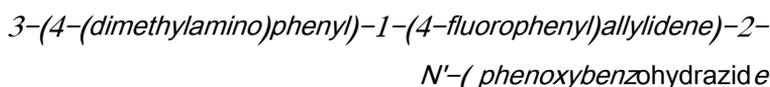
---

- 1) Ph.D. student at Albaath university, faculty of science, department of inorganic chemistry.
- 2) ph.D. at Albaath university, faculty of science, department of inorganic chemistry.
- 3) ph.D. at Albaath university, faculty of science, department of organic chemistry

## 1- مقدمة :

تتمتع مركبات دي فينيل ايليدين بأهمية بيولوجية هائلة كخافضات للحرارة و للضغط، ومضادات للخلايا السرطانية، ومثبطات اختلاج عصبي، ومانع لتخثر الدم، ومخدر، ومضاد لإدرار البول وللجراثيم والفيروسات والفطور [1].

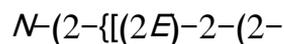
كما أظهرت مركبات فينيل ايليدين فعالية دوائية كبيرة اتجاه العديد من الحالات المرضية مثل المركب



الذي أعطى فعالية ضد نوبات الصرع الكهربائية القصوى لدى ذكور الفئران مقارنة مع العقار القياسي phenytoin [2].

تنتمي الشالكونات لعائلة الفلافونيدات وتعتبر مركبات طبيعية، تم عزلها من أجزاء مختلفة من النبات (الجزور، البراعم، الاوراق، الزهور، البذور)، و استخدمت في الطب التقليدي لعلاج الالتهابات المضادة للبكتريا، وأبدت العديد من الأنشطة البيولوجية المختلفة كتثبيط نمو الخلايا السرطانية [3].

في عام 2017 تم اصطناع المركب التالي من قبل الباحث Rasool Khan وفريقه:



hydroxybenzylidene)hydrazinyl]carbonyl}phenyl)benzamide (HL) و معقداته مع كل من أيونات المعادن Co(II), Fe(III), Cu(II) and Zn(II)، وتم توصيفها باستخدام التقانات FT-IR, FT-Raman, <sup>1</sup>H-NMR, TGA، وحددت البنية البلورية للمرتبطة (HL) باستخدام جهاز انعراج الأشعة السينية X-RAY؛ فتمين انها تتبلور وفق البنية أحادية الميل وتنتمي الى المجموعة الفراغية C2/c وقيمة Z=4، وأبدت ناقلية كهربائية واضحة لجميع المعقدات المحضرة بنسبة معدن -مرتبطة (2;1)، باستثناء معقد الكوبالت الذي أعطى ناقلية كهربائية واضحة عند النسبة المولية معدن -مرتبطة (1:1) [4].

كما حضر الباحث MORTEZA وزملاؤه مرتبطة جديدة ثنائية السن غير متناظرة سميت

اصطناع و دراسة طيفية ل فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها المعدنية مع أيوني المعدين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

N(E),N' (E)-bis[(E)-2-methyl-3-phenylallylidene]- propane-1,2-diamine مع اربع معقدات لأيون الزنك ذات الصيغة المجملة Zn(BMPAPD)X<sub>2</sub>. وبينت دراسة خصائصها انها غير الكتروليتية في دي ميتيل فورم اميد (DMF)، و بينت الدراسة الطيفية والناقلية الكهربائية المولية أن المعقدات لها بنية رباعي وجوه [5]. و لأسس شيف دور مهم في الكيمياء اللاعضوية حيث تشكل بسهولة معقدات مستقرة مع أيونات المعادن الانتقالية التي تمتاز بأهمية صناعية كبيرة ومضادة للفطريات والبكتريا والسرطان ومبيدات للأعشاب.

وتوضح ذلك في دراسة للباحث SABER RAJAEI التي تضمنت اصطناع معقدات لمشتقات هيدرازيد جديدة مثل (4-methyl-benzylidene) hydrazide و naphthalen-1-ylmethylene hydrazide مع أيونات النحاس الثنائي بدءاً من نترات النحاس، وشابه سلوكها مثيلاتها ثنائية السن من خلال منح الالكترونات من ذرة الازوت في زمرة الازوميثين و ذرة الأكسجين من زمرة الكربونيل الى أيونات النحاس، وبين توصيف المعقدات باستخدام جهاز TGA إنها تمتلك استقرار حراري ممتاز [6].

## 2- هدف البحث:

بينت الدراسات التجريبية أن اصطناع المرتبطة:

Furanyl -(4-nitrophenyl)allylidene)malonohydrazide ومعقداتها

المعدنية مع بعض أملاح المعادن الانتقالية لم تدرس بعد، لذا في هذا العمل تم :

- تحضير مرتبطة فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد من تكاثف مالونو هيدرازيد مع فورانيل، 4- نثرو فينيل بروين- أون، والتأكد من هوية الناتج الأساسي طيفياً (طيف IR ، طيف NMR) ومطيافية الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (U.V-visible).
- دراسة تشكل معقداتها المعدنية مع محلي المعادن الانتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>], وذلك لعدم وجود دراسات على مثل هذا النوع من المرتبطات ولأهميتها الكبيرة في الكيمياء الحيوية والصناعة وفي مجال البيئة ولتكون إضافة جديدة إلى علم الكيمياء التساندية.

## 3- مواد و طرائق البحث:

### 3-1- الأجهزة والمواد الكيميائية المستخدمة:

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

Jascow – Infrared Spectrophotometer Fourier Transform spectrum  
FT/ IR – 4100 (KBr)

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

Jascow – (UV-Visible) Spectrophotomete

✓ جهاز الرنين المغناطيسي النووي ( $^{13}\text{C-NMR}$  ,  $^1\text{H-NMR}$ ) :

spectrum NMR proton and carbon device 400 MHz model

Bruker by Switzerland company .

✓ جهاز قياس درجة الانصهار : Electrothermal Melting Point Apparatus

✓ صفائح كرماتوغرافيا الطبقة الرقيقة من الألمنيوم مطلية بالسليكا جل 60F<sub>254</sub>

قياس 20 X 20 من شركة Merck الألمانية.

✓ جهاز الأمواج مافوق الصوتية Ultra sonic ، ميزان حساس .

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

### 3-2-المواد الكيميائية المستخدمة:

استر ميتيل مالونات، فورفورال، 4-نترو الأسيتوفينون، حمض الخل الثلجي، ميتانول

مطلق، كلوريد الحديد(III) اللامائي 98% ، كلوريد النحاس(II)، دي ميتيل سلفوكسيد

DMSO، ايترا ايتلي، ميتانول مطلق، دي كلورو الإيثان.

من إنتاج الشركات الآتية: Sigma– Aldrich , Fluka , Merck , BDH وقد

استخدمت مباشرة بدون إعادة تنقية.

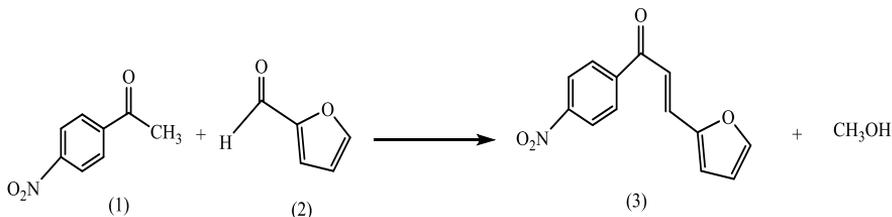
### 3-3-اصطناع فورانيل، 4- نترو فنيل بروبين-أون:

يوضع في دورق مخروطي في حمام مائي بدرجة حرارة الغرفة 20°C محلول

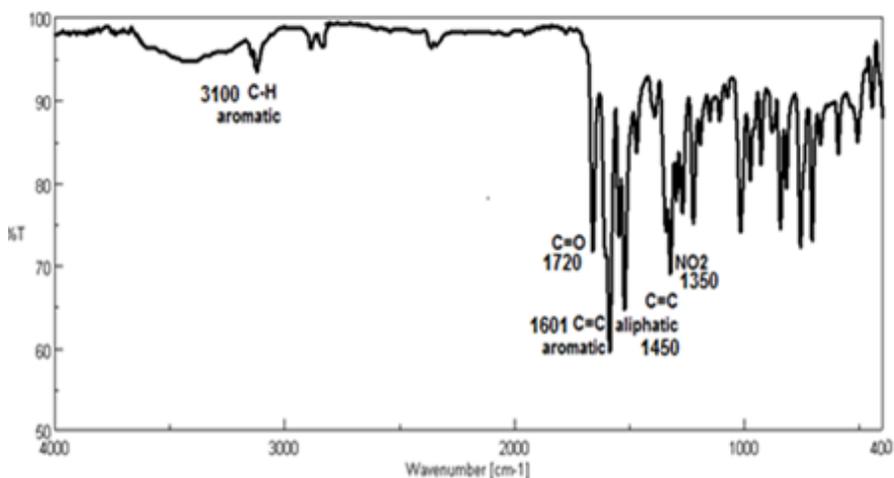
هيدروكسيد الصوديوم (0.08mol,3.2g) و 25ml ماء مقطر ، و 8ml ايتانول

اصطناع و دراسة طيفية ل فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

مع التحريك بمحرك مغناطيسي، ثم يضاف 4-نثروالأسيتوفينون (0.05mol، 6g)، و الفورفورال (0.05mol، 5.3g)، ومع التحريك لمدة ثلاث ساعات بنفس درجة الحرارة ثم يترك مزيج التفاعل لعدة أيام حيث يجمع الناتج (3) بالترشيح وينقى بإعادة البلورة بالإيثانول. درجة الانصهار 145 °C .



ومن ثم تم التحقق من تشكل بنيته باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء الشكل (1). حيث لوحظ عصابة امتصاص عند 1720cm<sup>-1</sup> التي تعود إلى الزمرة الكربونيلية C=O، وعصابات امتصاص أخرى عند 1450cm<sup>-1</sup>، 1601cm<sup>-1</sup>، 2885cm<sup>-1</sup>، 3100cm<sup>-1</sup>، C- C-H(Stretch aromatic) التي تعود إلى: (1519-1350cm<sup>-1</sup> C=C(Aromatic) H(sp<sup>3</sup>Stretch)، C- NO<sub>2</sub> على الترتيب .

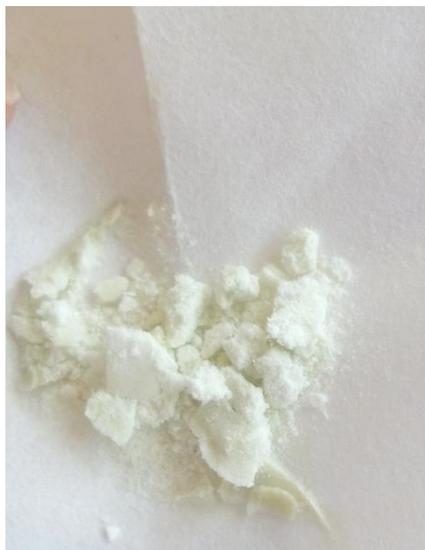


الشكل (1): طيف الأشعة تحت الحمراء لمركب فورانيل، 4- نثرو فينيل بروين- أون

4-3- اصطناع مالونو هيدرازيد:

يضاف إلى دورق كروي مزود بسخانة وحمام مائي ومحرك مغناطيسي ومبرد عكوس (66g, 0.5mole) أستر متيل مالونات و (50ml) ميثانول، ثم يضاف (60ml, 1mole) الهيدرازين المائي (80%, d= 1.154 g/ml) المذاب في (25ml) ميثانول تدريجياً على شكل قطرات مع التحريك المستمر عند درجة حرارة الغرفة، ثم يجري غليان مرتد (Reflux) لمزيج التفاعل في حمام مائي ولمدة (2-3) ساعة. يختزل حجم المزيج الناتج بالتبخير ثم يبرد إلى درجة حرارة الغرفة حيث تتشكل بلورات بيضاء اللون الشكل (2).

ترشح البلورات الناتجة ثم تغسل بالبتروليوم اثير (40-60°C) مرات عدة ثم تجفف عند درجة حرارة الغرفة، فتم الحصول على بلورات بيضاء جافة درجة انصهارها 153-155 (°C).



الشكل (2): مالونو هيدرازيد المحضر مخبرياً

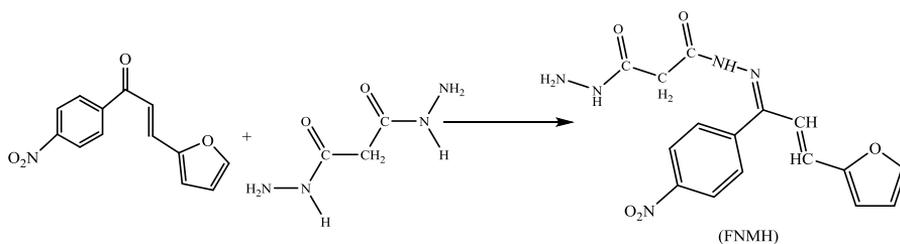
### 3-5- اصطناع المرتبطة (FNMH):

يضاف إلى حوجة كروية ثنائية الفتحة مزودة بسخانة وحمام مائي ومحرك مغناطيسي ومبرد عكوس (1mmol) من فورانيل، 4- نثرو فنيل أليدين المحضر في (10 ml) ميثانول مع عدة نقاط من DMSO للحصول على مزيج متجانس، و ثلاث نقاط من

اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها  
المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

حمض الخل الثلجي كحفاز، يتم التحريك مع التسخين لمدة ساعة، ثم يضاف (1mmol) مالونو هيدرازيد في (10 ml) ميثانول مع عدة نقاط من DMSO ويسخن حتى الدرجة 65°C حتى تمام الانحلال مع التحريك المستمر .

يضاف ببطء قطرة\_قطرة عبر الفوهة الجانبية إلى مزيج التفاعل مع التحريك و يجري غليان مرتد (Reflux) لمدة 22 ساعة متواصلة عند درجة الحرارة نفسها، و تم تتبع سير التفاعل باستخدام كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة TLC. فتشكل راسب تم فصله بالترشيح، ونقي بإعادة البلورة باستخدام الإيثانول، فتم الحصول على راسب بني محمر ودرجة انصهاره (195 °C) .



3-6- اصطناع معقد الحديد(III) [Fe(FNMH)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>]Cl (III) :

❖ يضاف إلى دورق كروي ثنائي الفتحة سعة (100ml) مزود بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس و قمع تنقيط (2mmole, 0.714 g) من (FNMH) في 15ml من الميثانول وعدة نقاط من DMSO مع التسخين و التحريك المستمر والمنتظم لإتمام إذابة المرتبطة والحصول على محلول رائق.

❖ يذاب (1mmole, 0.162 g) من كلوريد الحديد (III) اللامائي 98 % في 5ml ميثانول ، ثم يضاف تدريجياً على شكل قطرات إلى مزيج التفاعل بالتناوب مع التنقيط

- بيطء 2ml من KOH المنحل بنفس المذيب (80%) ، ثم يجرى غليان مرتد (Reflux) مع التحريك المستمر لمدة (12) ساعة عند الدرجة  $65^{\circ}C$ .
- ❖ يبرد المزيج الناتج إلى درجة حرارة الغرفة، فيتشكل راسب (بني محمر ) يفصل بالترشيح باستخدام مفرغ هوائي (Vacuum pump)، ثم يغسل بعدة قطرات من الايثانول ثم بثنائي اثيل اثير ثم يجفف، فتم الحصول على مردود 85% .
- ❖ يمكن التعبير عن التفاعل السابق بالمعادلة الآتية:



### 3-7-اصطناع معقد النحاس (II) $[\text{Cu}_2(\text{FNMH})]\text{Cl}_4$

- ❖ يضاف إلى دورق كروي ثنائي الفتحة سعة (100ml) مزود بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس و قمع تنقيط (0.5mmole, 0.178 g) من المرتبطة (FNMH) في 15ml من الميثانول وعدة نقاط من DMSO ويسخن مزيج التفاعل حتى الغليان (Reflux) مع التحريك المستمر والمنتظم لإتمام إذابة المرتبطة والحصول على محلول رائق.
- يذاب (1mmole, 0.134 g) من كلوريد النحاس (II) اللامائي 98 % في 7ml من الميثانول ، ثم يضاف تدريجياً على شكل قطرات إلى مزيج التفاعل بالتناوب مع التنقيط ببطء 2ml من KOH المنحل بنفس المذيب (80%) ، بعد الانتهاء من الإضافة يجرى غليان مرتد (Reflux) مع التحريك المستمر لمدة (12) ساعة عند الدرجة  $80^{\circ}C$ .
- ❖ يبرد المزيج الناتج إلى درجة حرارة الغرفة، فتم الحصول على راسب (بني غامق) الناتج، يفصل بالترشيح وذلك باستخدام مفرغ هوائي (Vacuum pump) ثم يغسل بعدة قطرات من الايثانول ثم بثنائي اثيل اثير ثم يجفف.
- ❖ يمكن التعبير عن التفاعل السابق بالمعادلة الآتية:

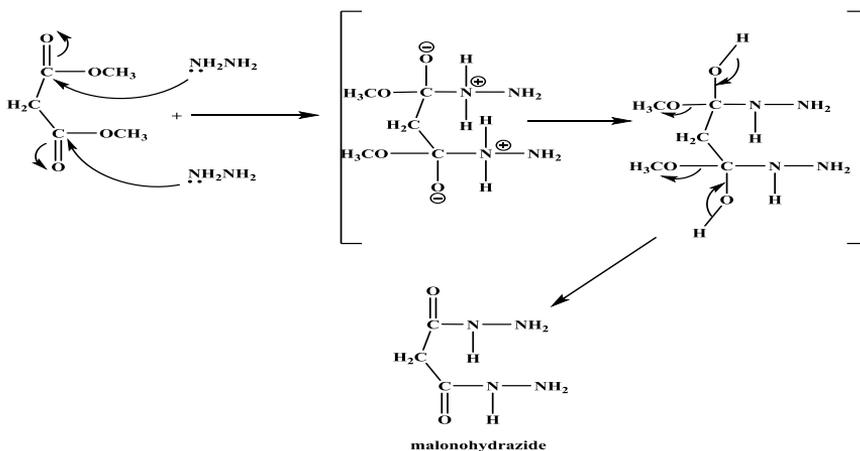


#### 4- النتائج والمناقشة:

#### 4-1- دراسة بنية مالونو هيدرازيد Malonohydrazide:

يعد تفاعل الهيدرازين مع الاستر من تفاعلات الاستبدال النيوكليوفيلي على ذرة الكربون مجموعة الكربونيل، إذ يتم التفاعل وفق آلية رباعي السطوح (Tetrahedral Mechanism) وعلى مرحلتين، الأولى تتضمن هجوم نيوكليوفيلي لذرة نيتروجين الهيدرازين على مجموعة الكربونيل وفيها يتحول تهجين ذرة الكربون في مجموعة الكاربونيل إلى (SP<sup>3</sup>) ويتكون مركب وسطي غير مستقر، أما الخطوة الثانية فتتم فيها مغادرة مجموعة الميتوكسي من المركب الوسطي معطياً الهيدرازيد وفق الآلية

التالية [7]:



تم التأكد من البنية الجزيئية ل مالونو هيدرازيد المحضر باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) الشكل (3) والجدول (1).



الشكل (3): طيف الأشعة ما تحت الحمراء ل مالونو هيدرازيد

الجدول (1): قيم أهم عصابات امتصاص الزمر الوظيفية مالونو هيدرازيد

الزمرة الوظيفية	العدد الموجي $\bar{\nu}$ (Cm <sup>-1</sup> )
امتطاط NH <sub>2</sub>	3400
امتطاط C-H sp <sup>3</sup>	3053- 2883
(C=O)-N-H	1645
N-H (bend)	1558
C-H sp <sup>3</sup> (bend)	1541
C-N	1340
N-N	1039

#### 2-4 دراسة بنية المرتبطة FNMH

(furanlyl)(4-nitrophenyl)allylidene)malonohydrazide) :

تم اصطناع المرتبطة FNMH وفق مرحلتين، فتم الحصول عليها بشكل راسب بني محمر ودرجة انصهار (194-195 °C) ، و حددت بنيتها باستخدام أطيف الأشعة تحت الحمراء والظنين النووي المغناطيسي البروتوني والكربوني.

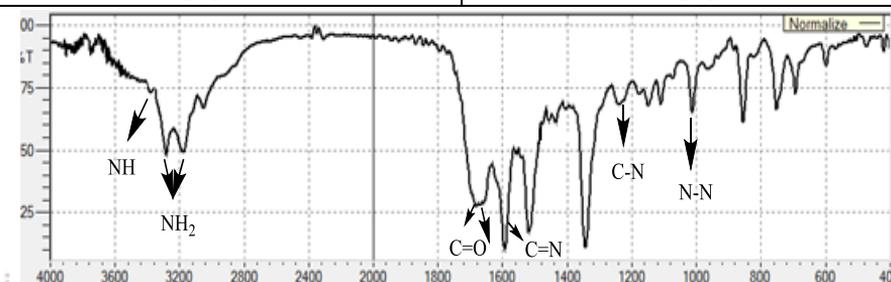
يبين الشكل (4) طيف الأشعة ما تحت الحمراء للمرتبطة، و الجدول (2) قيم عصابات امتصاص العائدة للزمر الوظيفية الموجودة في المرتبطة.

الجدول (2): قيم أهم عصابات امتصاص الزمر الوظيفية للمرتبطة FNMH

الزمرة الوظيفية	العدد الموجي $\bar{\nu}$ (Cm <sup>-1</sup> )
امتطاط (NH <sub>2</sub> )	3176-3282
امتطاط (C-H) sp <sup>2</sup>	3051
امتطاط (C-H) sp <sup>3</sup>	2859

اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

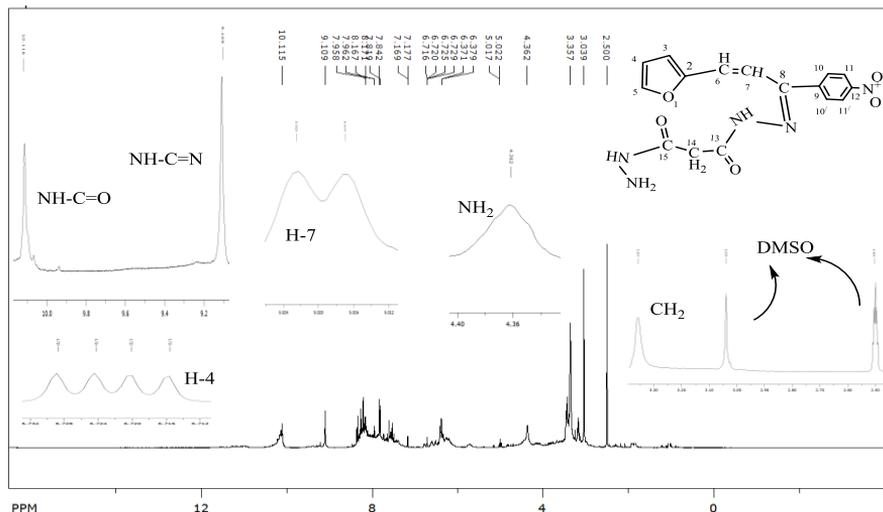
امتطاط (C=O)-NH-NH <sub>2</sub>	1683
(C=O)NH-C=N	1655
امتطاط الرابطة الإيمينية(C=N <sub>mine</sub> )	1593
C=C(Alkene)	(1560-1540)
C=C(Aromatic)	(1435-1455)
(Symmetric) C-NO <sub>2</sub>	1517
( UnSymmetric) C-NO <sub>2</sub>	1343
<b>c-o-c</b>	1109
(C-N)	1240
N-N	1013



الشكل (4): طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) للمربطة (FNMH) في (KBr)

تم تسجيل طيف الطنين النووي المغناطيسي البروتوني <sup>1</sup>H-NMR (الشكل (5) والجدول (4)) في ثنائي متيل سلفوكسيد المديتر، حيث يُظهر إشارات أحادية عند الانزياحات: (10.12 ppm,S,1H) عائد لـ NH المرتبطة بالكربون C<sub>15</sub> ، (9.11 ppm,S,1H) المرتبطة بزمرة الأرو مئين، (4.36 ppm,S,2H) يرجع لمجموعة الأمين NH<sub>2</sub> ، وعند (3.36 ppm,S,2H) يعود لبروتونات مجموعة المتيين CH<sub>2</sub>، و اشارات ثنائية عند الانزياحات: 8.17 ppm,d,2H, j=2Hz) يعود للبروتونات المرتبطة بالكربون C<sub>10,10</sub> ، 7.96 ppm,d,2H, j=1.6Hz) يعود للبروتونات المرتبطة بالكربون C<sub>11,11</sub> ، 7.17 ppm,d,1H, j=3.6Hz) يعود للبروتون المرتبط بالكربون C<sub>3</sub> ، 6.38 ppm,d,1H, j=8Hz) يعود للبروتون المرتبط بالكربون C<sub>5</sub> ، 5.02 ppm,d,1H, j=4Hz) يعود للبروتون المرتبط بالكربون C<sub>6</sub> ، كما يظهر إشارة ثنائية مضاعفة عند (j=2Hz) يعود للبروتون المرتبط بالكربون C<sub>7</sub>،

الانزياح (7.16-7.29 ppm, dd, 1H,  $j_1=1.6\text{Hz}$ , ,  $j_1=2\text{Hz}$ ) يعود للبروتون المرتبط بالكربون  $C_4$ .



الشكل (5): طيف الـ  $^1\text{H-NMR}$  للمرتبطة (FNMH) في  $d_6\text{-DMSO}$

الجدول (4) قيم الانزياحات وثوابت التزاوج للمركب الناتج

H-NMR( $\delta$ ,ppm)	NO
-	1
-	2
7.17 (d,1H, $j=3.6\text{Hz}$ )	3
7.16-7.29 (dd,1H, $j_1=1.6\text{Hz}$ , , $j_1=2\text{Hz}$ )	4

اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل ،4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها  
المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

7.84 (d,1H, j=8Hz)	5
6.38 (d,1H, j=4Hz)	6
5.02 (d,1H, j=2Hz)	7
-	8
-	9
8.17 (d,2H, j=2Hz)	10,10'
7.96 (d,2H, j=1.6Hz)	11,11'
-	12
-	13
3.36 (S,2H )	14
-	15
4.36 (S,2H )	NH <sub>2</sub>
10.12 (S,1H )	NH-C=O
9.11 (S,1H )	NH-C=N

و يبين الشكل (6) طيف الطنين النووي المغناطيسي الكربوني للمرتبطة المحضرة، حيث يبين الطيف وجود (14) اشارة، إذ يظهر امتصاصاً عند 56. 51 ppm يعود إلى كربون مجموعة الميثيلن ، وانزياحين عند (165.47 , 165.94 ppm) للكربونين (C15) ، و انزياح عند (154.92 ppm) لكربون زمرة الأزو مثنين (C8) ، و انزياحات أخرى موضحة بالجدول ( 5 ) .



اصطناع ودراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين  $[Fe^{3+}, Cu^{2+}]$

تم اصطناع معقدات معدنية للترتبط (FNMH):  
 $[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$ ,  $[Cu_2(FNMH)Cl_4]$ ، وحددت بعض الخصائص الفيزيائية لكل من المرتبطة ومعقداتها المعدنية وفق الجدول (6).

الجدول (6): بعض الخصائص الفيزيائية للمرتبطة ومعقداتها المعدنية

Compounds	MW g/mol	Color	M.P °C	Yield (%)
FNMH	357.33	Brown	195	40.30
$[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$	876.881	Reddish brown	295	45.63
$[Cu_2(FNMH)Cl_4]$	626.42	Dark brown	>330	41.18

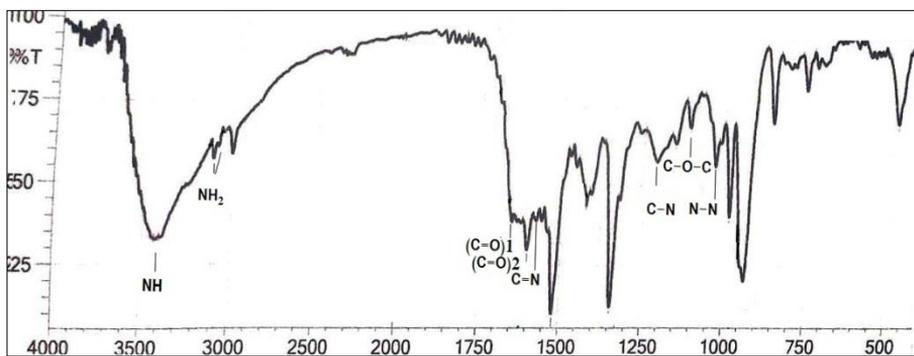
كما حددت بنية المعقدات المحضرة باستخدام أطياف الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) وأطياف الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Visible) والمرتبطة (FNMH) أيضاً .

لوحظ في أطياف (FT-IR) (الشكل 7 و 8) والجدول (7) للمعقدات انزياح عصابات الامتصاص (C=N) و (C=O) في المرتبطة الحرة (FNMH) نحو الأعداد الموجية الأقل في المعقدات، انزياح (C=N) من  $(1593\text{cm}^{-1})$  في المرتبطة إلى  $-1575$   $(1579\text{cm}^{-1})$  في المعقدات المحضرة، و انزياح عصابة الامتصاص العائدة لـ (C=O) من  $(1655-1683\text{cm}^{-1})$  في المرتبطة إلى  $(1600-1650\text{cm}^{-1})$  في المعقدات المحضرة، مما يدل على تساند المرتبطة (FNMH) مع المعدن عن طريق ذرة النيتروجين العائدة لمجموعة الأزوميثين (C=N) والاكسجين العائد لمجموعة الكربونيل لتشكل الروابط (M-N) (M-O) عندما  $[M= Cu^{II}, Fe^{III}]$ ، وهي بذلك تسلك سلوك مرتبطة ثنائية السن (Bidentate).

الجدول (7): مقارنة نتائج الزمر الوظيفية لكل من المرتبطة ومعقداتها

$[Cu_2(FNMH)Cl_4]$ $\bar{\nu} (\text{Cm}^{-1})$	Cl $[Fe(FNMH)_2Cl_2]$ $\bar{\nu} (\text{Cm}^{-1})$	المرتبطة FNMH $\bar{\nu} (\text{Cm}^{-1})$	الزمر الوظيفية
3423	3415	3450	NH
3120-3260	3120-3082	3176-	NH <sub>2</sub>

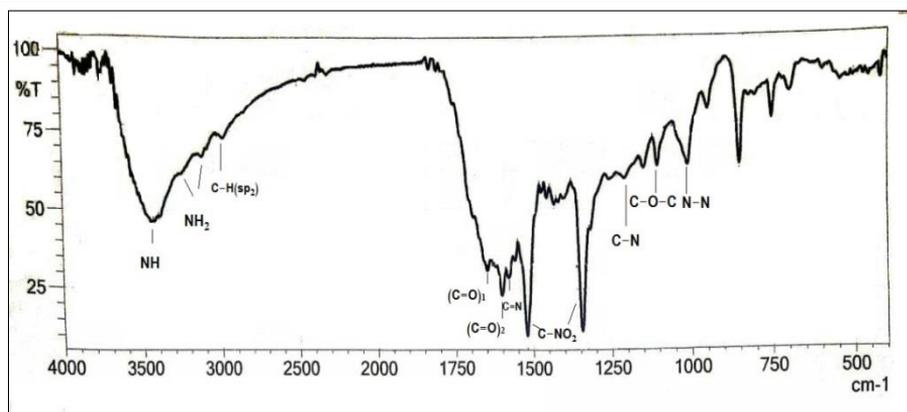
		3282	
3040	3009	3051	C-H $sp_2$
1600	1601	1655	$C=O)_2-NH-$ (CN
1650	1650	1683	$C=O)_1-NH-$ (NH
1579	1575	1593	C=N
1575-1560	1560-1540	1560- 1540	(C=C)Alkyle
1470-1435	1480-1460	1455- 1435	(C=C)Ar
1522	1519	1517	C-NO <sub>2</sub> Symmetric
1344	1344	1343	C-NO <sub>2</sub> unsymmetric
1109	1109	1109	C-O-C
1213	1209	1240	C-N
1014	1029	1013	N-N



الشكل (7): طيف الأشعة ما تحت الحمراء للمعقد

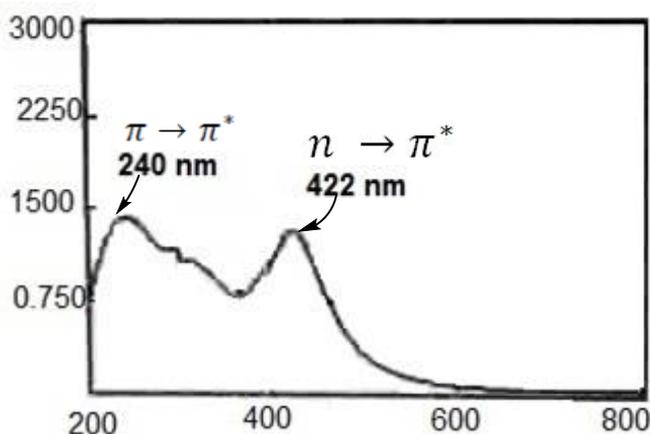


اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]



الشكل (8): طيف الأشعة ما تحت الحمراء للمعقد  $Cu_2(FNMH)Cl_4$

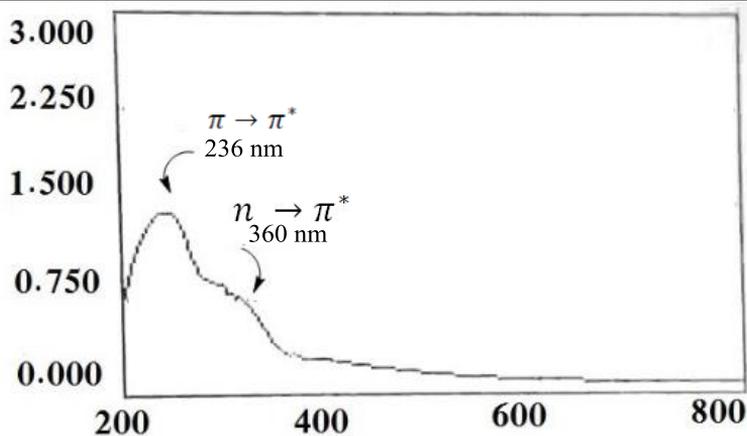
وسجل طيف الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Visible) الشكل (9) للمرتبطة (FNMH) في مذيب مزيج ميثانول مع نقاط من DMSO وباستخدام خلية ذات عرض (1cm) وعند درجة حرارة الغرفة، حيث ظهرت حزمتين واضحتين لأعلى امتصاص ( $\lambda_{max}$ ) عند الأطوال الموجية (240nm) و (422nm) ، ويمكن أن يعزى امتصاص الحزمة الأولى ذو الشدة المرتفعة و الطول الموجي القصير إلى الانتقالات الإلكترونية من نوع ( $\pi \rightarrow \pi^*$ ) نتيجة لاحتواء المرتبطة على روابط ثنائية مثل ( $C=N_{imine}$ ) و ( $C=C$ ) العائدة للحلقات العطرية، أما حزمة الامتصاص الثانية عند الموقع (422nm) فتعود إلى الانتقال الإلكتروني من نوع ( $n \rightarrow \pi^*$ ) نتيجة لوجود أزواج الكرونية حرة على ذرات النيتروجين لمجموعات الإيمين  $C=N$  و  $NH_2$  وعلى اوكسجين زمرة الكربونيل.



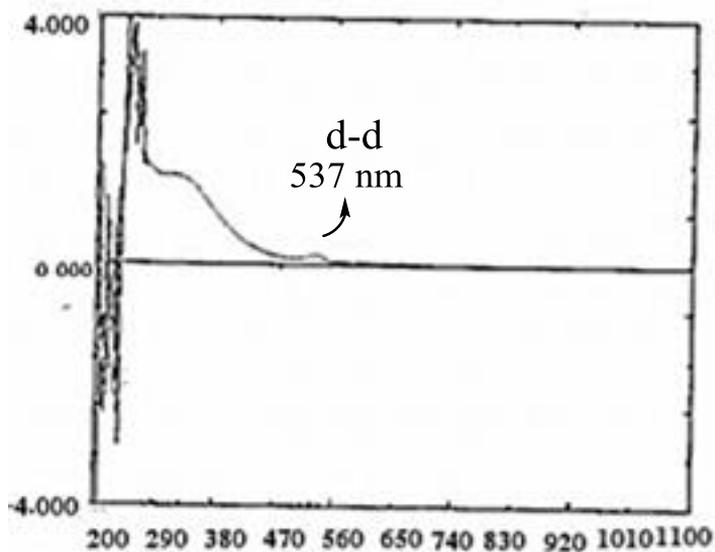
الشكل(9): طيف الأشعة فوق البنفسجية و المرئية للمرتبطة (FNMH)

وعند قياس طيف الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Visible) (الشكل 10 و 11 و 12) للمعدن المحضرة لوحظ وجود عصاباتين، عند (236-245nm) و هي عائدة للانتقال الإلكتروني ( $\pi \rightarrow \pi^*$ ) و عند (360-466 nm) يمكن أن تعود للانتقال الإلكتروني ( $n \rightarrow \pi^*$ ) و التي انزاحت نحو الأطوال الموجية الأقل مقارنةً عما هو عليه في حالة المرتبطة الحرة وقد يعود ذلك الى قطبية المحل المستخدم وهو مزيج من الميثانول مع ثنائي ميثيل سلفوكسيد (DMSO)، وايضاً يمكن أن يعزى هذا الانزياح الى ظاهرة المنح العكسي من المعدن الى المرتبطة التي تسبب روابط أكثر متانة، ولوحظ أيضاً ظهور قمة لم تظهر في طيف المرتبطة عند (412-537 nm) تعود الى الانتقال .(d - d)

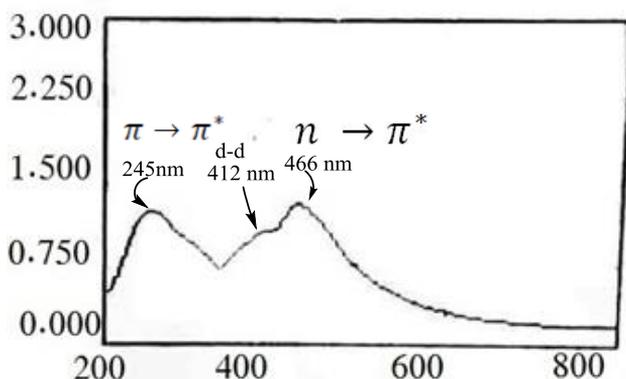
اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين  $[Fe^{3+}, Cu^{2+}]$



الشكل (10): طيف الاشعة فوق البنفسجية للمعقد  $[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$



الشكل (11): طيف الاشعة المرئية للمعقد  $[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$



الشكل(12): طيف الاشعة فوق البنفسجية و المرئية للمعقد  $Cu_2(FNMH)Cl_4$

نلاحظ من معطيات الجدول (6) و نتائج التحاليل الطيفية للمرتبطة (FNMH) ومعقداتها المعدنية أنها متفقة مع الصيغ الجزيئية المقترحة.

#### 3-4- 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 المحضر مع (5 ml) DMSO، و يضاف ( 0.05g من نترات الفضة  $AgNO_3$  المذابة بالماء المقطر مع عدة نقاط من حمض الأزوت مع التحريك فلوحظ من أجل معقد  $Cu_2(FNMH)Cl_4$  عدم تشكل أي راسب مما يدل على عدم وجود الكلور في كرة التساند الخارجية، فتم تخريب المعقد بإضافة عدة قطرات من حمض الأزوت المركز مع التسخين البسيط وتضاف نترات الفضة، فلوحظ تشكل راسب أبيض مما يدل على وجود الكلور في كرة التساند الداخلية .

بينما في معقد  $[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$  تشكل راسب مما يدل على وجود الكلور في كرة التساند الخارجية، ويرشح الراسب ويخرب المعقد بتكرار الطريقة السابقة فيتشكل راسب أبيض مما يدل على وجود الكلور أيضا في كرة التساند الداخلية .

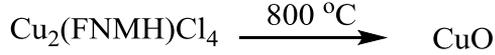
#### 4-4-دراسة نسبة المعادن في المعقدات المعدنية بطريقتي الترميد والامتصاص الذري:

❖ دراسة معقد النحاس بطريقة الترميد:

لقد تمت الدراسة من خلال ترميد المعقد عند درجات عالية (  $800^\circ C$  ) كما يلي:

اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين [Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>]

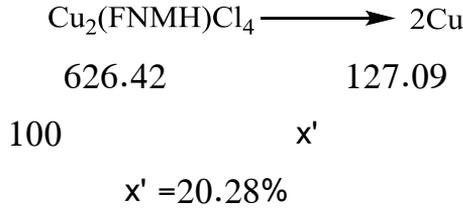
تم وضع 0.06004 g من معقد النحاس في جفنة حرارية وأضيف إليه 1.5ml من حمض الآزوت المركز، و الترميد حتى الدرجة 800° C لمدة ساعة ونصف، فتشكل أكسيد النحاس CuO بوزن 0.0079 g.



$$\begin{array}{rcl} 0.06004 \text{ g} & & 0.0079\text{g} \\ \text{Cu} \text{ من } 63.545 \text{ g} & \text{يحتوي} & \text{CuO} \text{ من } 79.545 \text{ g} \\ \text{Cu} \text{ من } X \text{ g} & \text{يحتوي} & \text{CuO} \text{ من } 0.0079 \text{ g} \\ X = & & 0.00663 \end{array}$$

$$18.455\% = 100 \times \frac{0.00631}{0.0342}$$

وايضاً من أجل حساب النسبة النظرية :



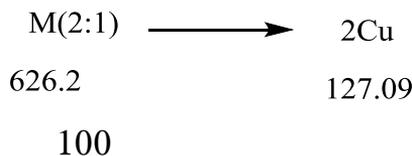
❖ دراسة معقد النحاس بطريقة الامتصاص الذري:

تحسب نسبة النحاس في المعقد عملياً بأخذ وزنة 0.0155 gr من معقد النحاس وتهضمها بإضافة 8 ml من الماء الملكي لمدة ثلاثة ايام، ثم ادخالها على جهاز الامتصاص

الذري فكان تركيز المعدن مقدر بـ ppm كالتالي:

$$\begin{array}{rcl} 0.0155 & \longrightarrow & 0.003272 \\ 100 & & x \\ 21.109\% = 100 \times & & \frac{0.003272}{0.0155} \end{array}$$

وتحسب النسبة نظرياً كالتالي :



$$20.288\% = 100 \times \frac{127.09}{626.42}$$

وهذا يؤكد أن معقد النحاس ثنائي النوى ويملك الصيغة  $[Cu_2(FNMH)Cl_4]$ ، وبنفس الطريقة تم حساب نسبة معدن الحديد في المعقد  $[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$  حيث أخذ وزنة 0.0530 gr وتهضيمها لمدة ثلاثة أيام بعد اضافة 8 ml من الماء الملكي وبيين الجدول الآتي النسب النظرية والنسب التجريبية للمعادن في المعقدات. **الجدول (8)** : النسب النظرية والنسب التجريبية للمعادن في المعقدات حسب طريقة الامتصاص الذري.

النسبة التجريبية للمعدن	النسبة النظرية للمعدن	المعقد
5.256%	6.36%	$[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$
21.1%	20.288%	$[Cu_2(FNMH)Cl_4]$

**الجدول (9)** : يوضح ناقلية المعقدات المحضرة :

الناقلية الكهربائية المولية للمعقدات مذابة في DMSO بتركيز $10^{-3} \text{ mol/Lit}$ $\Omega^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$	المعقد
60	$[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$
21	$[Cu_2(FNMH)Cl_4]$

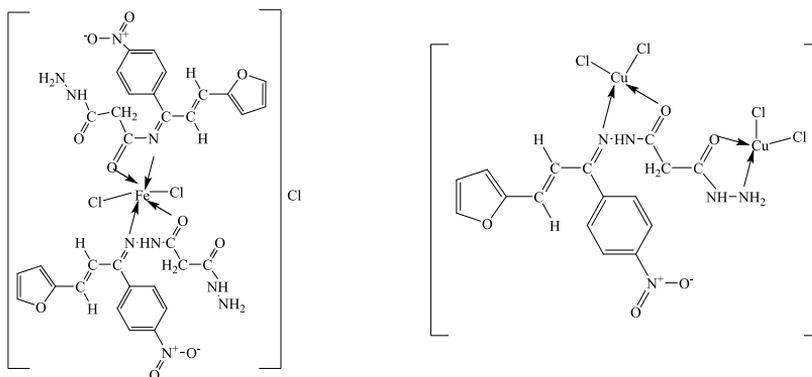
**الجدول (10)** : انحلالية المرتبطة والمعقدات في بعض المذيبات العضوية

Composite	Solubility		
	Ethanol	Methanol	DMSO
FNMH	Not dissolve	Not dissolve	Dissolves
$[Fe(FNMH)_2Cl_2]Cl$	Dissolves on hot	Dissolves on hot	Dissolves

اصطناع و دراسة طيفية لـ فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد FNMH ومعقداتها المعدنية مع أيوني المعدنين الإنتقاليين  $[Fe^{3+}, Cu^{2+}]$

$[Cu_2(FNMH)Cl_4]$	Dissolves on hot	Dissolves on hot	Dissolves
--------------------	------------------	------------------	-----------

نتيجة لما تقدم أعلاه، واعتماداً على الدراسة الطيفية والتجريبية السابقة والخصائص الفيزيائية للمعقدات المحضرة، نقترح الصيغ التركيبية التالية للمعقدات المحضرة:



الصيغ التركيبية المقترحة للمعقدات المحضرة

#### 5- الاستنتاجات والمقترحات:

- تم اصطناع ولأول مرة مرتبطة جديدة فورانيل، 4- نثرو فينيل أليدين مالونو هيدرازيد.
- تم مفاعلة المرتبطة (FNMH) مع أيونات المعادن  $[Fe^{III}, Cu^{II}]$  لتشكيل معقدات معدنية بمردود جيد.
- أطياف الـ NMR ( $^{13}C-NMR, ^1H-NMR$ ) و IR و UV-Vis المرتبطة والمعقدات متفقة تماماً مع البنية الجزيئية المقترحة.
- بينت الدراسة الطيفية والامتصاص الذري أن نسبة اتحاد المرتبطة (FNMH) مع أيونات  $[Fe^{III}]$  هي (1:2) أحادي النوى ثمان وجوه ونمط التساند  $FeO_2N_2Cl_2$  ونسبة اتحاد المرتبطة (FNMH) مع أيونات  $Cu^{II}$  هي بنسبة (2:1) ثنائي النوى ونمط التساند  $Cu_2NOCl_2$ .
- نقترح تعقيد المرتبطة مع أيونات معادن انتقالية أخرى.

- نقترح دراسة الفعالية البيولوجية للمعقدات الناتجة نظراً لكونها تحتوي على زمر حاوية على الأوكسجين و النيتروجين كمضادات للجراثيم والفتور.

## 6- المراجع :

### References

- [1] Jadhav, J. S., Bodawar, K. R., & Panchal, G. V. Synthesis and characterization of 1, 3-diphenylallylidenebenzothiazol-2-amine derivatives.
- [2] Kumar, N., & Chauhan, L. S. (2015). Synthesis and anticonvulsant activity of some flavones incorporated hydrazide derivatives. *Int J Pharm Clin Res*, 7(4), 317-322.
- [3] Ducki, S. (2007). The development of chalcones as promising anticancer agents. *I Drugs*, 10(1), 42.
- [4] Khan, R., Tavman, A., Gürbüz, D., Arfan, M., & Çinarlı, A. (2018). Synthesis and structural characterization of N-(2-[(2E)-2-(2-hydroxybenzylidene)-hydrazinyl] carbonyl)-phenyl) benzamide (HL) and its Co (II), Fe (III), Cu (II) and Zn (II) complexes. X-ray crystal structure of HL. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 32(1), 111-124.
- [5] Montazerzohori, M., Joohari, S., & Musavi, S. A. (2009). Synthesis and spectroscopic studies of a new unsymmetrical ligand, N (E), N'(E)-bis [(E)-2-methyl-3-phenylallylidene] propane-1, 2-diamine, and its zinc complexes. *Journal of Coordination Chemistry*, 62(8), 1285-1292.
- [6] Rajaei, S., Ghamamy, S., Mehrani, K., & Sahebalzamani, H. (2010). Synthesis, characterization and thermal analysis of new Cu (II) complexes with hydrazide ligands. *E-Journal of Chemistry*, 7(S1), S278-S282.

[7] MARCH, J., 1977, "Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms and Structure", 2nd. Edn., McGraw-Hill, Co., Japan, 307



## دراسة نظرية لاحتمال تشتت الفوتون على الإلكترون كتابع لزواية التشتت

طالب الماجستير: حامد برهوم<sup>1</sup> د. عبدالله رستناوي<sup>2</sup> د. سليمان ديبو<sup>3</sup>

### المخلص

في هذا البحث، قمنا باستنتاج العلاقة النظرية التي تعطي أنّ احتمال تشتت فوتون غاما على إلكترون حر كتابع لزواية التشتت، الذي يمثل هضبة كومبتون. تدل هذه العلاقة على قيمة احتمال أن ينتشت الفوتون عند زاوية تتزايد مع زيادة زاوية التشتت، وذلك خلافاً لما تدل عليه علاقة كلاين-ونيشينا التي تعطي المقطع العرضي التفاضلي، حيث إنه بداية يتناقص مع زيادة زاوية التشتت ثم يتزايد. وبالمقارنة مع هضبة كومبتون التجريبية يتبين أن العلاقة التي استنتجناها أكثر تطابقاً مع هضبة كومبتون من علاقة كلاين نيشينا، فضلاً عن كون الاستنتاج لعلاقتنا أسهل بكثير من استنتاج علاقة كلاين ونيشينا.

### الكلمات المفتاحية:

هضبة كومبتون، علاقة كلاين ونيشينا، احتمال تشتت فوتون غاما.

<sup>1</sup> طالب ماجستير فيزياء نظرية في قسم الفيزياء بكلية العلوم في جامعة البعث.

<sup>2</sup> أستاذ مساعد في قسم الفيزياء بكلية العلوم في جامعة البعث.

<sup>3</sup> أستاذ مساعد في قسم الفيزياء بكلية العلوم في جامعة البعث.

## 1. مقدمة

في طيف غاما، تمثل هضبة كومبتون توزع شدة الموجة المنتشرة في تشتت كومبتون. نظراً لكون نظرية هضبة كومبتون ما تزال غير مكتملة أو غير تامة بعد، ونظراً لكون القيم للحسابات النظرية المعمولة بتلك النظرية لا تتفق بشكل دقيق مع النتائج التجريبية، فإن نظرية هضبة كومبتون وتطبيقاتها أو توزع الدفع للإلكترونات في حقل الفيزياء والكيمياء ما تزالان قيد البحث والتطوير [1].

إن عدم اكتمال نظرية هضبة كومبتون يعود لعدة أسباب التي، من وجهة نظرنا، من أهمها هو أنه من حين استنتاج كلاين-ونيشينا علاقة المقطع العرضي التفاضلي لتشتت الفوتون عن الإلكترون توقف البحث لعقود كثيرة في نظرية هضبة كومبتون. ومن وجهة نظرنا إن علاقة كلاين ونيشينا لا تعبر بشكل دقيق عن هضبة كومبتون. في الحقيقة، إن توزع شدة الموجة المنتشرة؛ أي هضبة كومبتون، إنما يمثل احتمال تشتت فوتون غاما على إلكترون حر، وأن العد في أي قناة من هذه الهضبة يمثل احتمال تشتت فوتون غاما على إلكترون عند زاوية ما موافقة. لذلك في هذا البحث سنقوم باستنتاج العلاقة التي تعطي ذلك الاحتمال بشكل بسيط وسهلاً، خلافاً لما نهجه كلاين-ونيشينا اعتماداً على الإلكتروديناميك الكوانتي، منطلقين من تعريف الاحتمال الذي هو الحالات الممكنة على عدد الحالات الكلية.

في تشتت كومبتون؛ أي في تشتت أشعة اكس (غاما) عن إلكترون حر، يتغير طول موجة أشعة اكس المنتشرة مع تغير زاوية التشتت. لقد استطاع كومبتون Compton [2]، في عام 1923، باستخدام النظرية الكمومية للضوء أن يشرح هذا التغير في طول موجة أشعة اكس المنتشرة مع تغير زاوية التشتت من خلال تطبيق قانوني انحفاظ طاقة والدفع للمنظومة (كم ضوء-إلكترون). ولقد بينت الدراسة التحليلية التي قام بها كومبتون بأنه يمكن اعتبار أن مفعوله هو أحد أهم الحقائق التجريبية التي تؤكد النظرية الكمومية للضوء.

وفي دراسته التحليلية للتوزع الزاوي لشدة الموجة المنتشرة، استخدم كومبتون النظرية النسبية relativistic theory ومفعول دوبلر Doppler effect. وفي عام

1926 ناقش بريث Breit [3] هذه المسألة باستخدام مبدأ التوافق correspondence principle في النظرية الكمومية القديمة، فحصل على نتائج مشابهة لما كان قد حصل عليه بشكل مستقل باستخدام ميكانيك الكم كل من ديراك Dirac [4] ثم غوردون Gordon [5]. فقد توصل كلاهما إلى قانوني انحفاظ الطاقة لمنظومة (كم ضوء-إلكترون) بصورتها في ميكانيك الكم، اللذين كان كومبتون قد افترضهما، واشتقا بناءً عليهما علاقة تعطي التوزع الزاوي لشدة الموجة المتشتتة.

وفي عام 1927، ناقش كلاين Klein [6] كيف يجب أن تتم معالجة التأثير المتبادل بين حقل كهروطيسي وإلكترون بواسطة ميكانيك الكم. فحصل على قانوني انحفاظ الطاقة-والدفع من أجل تشتت كومبتون، لكنه لم يوجد توزع الشدة للموجة المتشتتة لكومبتون. وفي نفس العام؛ أي في 1927، كان غوردون Gordon [5] وكلاين Klein [6] قد طوراً بشكل مستقل عن بعضهما البعض ما سمي لاحقاً بمعادلة كلاين-غوردون Klein-Gordon equation التي تصف سلوك الإلكترون في تشتت كومبتون عند أخذ التأثيرات النسبية بعين الاعتبار. إن علاقة الطاقة-والدفع للإلكترون التي توصل إليها ديراك Dirac [4] مكافئة لعلاقة الطاقة والدفع التي استخدمها كلاين-وغوردون في معادلتها.

ثم مباشرة بعد أن قدم ديراك نظريته النسبية للإلكترون [7,8]، نجح كلاين ونيشينا، اعتماداً على معادلة ديراك Dirac equation، أن يشتقا العلاقة المشهورة باسميهما؛ علاقة كلاين-نيشينا Klein-Nishina formula [9,10]، التي تحسب توزع الشدة للموجة المتشتتة في تشتت كومبتون. وقد تم قبول علاقة كلاين-نيشينا بشكل جازم وما تزال تستخدم بشكل واسع حتى الآن. وعندما بدأ كلاين ونيشينا بدراسة هذه المسألة، سعياً أولاً للتأكد من صحة معادلة ديراك، كما هو منصوص في مقدمة المرجع [9]. وبالعودة إلى تلك الأيام في عام 1934، [11,12]، نجد أن بور Boher كان قد كتب إلى نيشينا؛ إن التأكيد الجازم الذي حصلت عليه هذه العلاقة جعل منها مباشرة دعامة أساسية لتصحيح نظرية ديراك، نظراً لأنها شرحت بوضوح الكثير من الصعوبات التي كانت غامضة. لقد ناقش إكسبونج Ekspong في المرجع [13] تلك التجارب التي

قادت إلى تأكيد علاقة كلاين-نيشينا، والتي أوحى بوجود ظواهر أخرى غير معروفة، مثل إنتاج الأزواج وفناء الإلكترونات الموجبة والسالبة.

## 2. هدف البحث

إن الهدف من هذا البحث هو اشتقاق علاقة تعطي احتمال تشتت فوتون غاما على إلكترون حر. ومناقشة هذه العلاقة من خلال مقارنتها مع النتائج التجريبية لبيان أن علاقة كلاين-نيشينا، المقبولة بصورة عامة لا تمثل هضبة كومبتون تمثيلاً دقيقاً. وأن علاقة احتمال تشتت فوتون غاما على إلكترون التي سنقوم باشتقاقها ستكون أكثر تطابقاً مع النتائج التجريبية من خلال مناقشة هضبة كومبتون التجريبية، وذلك لأن هضبة كومبتون في الحقيقة تمثل احتمال التشتت وليس المقطع العرضي التفاضلي الذي يعبر عن احتمال التشتت وليس هو احتمال التشتت.

## 3. مواد وطرق البحث

### 1.3. دراسة نظرية مرجعية

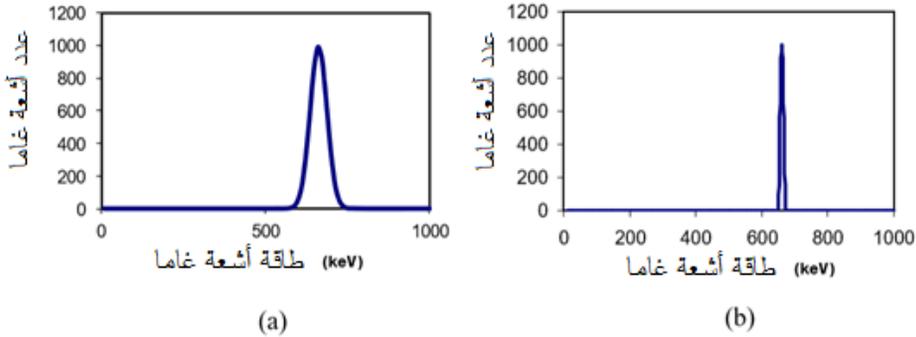
لقد استنتج كومبتون [14] العلاقة التي تربط طاقة الفوتون المتشتت  $E'$  مع طاقة الفوتون الوارد  $E$  وزاوية التشتت الفوتون  $\theta$  :

$$\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} = \frac{1}{E_0} (1 - \cos \theta) \quad (1)$$

حيث  $E_0$  هي طاقة السكونية للإلكترون. إن المعادلة (1) هي معادلة بسيطة يمكن استخدامها من أجل التحقق من صحة نظرية مفعول كومبتون. حيث يمكن قياس طاقة فوتون غاما الوارد  $E$  بسهولة بواسطة كاشف وميضي بمضاعف ضوئي مع منظومة محلل متعدد القنوات. ويمكن بسهولة أيضاً بنفس المنظومة قياس طاقة فوتون غاما المتشتت  $E'$  كتابع لزاوية التشتت  $\theta$ . وعندئذ برسم قياسات المقدار  $\frac{1}{E'} - \frac{1}{E}$  كتابع للمقدار  $(1 - \cos \theta)$ ، فإننا نحصل على رسم بياني خطي ميله هو مقلوب طاقة الإلكترون السكونية؛ أي  $\frac{1}{E_0}$ .

من الناحية المثالية (نظرياً)، إن أشعة غاما الفردية لها جميعاً نفس الطاقة، وكل منها من المفترض أن ينتج نبضات جهد متماثلة المطال أو الطاقة. إن مثل هذا الحال

سيكون كما هو موضح في الشكل (1)(b). لكن على كل حال، بما أن كل شعاع غاما له نفس الطاقة عملياً لا ينتج نفس العدد بالضبط من فوتونات الضوء المرئي في الوماض، فإن فوتونات الضوء المرئي لا تنتج نفس العدد بالضبط من الإلكترونات الضوئية من المهبط الضوئي لأنبوبة المضاعف الضوئي من أجل كل تأثير متبادل لأشعة غاما مع إلكترونات الوماض. ثم إن عدد الإلكترونات الثانوية التي تنتج من على كل مصعد-مهبطي لا يكون هو نفسه من أجل كل إلكترون وارد على المصعد المهبطي، وكل هذا بالمحصلة يعطي توزعاً مطالياً لنبضات الجهد الناتجة على المخرج، وبالتالي توزعاً طاقياً مقاساً. إن توزع أشعة غاما ذات الطاقة الوحيدة الصادرة من المنبع من المفترض أن يكون توزعاً غاوصياً كالتوزع الموضح في الشكل (1)(a). كذلك إن الإلكترونات الضوئية المنبعثة بالقرب من حواف الوماض يمكن أن تتسبب بفقد جزء أو كل طاقة أشعة غاما على جدران غلاف الوماض scintillator's enclosure، مما يتسبب بإنتاج نبضات ذات جهد أو مطال أصغر.



الشكل (1): توزع طاقات أشعة غاما المقاسة العائد إلى المفعول الكهروضوئي. (a) من أجل كافة أشعة غاما المكتشفة، التي بداية كان لها نفس الطاقة الواردة، (b) من أجل التوزع المثالي لأشعة غاما التي لها نفس الطاقة.

إن الطريقة الثانية الأكثر أهمية التي تتبادل بها أشعة غاما التأثير مع الكاشف الوميضي هي مفعول كومبتون Compton Effect، الذي هو الموضوع الجوهري في دراستنا. في الحقيقة إن نفس الظواهر تحدث في الكاشف الذي نستخدمه لدراسة نفس الظاهرة. ففي حين أن أشعة غاما تعطي كامل طاقتها إلى إلكترونات المادة الوماضة

عن طريق المفعول الكهروضوئي، إلا أنها تعطي فقط جزءاً من طاقتها إلى الإلكترونات عن طريق مفعول كومبتون. وفي حين يكون انتقال طاقة أشعة غاما إلى إلكترون عن طريق المفعول الكهروضوئي يتم دائماً بنسبة 100% تقريباً، إلا أن انتقال طاقتها عن طريق مفعول كومبتون إلى الإلكترون يمكن أن يكون بنسبة تتراوح من 0% حتى 100% تقريباً. تبعاً لطاقة أشعة غاما وللزاوية التي تشتتت بها. فإذا ما استبدلنا  $E_0$  في المعادلة (1) بـ  $E_0 = m_0 c^2$ ، فإننا نحصل على:

$$\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} = \frac{1}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \quad (2)$$

وبتطبيق قانون انحفاظ الطاقة، فإن الطاقة المعطاة للإلكترون،  $E_e$ ، في أثناء تشتت كومبتون تكون:

$$E_e = E \left[ 1 - \frac{1}{1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} \right] \quad (3)$$

لكن بما أن الطاقة الحركية العظمى التي يمكن أن تنتقل إلى الإلكترون تكون فقط عندما تكون زاوية تشتت الفوتون  $\theta = 180^\circ$ ، فإن الطاقة العظمى المنقولة للإلكترون تكون:

$$E_{eMax} = E - E' = E \left[ 1 - \frac{1}{1 + 2 \frac{E}{m_0 c^2}} \right] \quad (4)$$

فمن أجل قيم ذات  $E \gg mc^2$ ، فإن الطاقة العظمى التي يمكن انتقالها إلى الإلكترون تكون تقريباً مساوية لطاقة أشعة غاما، و  $E_{eMax} \approx E$ .  
ومن أجل قيم ذات  $E \ll mc^2$ ، فإن الطاقة العظمى التي يمكن انتقالها إلى الإلكترون تكون تقريباً معدومة؛ أي  $E_{eMax} \approx 0$ .

من أجل أشعة غاما واردة ذات الطاقة 0.662 MeV تكون النسبة المئوية العظمى من هذه الطاقة التي يتم انتقالها إلى الإلكترون في تشتت كومبتون حوالي

72%. ولذلك، فإن تشتت كومبتون لأشعة غاما ذات 0.662 MeV يعطي الإلكترونات طاقات تشتت تتراوح من 0 حتى 0.477 MeV.

من أجل أشعة غاما غير مستقطبة، إن احتمال تشتت أشعة غاما عند زاوية معينة وانتقال طاقة قدرها  $E_e$  إلى الإلكترون يمكن حسابه من معادلة كلاين-ناشينا [15]، التي تعطى بالعلاقة:

$$d\sigma = \frac{1}{2} r_0^2 \left( \frac{E'}{E} \right)^2 \left( \frac{E'}{E} + \frac{E}{E'} - \sin^2 \theta \right) d\Omega \quad (5)$$

حيث  $d\sigma$  هو المقطع العرضي التفاضلي للتشتت كتابع لزاوية التشتت  $\theta$ ، و  $\frac{E'}{E}$  هي نسبة بين طاقة أشعة غاما بعد وقبل التشتت، و  $r_0$  هو نصف القطر الكلاسيكي للإلكترون، و  $d\Omega$  هي الزاوية المجسمة التفاضلية. من التناظر، بما أن

$$d\Omega = \sin \theta d\theta d\phi = 2\pi \sin \theta d\theta$$

فإنه بالتعويض في (5) والمكاملة على  $\phi$  نحصل على:

$$d\sigma = \frac{1}{2} r_0^2 \left( \frac{E'}{E} \right)^2 \left( \frac{E'}{E} + \frac{E}{E'} - \sin^2 \theta \right) 2\pi \sin \theta d\theta \quad (6)$$

أو

$$\frac{d\sigma}{d\theta} = 2\pi r_0^2 \sin \theta g(\theta) \quad (7)$$

حيث

$$g(\theta) = \frac{1}{2} \left( \frac{E'}{E} \right)^2 \left( \frac{E'}{E} + \frac{E}{E'} - \sin^2 \theta \right) \quad (8)$$

باستخدام المعادلة (3)، وباستخدام معادلة كلاين-ناشينا من أجل تابع الاحتمال الزاوي، فإن الاحتمال الطاقى كتابع لطاقة الإلكترون  $\frac{d\sigma}{dE_e}$  يمكن إيجاده باستخدام قاعدة

الربط السلسلي chain rule، كما يلي:

$$\frac{d\sigma}{dE_e} = \frac{d\sigma d\theta}{d\theta dE_e} = \frac{d\sigma}{d\theta} \frac{1}{\frac{dE_e}{d\theta}} = \frac{d\sigma}{d\theta} \left( \frac{dE_e}{d\theta} \right)^{-1} \quad (9)$$

بمفاضلة طاقة الإلكترون  $E_e$  المعطاة بالمعادلة (3) بالنسبة لزاوية التشتت  $\theta$ ، التي مقلوبها  $\frac{d\theta}{dE_e}$ ، هو  $\left(\frac{dE_e}{d\theta}\right)^{-1}$ ، فإن طاقة الإلكترون  $E_e$  تعطى بالعلاقة:

$$E_e = E \left[ 1 - \frac{1}{1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} \right] \quad (10)$$

$$\frac{dE_e}{d\theta} = -\frac{dE}{d\theta} = (-E)(-1) \left( 1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \right)^{-2} \left( -\frac{E}{m_0 c^2} (-\sin \theta) \right) \quad (11)$$

$$\frac{dE_e}{d\theta} = \frac{E}{\left( 1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \right)^2} \left( \frac{E \sin \theta}{m_0 c^2} \right) \quad (12)$$

و

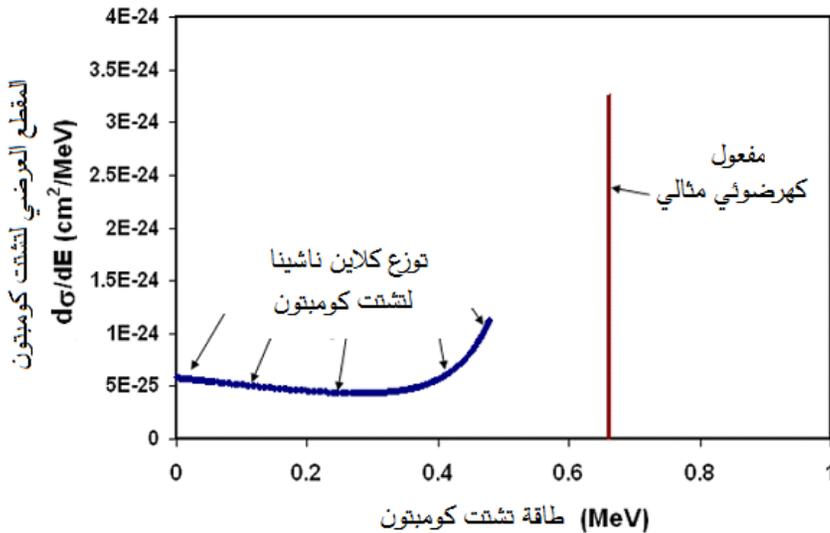
$$\left(\frac{dE_e}{d\theta}\right)^{-1} = \frac{\left( 1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \right)^2 m_0 c^2}{E^2 \sin \theta} \quad (13)$$

بتعويض علاقة  $\frac{d\sigma}{d\theta}$  وعلاقة  $\left(\frac{dE_e}{d\theta}\right)^{-1}$  من المعادلتين (7) و (13) على الترتيب، نحصل على:

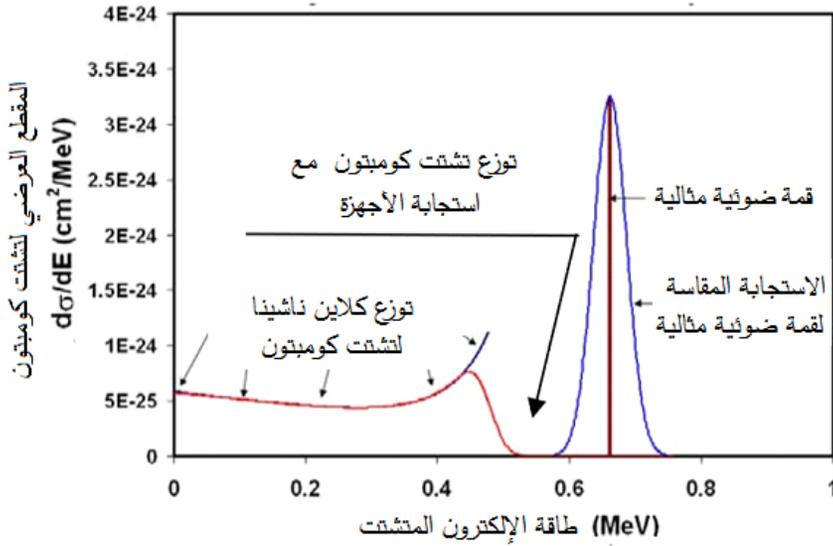
$$\frac{d\sigma}{dE_e} = [2\pi r_0^2 \sin \theta g(\theta)] \frac{\left( 1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \right)^2 m_0 c^2}{E^2 \sin \theta} \quad (14)$$

إن المقطع العرضي التفاضلي لتشتت الإلكترونات وفقاً لمفعول كومبتون، كما هو معطى بمعادلة كلاين ناشينا في المعادلة (14)، مبين في الشكل (2) كتابع لطاقة الإلكترون المتشتت. إن البيانات المعروضة هي من أجل أشعة غاما ذات طاقة ابتدائية قدرها 0.662 MeV؛ أي من أجل طاقة أشعة غاما لمنبع السيزيوم 137. قد تم عرض البيانات مع التوزيع المثالي لطاقة الإلكترون المتحرر عن طريق المفعول الكهروضوئي،

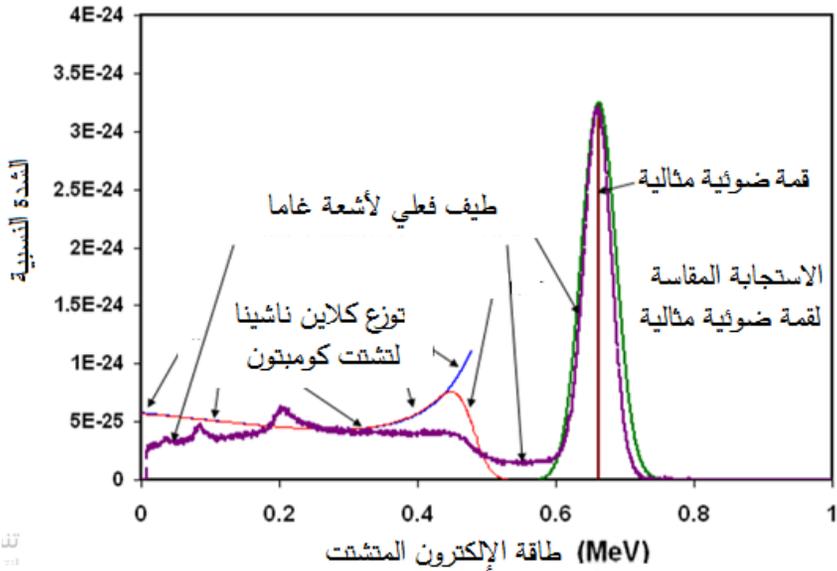
حيث يتم انتقال كامل طاقة أشعة غاما تقريباً كطاقة حركية إلى الإلكترون. وقد تم ضبط ارتفاع القمة للمفعول الكهروضوئي بحيث يكون الارتفاع النسبي لها بالنسبة لمفعول كومبتون ذي قياس نموذجي تقريباً. يوضح الشكل (3) نفس البيانات باستجابة قياس نموذجية فعالة لأشعة غاما ذات طاقة وحيدة. إن القمة الضوئية تمتلك عرضاً FWHW (عرض الكامل عند منتصف القيمة العظمى) قدره حوالي 50 keV الذي هو العرض النموذجي الذي يُحصل عليه عند القياس باستخدام بلورة NaI. كما تمتلك القمة الضوئية شكلاً غاوسياً، وحافة كومبتون؛ أي التناقص الحاد الموافق للطاقة العظمى التي تعطى للإلكترون في عملية كومبتون، تكون مدورة إلى حد كبير بنفس الشكل. وإن الشكل (4) هو نفس الشكل (3)، ولكن بقياس نموذجي لطيف أشعة غاما المضاف. وهذا يشير إلى أن الإلكترونات المنتشرة وفقاً لمفعول كومبتون بالقياس تمتلك توزيعاً طاقياً يشبه إلى حد كبير التوزيع الذي تنبأت به معادلة كلاين-ناشينا. بالطبع هنالك عدة عمليات تأثير متبادل إضافية تؤثر على عملية القياس وتزيد من تعقيد فهم الطيف. إن المفاعيل الإضافية هذه لا تعيق القياسات اللازمة لهذا البحث، ولكن من الضروري فهمها بشكل جيد، ولذلك سنقوم بشرحها لاحقاً.



الشكل (2): المقطع العرضي التفاضلي لتشتت الإلكترونات عن طريق مفعول كومبتون معطاة بحسب معادلة كلاين ناشينا كتابع لطاقة الإلكترون.



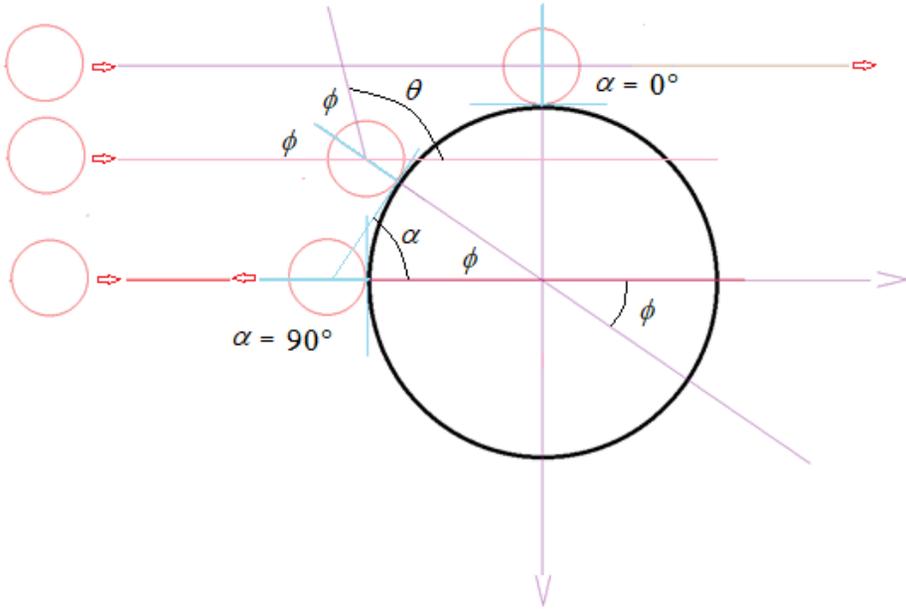
الشكل (3): استجابة نموذجية نظرية لطاقات الإلكترونات التي تتولد عن المفعول الكهروضوئي وعن تشتت كومبتون. توزيع كلاين ناشينا لتشتت كومبتون.



الشكل (4): استجابة نموذجية نظرية لطاقات الإلكترونات المتولدة عن المفعول الكهروضوئي وتشتت كومبتون مقارنة مع القياس الفعلي.

### 2.3. الدراسة النظرية: استنتاج احتمال تشتت فوتون عن إلكترون حر

لنفرض أن حزمة متوازية من فوتونات غاما أحادية-الطاقة تسقط على إلكترون حر في مادة ما، ولنفرض للتبسيط أن الإلكترون عبارة عن كرة ملساء مرنة ذات نصف قطر  $r_e$ ، ولنفرض أن الفوتون، بحسب النظرية الجسيمية الموجية، عبارة عن كرة مرنة نصف قطرها  $r_{ph} = 0$ ، عندئذ يمكننا أن نتصور بأن التأثير المتبادل بين الفوتون والإلكترون الحر عبارة عن عملية تصادم ميكانيكي (تلامس) مرن بينهما، وبالتالي فإنه نتيجة التصادم يحصل تبادل للطاقة بحيث تكون قبل الصدم تساوي للطاقة بعد الصدم. وإن الطاقة التي يعطيها الفوتون للإلكترون ستكون معتمدة على زاوية الصدم  $\alpha$  التي تُعرف بأنها الزاوية بين المماس عند نقطة الصدم وبين المنحى الابتدائي للفوتون، أو على الزاوية  $\theta$  التي يتشتت عندها الفوتون، التي تعرف بأنها الزاوية بين المنحى الابتدائي للفوتون والمنحى الذي يتشتت عنده الفوتون، أو الزاوية التي يتشتت عندها الإلكترون  $\phi$ ، التي تعرف بأنها الزاوية بين المنحى الابتدائي للفوتون والمنحى الذي يتشتت عنده الإلكترون، الشكل (5).



الشكل (5): من الشكل لدينا  $\alpha + \phi = \pi/2$  و  $2\phi + \theta = \pi$

وأن الطاقة التي يتشتت بها الفوتون تكون معتمدة على زاوية تشتت الفوتون  $\theta$ ، فعندما تكون زاوية الصدم  $\alpha = \pi/2$  يكون التصادم مركزياً، ويكون للطاقة التي يتلقاها الإلكترون من الفوتون قيمة عظمى  $E_{emax}$ . وعندما تكون زاوية الصدم  $\alpha = 0$  يكون التصادم مماسياً، ويكون للطاقة التي يتلقاها الإلكترون من الفوتون قيمة أصغرية  $E_{emin} = 0$ ، انظر الشكل (5).

وفي حالة التصادم المركزي تكون زاوية تشتت الإلكترون صفرًا  $\phi = 0$ ، وتكون زاوية تشتت الفوتون  $\theta = \pi$ . وفي حالة التصادم المماسي تكون زاوية تشتت الإلكترون  $\phi = \pi/2$ ، وتكون زاوية تشتت الفوتون  $\theta = 0$ .

في نقطة الصدم، يكون نصف قطر الإلكترون معامداً للمماس، وبالنظر للإلكترون كمرآة كروية محدبة يكون الناظم ممتداً لنصف القطر. وعندئذ يمكن النظر لعملية تشتت الفوتون على الإلكترون وكأنها عملية انعكاس مرآتي على الإلكترون-المرآة. وبالتالي تكون زاوية الورود (الزاوية بين الفوتون الوارد والناظم) مساوية لزاوية الانعكاس (الزاوية بين الفوتون المتشتت والناظم). ومن الشكل (5) بسهولة يمكن أن نلاحظ أن زاوية الورود تكون مساوية لزاوية تشتت الإلكترون  $\phi$ . وبالتالي فإن العلاقة بين زاوية تشتت الإلكترون  $\phi$  وزاوية تشتت الفوتون  $\theta$  تكون:

$$2\phi + \theta = \pi \quad (15)$$

ومن الشكل (5) يمكن أن نلاحظ أيضاً أن العلاقة بين زاوية تشتت الإلكترون  $\phi$  وزاوية الصدم  $\alpha$  تكون:

$$\alpha + \phi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad (16)$$

$$2\alpha + 2\phi = \pi \quad (17)$$

وبالمساواة بين (15) و (17) نجد:

$$\begin{aligned} 2\phi + \theta &= 2\alpha + 2\phi \Rightarrow \\ \theta &= 2\alpha \end{aligned} \quad (18)$$

من أجل أشعة غاما أحادية-طاقة، مثل أشعة غاما الصادرة عن منبع السيزيوم 137 التي تمتلك طاقة 662 keV، يكون تعداد الفوتونات المنتشرة عند زاوية تشتت ما محددة متوقف على احتمال تصادم فوتون غاما مع الإلكترون، الذي يتوقف على زاوية تشتت الإلكترون. وبما أن عدد الفوتونات المنتشرة يساوي عدد الإلكترونات المنتشرة، فإن احتمال أن يشتت الفوتون ضمن زاوية ما  $\theta + d\theta$  يساوي لاحتمال أن يشتت الإلكترون ضمن زاوية ما  $\phi + d\phi$ . إن احتمال تشتت الإلكترون ضمن زاوية ما  $\phi + d\phi$  يمثل عدد الحالات الممكنة على عدد الحالات الكلية. وعندما تسقط حزمة متوازية من فوتونات غاما على الإلكترون، فإن عدد الحالات الممكنة يكافئ المساحة من مقطع الإلكترون التي تسقط عليها فوتونات غاما والتي تسبب للإلكترون تشتتاً ضمن زاوية  $d\phi$ ، بينما عدد الفوتونات الكلية يكافئ مساحة سطح الإلكترون التي تسقط عليها الفوتونات والتي تسبب للإلكترون تشتتاً ضمن مجال زاوية من  $\phi = 0$  حتى  $\phi = \pi/2$ ، فكلما زادت زاوية الصدم زادت زاوية التشتت، وكلما زادت زاوية التشتت زاد عدد الفوتونات المنتشرة.

إن المساحة من سطح الإلكترون التي تسقط عليها فوتونات غاما والتي تسبب للإلكترون تشتتاً ضمن زاوية  $d\phi$  تمثل، من ناحية أولى، القياس التفاضلي للمقطع العرضي  $d\sigma$ ؛ ومن ناحية ثانية، تمثل مساحة سطح شريحة كروية  $dA$ .

لنفرض أن نصف قطر الإلكترون هو  $r$ ، وأنها أخذنا من الجهة التي تسقط عليها فوتونات غاما قبة كروية ارتفاعها  $h$ ، عندئذ يكون نصف قطر قاعدتها هو بارامتر الصدم  $b$ ، انظر الشكل (6)، وتكون مساحة القبة الكروية:

$$A = 2\pi r h$$

وبما أن  $h = r - a$ ، و  $a = r \cos \phi$  فإن:

$$A = 2\pi r^2 (1 - \cos \phi)$$

وبمفاضلة مساحة القبة الكروية نحصل على مساحة الشريحة الكروية من:

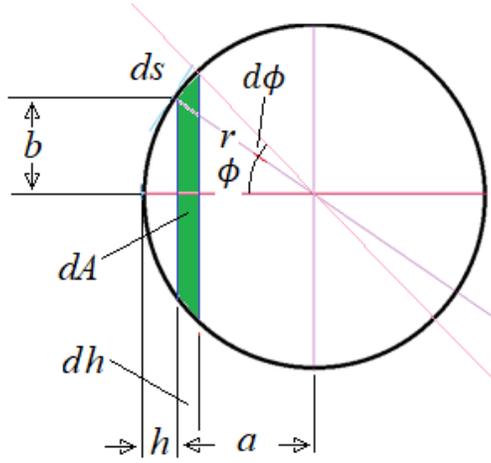
$$d\sigma = dA = 2\pi r^2 \sin \phi d\phi$$

بما أنه يمكن اعتبار أن نصف قطر الفوتون صفر، فإن المقطع العرضي التفاضلي يكون:

$$\sigma = \pi r^2$$

وبالتالي فإن احتمال تشتت الفوتون يكون:

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = \frac{2\pi r^2 \sin \phi d\phi}{\pi r^2} = 2 \sin \phi d\phi$$



الشكل (6): المقطع العرضي التفاضلي.

لكن بما أن  $d\phi = ds/r$  و  $ds = \frac{\pi/2}{n}$ ، حيث  $n$  هو عدد الشرائح الكروية التي يحصل عندها التشتت، وهي تقابل عدد القنوات التي يتم فيها تسجيل الفوتونات المتشتتة عن الإلكترون الحر. وبالتالي فإن:

$$d\phi = \frac{\pi}{2} \frac{1}{r n}$$

وبالتالي فإن:

$$P(\phi) = \frac{d\sigma}{\sigma} = \frac{\pi}{r n} \sin \phi \quad (19)$$

وهذه هي العلاقة التي تمثل فعلياً هضبة كومبتون.

برسم هذه العلاقة نحصل على الشكل (7):



الشكل (7): هضبة كومبتون النظرية وفق العلاقة (19).

#### 4. الدراسة التجريبية

##### 1.4. الأجهزة

هي مطياف غاما بكاشف وميضي بلوري  $\text{NaI(Tl)}$  ويتألف من:

1. منبع مشع السيزيوم  $^{137}\text{Cs}$  يصدر أشعة غاما أحادية الطاقة  $\sim 0.662 \text{ MeV}$ .
2. كاشف وميضي بلوري لأشعة غاما مكون من وماض بلوري  $\text{NaI(Tl)}$ ، وأنبوبة مضاعف ضوئي من النمط ( CRISMATEC, TYPE 6 S8/2A, ) مع مقسم جهد. (PM 9266 B)
3. مغذية استطاعة بجهود عالية مقسم الجهد من النمط ( Phywe 600-1100 )، مناسبة لتشغيل أنبوبة المضاعف الضوئي (V, 0.5 mA)، الخاصة بالكاشف (CRISMATEC, TYPE 6 S8/2A, PM 9266 B) الوميضي البلوري  $\text{NaI(Tl)}$ .
4. محلل ارتفاع نبضة Pulse Height Analyzer يتكون من مضخم ومحلل وحيد القناة ذو ماسح.

5. حاسوب شخصي، وبرنامج لترقيم الطيوف ومعالجتها ( Nuclear Spectroscopy).

6. وحدة نقل تبادلي للبيانات COMEX من وإلى الحاسوب.

7. راسم إشارة (KENWOOD, 20MHz, Cs 4025).

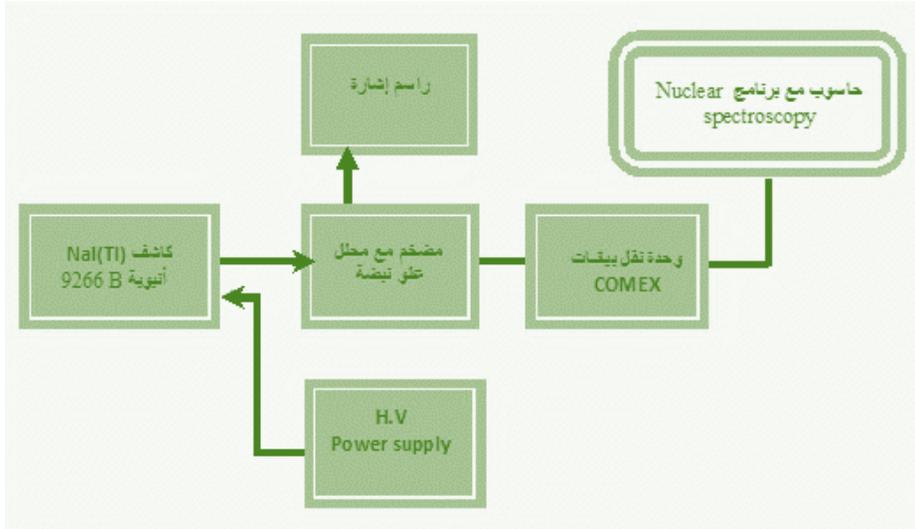
يبين الشكل (8) مخطط صندوقي لمطياف غاما.

#### 2.4. الإجراءات التجريبية

من أجل دراسة هضبة كومبتون في طيف غاما نقوم بتثبيت كافة بارامترات المطياف، ومن أجل ذلك نقوم بما يلي:

نضع منبع  $Cs^{137}$  (0.662 MeV) على مركز الواجهة الأمامية لبلورة الكاشف ونبقيه موضعه ثابت حتى انجاز كافة القياسات.

$$\approx 179 \text{ ch}$$



الشكل (8): مطياف غاما بكاشف وميضي بلوري NaI(Tl).

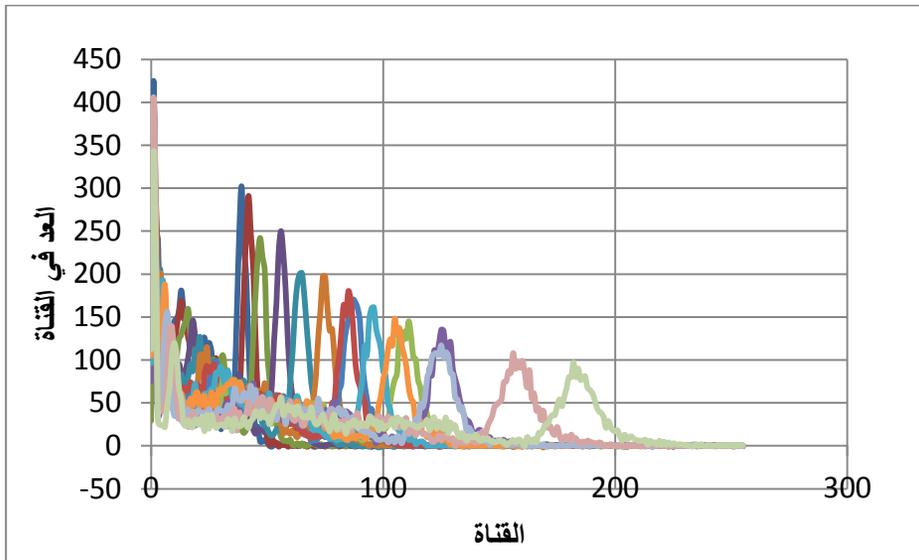
ثم على واجهة محلل ارتفاع النبضة نضع نافذة محل ارتفاع (علو) النبضة عند نافذة ثابتة قدرها 100 mV، ونجعل القاعدة Base على (10 V) ونثبتها أيضاً عند كافة القياسات. وهذا يعني طول محور القنوات سيكون (1000 mV)، وهو يكافئ 256

قناة (أو عدد الخطوات التي تتزاح بها نافذة محلل ارتفاع النبضة). وبناء عليه، فإنه خطوة الإزاحة في أثناء عملية المسح ستكون:  $\frac{10000 \text{ mV}}{256} = 39.0625 \cong 39 \text{ mV}$ ؛ أي أنه حتى يتم مسح كامل محور القنوات من المفترض أن نجعل عرض النافذة مساوي لـ  $39 \text{ mV}$ ، لكن فعلياً إن أصغر قيمة يتيحها الجهاز هي  $100 \text{ mV}$ . ولذلك سيكون هنالك تقاطع بين كل قياس والذي يليه قدره  $100 - 39 = 61 \text{ mV}$ ، وهذا يعني أن مقدار العد في كل القناة سيكون أكبر من الحقيقي بحوالي  $61\%$ .

نختار خطوة المسح (إزاحة مركز النافذة) أو ما يسمى في برنامج المطيافية النووية بالزيادة Increment بحيث تكون مساوية لـ (1)، ونضع زمن قياس (زمن تركيب طيف) على (5 sec/ch) وثبتته من أجل كافة القياسات.

### 3.4. النتائج التجريبية

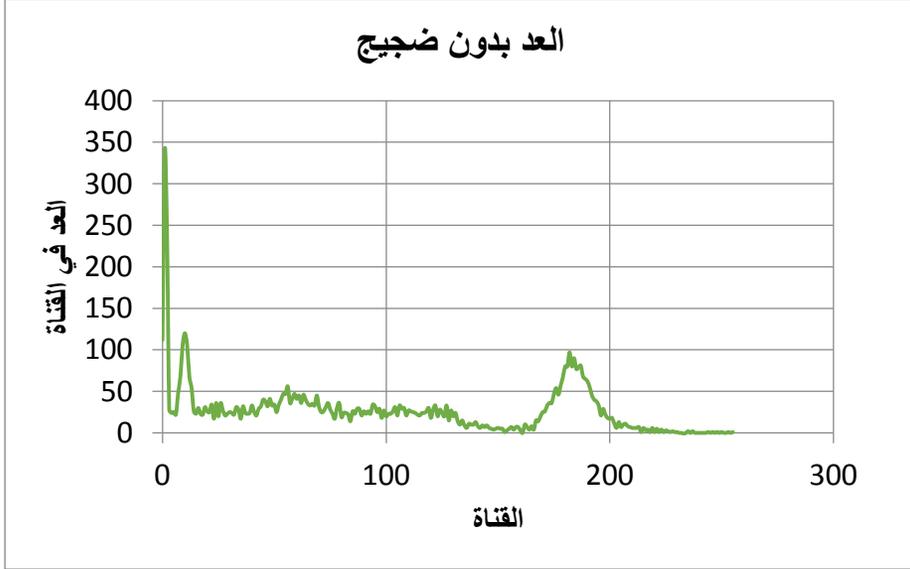
يبين الشكل (9) العديد من القياسات التجريبية لطيف غاما لمنبع السيزيوم 137 عند شروط تجريبية مختلفة.



الشكل (9): مجموعة طيف غاما متراكمة عند شروط تجريبية مختلفة.

### 5. مناقشة للنتائج التجريبية والدراسة النظرية

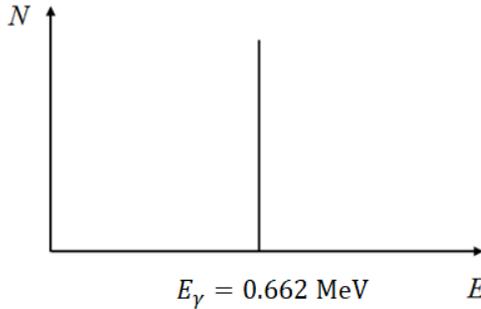
لنعتبر طيفاً نموذجياً لا على التعيين من الطيوف غاما المبين في الشكل (10). إن كافة كموم (أو فوتونات) غاما التي تصدر عن عملية تفكك نوى أي نظير مشع تكون أحادية الطاقة؛ أي أن جميع الكموم تمتلك نفس الطاقة  $E_\gamma$ . فمثلاً إن جميع نوى نظير السيزيوم 137 عند تفككها تصدر كموم غاما ذات طاقة  $E_\gamma = 0.662 \text{ MeV}$ .



الشكل (10): طيف طاقي تجريبي نموذجي لكموم غاما من منبع السيزيوم 137 مسجل بواسطة مطياف غاما ذي كاشف وميضي NaI(Tl) خلال ثانية واحدة.

وبالتالي، فإنه في حالة الامتصاص التام لها من قبل الإلكترونات المرتبطة لمادة كاشف غاما، كما هو الحال في المفعول الكهروضوئي، وفي حالة غياب كافة أنواع الانحرافات التي تسببها سرعة الإلكترونات أو الانحرافات على النبضات الضوئية (الوميض) التي تسببها العمليات الاحصائية في الكاشف أو الانحرافات على الإلكترونات في المضاعف الضوئية التي تسبب العمليات الاحصائية أو الانحرافات على النبضات الكهربائية الناتجة عن مخرج الكاشف التي يمكن أن تسببها أجهزة مطياف غاما (مطياف مثالي)، وفي حال عدم وجود أي عملية تأثير متبادل أخرى مع مادة الكاشف، فإن النبضات الناتجة على الكاشف قبل وبعد المعالجة تكون ذات

مطالات (أو طاقات) متماثلة، وبالتالي فإنه من المفترض نظرياً، في هذه الحالة، أن يكون الطيف الطاقى المسجل لها عبارة عن خط طيفي وحيد حاد له طاقة توافق طاقة كموم غاما الصادرة عن المنبع  $E_\gamma$ ، انظر الشكل (11).



الشكل (11): الطيف الطاقى النظري الفوتونات غاما المفترض أن يتم تسجيله بواسطة مطياف غاما مثالي.

لكن عملياً بما أنه أولاً ليس هنالك من مطياف مثالي، وثانياً في الكاشف تحصل عمليات تأثيرات متبادلة عديدة أخرى، مثل التشتت المرن لفوتونات غاما عن الإلكترونات شبه-المرتبطة أو ما يعرف بمفعول كومبتون، فإنه تحصل حالات امتصاص غير التامة لطاقة الفوتونات من قبل الإلكترونات شبه-المرتبطة أو الحرة، وثالثاً بسبب الانحراف في مطالات النبضات بسبب عشوائية العمليات الإحصائية في كافة عمليات التأثيرات المتبادلة لفوتونات غاما في المنبع المشع ذاته وفي الأوساط الفاصلة بين المنبع والكاشف وفي الكاشف نفسه وفي كافة عمليات معالجة الإشارة الضوئية في المضاعف الضوئي ثم الإلكترونية للنبضات الناتجة عن الكاشف، فإن أي مطياف غاما متوفر ينتج طيفاً مكوناً قمم وهضاب، انظر الشكل (10)، الذي يمثل طيفاً مطالياً تجريبياً ناتج عن تشعيع الكاشف الوميضي NaI(Tl) بفوتونات غاما ذات طاقة  $E_\gamma = 0.662 \text{ MeV}$  من منبع السيزيوم 137. في الشكل (10) هذا، إذا ما أهملنا عمليات التأثير المتبادل النادرة الحدوث، فإن القمم بشكل رئيس تعود إلى مفاعيل كهروضوئي والهضاب بشكل رئيس تعود إلى مفاعيل كومبتون، وإن هذه القمم والهضاب لها بصورة عامة أشكال تتعلق بنوع الكاشف وأبعاده وعوامل عديدة أخرى لا مجال لذكرها. إن ذروة (أو مركز) القمة الأخيرة في هذا الطيف توافق طاقة أشعة غاما

الصادرة عن المنبع ( $E_\gamma = 0.662 \text{ MeV}$ ). وفي هذا الطيف يمكن أن نميز بوضوح ثلاث قمم ضوئية وثلاثة هضاب كومبتون مصاحبة.

**القمة الضوئية:** إن القمة الأخيرة في الطيف هي قمة ضوئية تنتج عن المفعول الكهرضوئي لفوتونات غاما ذات الطاقة  $E_\gamma = 0.662 \text{ MeV}$ ؛ أي التي عن الامتصاص التام لطاقة كموم غاما ذات الطاقة  $E_\gamma = 0.662 \text{ MeV}$  من قبل الإلكترونات المرتبطة في مادة كاشف غاما الومضي (الوماض)  $\text{NaI(Tl)}$ . وبما أن كل كم من كموم غاما، في هذه الحالة، يودع كامل طاقته في الوماض، فإن النبضات الناتجة على مخرج كاشف غاما  $\text{NaI(Tl)}$  يكون لها تقريباً مطالات متماثلة بانحرافات إحصائية تعطي للخط الطيفي ذي الطاقة ( $E_\gamma = 0.662 \text{ MeV}$ ) عرضاً يجعله أشبه بتوزع غاوص. في الحقيقة، إن الامتصاص التام لطاقة كموم غاما يمكن أن ينتج، كما ذكرنا، عن طريق المفعول الكهرضوئي وينتج أيضاً باحتمال ضعيف جداً عن طريق تشتتات كومبتون متتالية عديدة في البلورة تؤدي إلى فقد كم غاما لكامل طاقته فيها. عند الامتصاص التام لطاقة كموم غاما في البلورة وفق المفعول الكهرضوئي، فإنه يتحرر، كما ذكرنا، من بلورة الكاشف الومضي نصف الناقل إلكترونات ضوئية تفقد طاقتها في البلورة وفق آليات فقد طاقة للجسيمات المشحونة الخفيفة في الجسم الصلب-نصف الناقل. حيث إنه خلال فترة زمنية قصيرة جداً يعطي كل إلكترون في أثناء حركته في الوماض طاقته إلى أحد إلكترونات نصف الناقل، مما يتسبب بانتقالها من عصابة التكافؤ إلى عصابة الناقلية خلفه ورائها ثقباً، ونتيجة لعودة إلكترون ما عبر سويات المنشط إلى الثقب (عملية الوميض) ينطلق فوتون ضوء مرئي. حيث إنه في أثناء عملية الوميض يتحول فقط حوالي  $(5 - 10)\%$  من طاقة فوتونات غاما إلى فوتونات ضوء مرئي. وإن فوتونات الضوء المرئي التي تنتج عن المفعول الكهرضوئي هي بشكل رئيس التي تولد القمة الأخيرة في الطيف، حيث إن إسهام المفعول الكهرضوئي في هذه القمة هو المسيطر جداً، لذلك تسمى بقمة الامتصاص التام لطاقة فوتون غاما، أو القمة الضوئية (أو الكهرضوئية). وبناءً عن ما سبق نستنتج أن الطاقة الموافقة للقمة الضوئية تحدد لنا طاقة منبع غاما.

**هضبة كومبتون:** كما ذكرنا، بالإضافة إلى القمة الموافقة للطاقة الكلية لأشعة غاما، يوجد قمم أخرى وهضاب لها طاقة أخفض. إن القمم الأخرى هذه تنتج عن المفعول الكهرضوئي لكموم غاما المتشنتة للخلف أو لكموم اكس التي تتولد أيضاً في البلورة. أما الهضاب فتنتج عن تأثيرات متبادلة أخرى هي تشنتات كومبتون لفوتونات غاما متماثلة ذات طاقة أخفض. إن تشنت كومبتون هو عملية تشنتت فيها حزمة أشعة غاما (أو اكس) على الإلكترونات الحرة بزوايا مختلفة بعد أن تقدم أجزاء مختلفة من طاقتها إلى هذه الإلكترونات. وبنتيجة ذلك تشنتت هذه الإلكترونات (إلكترونات كومبتون) حاملة طاقات مختلفة. إن امتصاص طاقة إلكترونات كومبتون ناتجة عن أشعة غاما (أو اكس) معينة وفق آليات فقد طاقة للإلكترونات (الجسيمات الخفيفة المشحونة) في المادة يسبب ظهور هضبة تمتد تقريباً من يسار القمة الضوئية الموافقة حتى بداية الطيف. تسمى مثل هذه الهضبة بهضبة كومبتون. إن لكل هضبة كومبتون حافة عليا تسمى حافة كومبتون، وهي توافق أعظم طاقة يمكن أن يأخذها إلكترون كومبتون المتشنت، أو توافق أصغر طاقة يمكن أن تتبقى لدى فوتون غاما المتشنت وتحدث عندما تكون زاوية التشنت لفوتون غاما (أو اكس)  $180^\circ$ . إذاً تنتج حافة كومبتون عن فوتونات كومبتون المتشنتة في حالة التصادم الرأسي (المركزي)، وعلى الأغلب تحصل مع إلكترونات حامل المنبع.

**قمة أشعة اكس الضوئية:** يترافق المفعول الكهرضوئي بصور كموم اكس مميزة. هذه الأشعة يمكن أن تمتص في الوماض أيضاً وفقاً للمفعول الكهرضوئي أو أن تشنتت وفقاً لمفعول كومبتون فنحصل على قمة أشعة اكس الضوئية، وهي القمة التي في أول الطيف بعد الضجيج، وعلى هضبة كومبتون مرافقة تكون قبلها مباشرة.

**قمة التشنت الخلفي:** وهي قمة ضوئية تظهر في مجال الطاقة الأخفض من مجال القمة الضوئية. وسببها هو الامتصاص الكهرضوئي لأشعة غاما المتشنتة وفقاً لمفعول كومبتون عن حامل المنبع والغلاف الواقي المحيط بالبلورة وعن المهبط الضوئي والمواد المحيطة. فعند التصادم الرأسي لفوتونات غاما مع إلكترونات من الشبكة البلورية للغلاف الواقي والمواد المحيطة، فإن هذا الفوتونات تشنتت إلى الخلف؛ أي تشنتت

بزاوية  $180^\circ$  عائدة إلى الكاشف. إن الفوتونات المتشتتة وفق المفعول الكهرضوئي يمكن أن تمتص باحتمال صغير. لكن عندما تكون البلورة مغلقة بواقي (في حالتنا بعاكس من الألمنيوم) وعندما يكون حامل المنبع من مادة ذات عدد ذري كبير، فإن احتمال التشتت الخلفي يكون أكبر، وبالتالي فإن احتمال امتصاصها وفقاً للمفعول الكهرضوئي يكون أكبر. عندما يكون عدد النبضات الناتجة عن التشتت الخلفي كبيراً، فإن ذلك يتسبب بظهور واضح لقمة ضوئية صغيرة على هضبة كومبتون هي التي نسميها قمة التشتت الخلفي. وهنا نحب أن ننوه إلى أنه، بصورة عامة، من الصعب ملاحظة فوتونات غاما المتشتتة خلفياً في الطيف، وذلك لأن معظم هذه الفوتونات تغادر عادة بلورة الكاشف الوميضي من دون أن تحدث تأثيراً متبادلاً، فضلاً عن كون عددها قليل. لكن عندما تكون البلورة مغلقة بعاكس (في حالتنا إن الغلاف العاكس أسطوانة من الألمنيوم سماكته جدرانها  $0.4 \text{ mm}$ ، فإن ذلك يزيد من عدد الفوتونات المتشتتة للخلف في غلاف الألمنيوم التي تعود إلى بلورة الكاشف الوميضي. وهذا ما يؤدي إلى ظهور قمة واضحة في الطيف نسميها قمة التشتت الخلفي. وإذا ما وضعنا خلف المنبع، إذا أمكن ذلك، صفيحة مشتتة، من الحديد مثلاً، فإننا سنزيد من عدد الفوتونات المتشتتة عن الصفيحة للخلف التي تدخل بلورة الكاشف الوميضي، مما يؤدي إلى زيادة في ارتفاع قمة التشتت الخلفي. يمكن تعيين طاقة قمة التشتت الخلفي بتعيين الطاقة في مركز هذه القمة. وفي الكثير من الحالات التي يكون فيها المنبع موضوع على قاعدة حامل أسطواني من الألمنيوم، ونظراً لكون المنبع يشع فوتونات غاما بزاوية مجسمة  $4\pi$ ، فإنه سيحصل تشتت خلفي على قاعدة الحامل، وهذا يؤدي إلى زيادة عدد الفوتونات المتشتتة خلفياً المسجلة مما يجعل قمة التشتت الخلفي أكثر وضوحاً.

يعود التعريض في أي قمة ضوئية أو في حافة كومبتون إلى التراوح في مطال النبضات الناتجة كموم غاما أودعت نفس الطاقة في الوماض. وهذا التراوح تسببه مجموعتين من العوامل: الأولى: تتعلق بالطبيعة الإحصائية لعمليات تحول الطاقة في كل من البلورة وأنبوبة المضاعف الضوئي وهذه المجموعة لا يمكننا التحكم بها أو ضبطها. الثانية: تعود إلى تغيرات في انتقال الضوء في الأجزاء المختلفة للبلورة، وإلى عدم كفاءة مهابط أنبوبة المضاعف الضوئي في تجميع الإلكترونات، وإلى الشذوذ في

حساسية المهبط الضوئي. إن تقليل التعريض الذي تسببه هذه المجموعة يتوقف على تقانة تصنيع المضاعف الضوئي، وعلى اختيار البلورة بعناية، وتغليفها بعاكس جيد. كذلك من الضروري لصق البلورة بالمضاعف الضوئي بزيت السيلكون مثلاً، لتأمين اتصال ضوئي جيد وعلى بقية أجهزة المطياف. بصورة عامة، يمكن القول إن عرض القمة الضوئية يتوقف بشكل ضعيف على منبع غاما وبشكل رئيسي على مطياف غاما المستخدم.

وهنا يجب أن نذكر بأن كل قمة ضوئية تكون مترافقة بهضبة كومبتون خاصة. وبناء عليه، يكون لدينا في طيف السيزيوم 137 ثلاث قمم ضوئية هي القمة الضوئية  $0.662 \text{ MeV}$  وقمة التشتت الخلفي  $0.182 \text{ MeV}$ ، وقمة أشعة اكس  $0.032 \text{ MeV}$ ، وثلاث هضبات كومبتون مرافقة لها حواف قدرها  $0.480 \text{ MeV}$ ، و  $0.77 \text{ MeV}$ ، و  $0.004 \text{ MeV}$ ، على الترتيب. التي يتم حسابها نظرياً كما يلي:

1. من أجل القمة الضوئية الأخيرة في الطيف: إن طاقة كموم غاما المتشتتة للخلف  $E'_\gamma$  تكون:

$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + 4E_\gamma} = \frac{0.662}{1 + 4 \times 0.662} \cong 0.182 \text{ MeV}$$

وتكون طاقة حافة كومبتون لها:

$$E_{e_{max}} = E_\gamma - E'_\gamma = 0.662 - 0.182 = 0.480 \text{ MeV}$$

2. ومن أجل أشعة التشتت الخلفي الضوئية ( $0.182 \text{ MeV}$ ): إن طاقة كموم غاما المتشتتة للخلف  $E'_\gamma$  تكون:

$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + 4E_\gamma} = \frac{0.182}{1 + 4 \times 0.182} \cong 0.105 \text{ MeV}$$

وتكون طاقة حافة كومبتون لها:

$$E_{e_{max}} = E_\gamma - E'_\gamma = 0.182 - 0.105 = 0.077 \text{ MeV}$$

ومن أجل أشعة اكس الضوئية ( $0.032 \text{ MeV}$ ): إن طاقة كموم غاما المتشتتة للخلف  $E'_\gamma$  تكون:

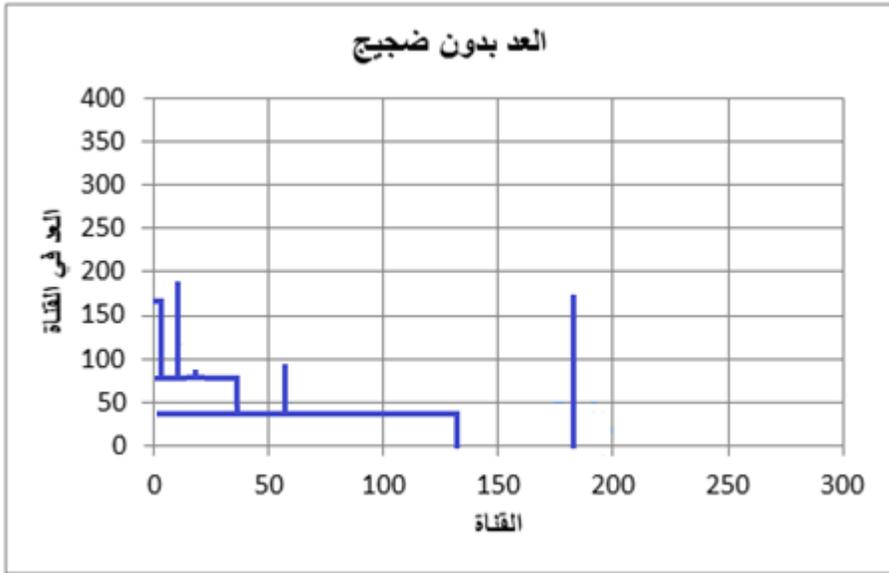
$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + 4E_\gamma} = \frac{0.032}{1 + 4 \times 0.032} \cong 0.028 \text{ MeV}$$

وتكون طاقة حافة كومبتون لها:

$$E_{emax} = E_\gamma - E'_\gamma = 0.032 - 0.028 = 0.004 \text{ MeV}$$

بناء على ما سبق، وإذا ما افترضنا، كتقريب أولي، أن كموم غاما المتشتتة احتمال التشتت لها متماثل، فإن الطيف النظري سيكون مكون من تراكب لثلاث قمم ضوئية وثلاث هضاب كومبتون.

وعلى فرض أن قيمة احتمال التشتت ثابتة من أجل كافة زوايا التشتت، فإن شكل الطيف النظري أو المثالي سيكون كما في الشكل (12).



الشكل (12): طيف غاما نظري تقريبي مسجل بمطياف مثالي، على فرض أن احتمال التشتت قيمته ثابتة من أجل كافة الزوايا.

من الشكل (12)؛ أي عندما نفترض بأن احتمال التشتت وفق كومبتون ثابتاً مع تغير الزاوية، نلاحظ أن العد في الوادي الواقع قمة أشعة اكس وهضبة كومبتون لأشعة اكس يكون أكبر من العد عند حافة كومبتون العائدة لأشعة غاما الواردة من المنبع. بينما نلاحظ من الشكل (10)؛ أي من طيف غاما التجريبي، أن العد في الوادي الواقع

قمة أشعة اكس وهضبة كومبتون لأشعة اكس يكون أصغر من العد عند حافة كومبتون العائدة لأشعة غاما الواردة من المنبع. وهذا يدل بما لا يقبل الشك أن قيمة احتمال تشتت فوتونات غاما عند زوايا أصغر تكون أصغر. أو بكلام آخر إن احتمال تشتت فوتونات غاما يزداد مع زيادة زاوية التشتت.

ومن طيف غاما التجريبي في الشكل (10) يمكن أن نلاحظ أن الجزء اليميني من هضبة بعد قمة التشتت الخلفي يمتلك ميلاً موجباً، وهذا أيضاً يدل ما لا يدع مجال للشك بأن قيمة احتمال التشتت تزداد مع زيادة زاوية التشتت.

ومن هاتين الملاحظتين التجريبتين اللتين يمكن ملاحظتهما في كافة طيوف غاما التجريبية يمكن أن نستنتج أن احتمال التشتت يزداد مع زيادة زاوية التشتت. وهذا ما يتفق تماماً مع علاقة احتمال التشتت التي استنتجناها (19). وهذا ما نلاحظه بوضوح في الرسم البياني لها؛ أي في الشكل (7).

## 6. الاستنتاجات

إن علاقة كلاين-نيشينا لاتصف بشكل دقيق هضبة كومبتون التجريبية. وأن التطور في دقة الكشف للأجهزة الحديثة يمكن أن يكشف عن الكثير من المغالطات التي أوقعت الباحثين في الماضي عند استخدامهم لأجهزة بدائية. وهذا ما نتوقع أنه حصل عند قبول الباحثين لعلاقة كلاين ونيشينا لكونها، كما بدا لهم حينئذ، تتطابق بشكل كبير مع النتائج التجريبية. إن عادة الباحثين النظريين يحللون النتائج التجريبية ثم يتصور نموذجاً نظرياً يتفق مع النتائج ثم يتم الاستنتاج بناء ذلك النموذج. فإذا ما كانت الأجهزة لا تمتلك دقة كافية، فإن النموذج النظري الموضوع لا يكون متفق مع حقيقة الظاهرة. ويتقديرننا هذا ما حصل مع كلاين ونيشينا ومعاصريهم.

إن العلاقة النظرية المستنتجة من قبل تتطابق بشكل أفضل مع النتائج التجريبية. وأنها من حيث الاستنتاج أسهل بكثير من علاقة كلاين ونيشينا.

## 7. المراجع

- [1] Luo, Guang, Shang-Qi Zhou, Zhong Han, and Shuang-Kou Chen. "Applications of Compton scattering." *Journal of Chongqing University* 5, no. 4 (2006): 193-199
- [2] G.F. Knoll, 'Radiation Detection and Measurements', John Wiley & Sons. Inc, New York, 2000.
- [3] N. Tsoulfanidis, 'Measurements and Detection Radiation', Taylor & Francis, USA, 1995.
- [4] J.E. Turner, 'Atoms, Radiation and Radiation Protection', Wiley-VCH Verlag Gmb H & Co. KGaA, Weinheim, 2007.
- [5] R.W. Leo, 'Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments', Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 1987.
- [6] S.P. Bönisch, 'Electronics for Radiation Detection', CRC Press, U.S., 2011.
- [7] M.O. Bedwell and T.J. Paulus, 'A Constant Fraction Differential Discriminator for Use in Fast Timing Coincidence Systems', IEEE Trans. Nucl. Sci. 26, 422-427, 1979.
- [8] M.A. El-Wahab, A. El-Arabi, M.H. Battrawi, 'Constant Fraction Timing With Scintillation Detectors', IEEE Trans. Nucl. Sci. 36, 401-406, 1989.
- [9] D.M. Binkley, 'Performance of Non-delay-line Constant - fraction Discriminator Timing Circuit', IEEE Trans. Nucl. Sci. 41, 1169-1175, 1994.
- [10] J. Vacik, J. Cernava, V. Hnatowicz, V. Havranek, J. Hoffmann, S. Posta, D. Fink, R. Klett, 'Pulse-shape Discrimination in Neutron Depth Profiling Technique', Nucl. Instrum. Meth. B 142, 397-401, 1998.

- [11] S.D. Jastaniah and P.J. Sellin, 'Digital Techniques for  $n/\gamma$  Pulse Shape Discrimination and Capture-gated Neutron Spectroscopy Using Liquid Scintillators', Nucl. Instrum. Meth. A 517, 202-210, 2004.
- [12] R.G. De Orduna, M. Hult, E. Andreotti, D. Budjas, S. Schönert, M. Misiaszek, M., 'Pulse Shape Analysis to Reduce The Background of BEGe Detectors', J. Radioanal. Nucl. Chem. 286, 477-482, 2010.
- [13] G.L. Troyer, B.D. Keele, G.C. Tepper, 'Pulse Rise-time Characterization of a High Pressure Xenon Gamma Detector for Use in Resolution Enhancement', J. Radioanal. Nucl. Chem. 248, 267-281, 2001.
- [14] E.E. Ermis and C. Celiktas, 'Determination of Beta Attenuation Coefficients by Means of Timing Method', Ann. Nucl. Energy 41, 115-118, 2012.
- [15] W.S. Kim, H.S. Kim, K.H. Kim, Y.U. Kim, K.H. Kim, 'Gamma-ray Pulse-height Spectrum of  $^{241}\text{Am}$  -Be Source by Li-BC501 ( $n-\gamma$ ) Spectrometer System', J. Radioanal. Nucl. Chem. 215, 257-261, 1997.



## الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن لحل مسائل أمثليات محدبة مقيدة ذات متحولين في فضاءات هلبرت

أ. د. محمد سويقات<sup>1</sup>

د. بشرى عباس<sup>2</sup>

ليال علي<sup>3</sup>

### الملخص

الهدف من هذا البحث هو إيجاد الحلول المثلى لمسألة القيم السرجية المحدبة-المقعرة الموافقة لمسألة أمثليات محدبة مقيدة ذات متحولين في فضاءات هلبرت حقيقية. يتم ذلك بتطبيق طريقة الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن، حيث يتم تحليل التقارب العام نحو الحل الأمثل باستخدام تحليل Lyapunov المقارب، ومن ثم إثبات أن مسارات النظام الديناميكي المقترح تحقق خاصية  $\text{minimizing/ maximizing}$  وتتقارب بضعف نحو الحل الأمثل.

### الكلمات المفتاحية.

مؤثر مضطرب أعظمي، طريقة الاتجاهات المتناوية، تحليل Lyapunov، التقارب الضعيف، تنظيم Levenberg- Marquardt

<sup>1</sup>. أستاذ - قسم الرياضيات- كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية [soueycatt55@hotmail.com](mailto:soueycatt55@hotmail.com)

<sup>2</sup>. مدرسة-قسم الرياضيات- كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية [abbas.boushra@yahoo.com](mailto:abbas.boushra@yahoo.com)

<sup>3</sup>. طالبة دكتوراه - قسم الرياضيات- كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية- سورية

[layal91me@hotmail.com](mailto:layal91me@hotmail.com)

# Continuous Newton-like Dynamics for Solving Constrained Convex Optimization Problem with Two Variables in Real Hilbert Spaces

Dr. Mohamed Soueycatt<sup>4</sup>

Dr .Boushra Abbas<sup>5</sup>

Layal Ali<sup>6</sup>

## Abstract

The aim of this paper is to find the optimal solutions for the saddle-valued convex-concave problem corresponding to the linear constrained convex optimization problem with two variables in real Hilbert spaces. This is achieved by applying the continuous Newton-like dynamical systems, the global convergence towards the optimal solution is analyzed by using Lyapunov asymptotic analysis, then, it is demonstrated that the trajectories of the proposed dynamical system fulfill the minimizing / maximizing property and converge weakly towards the optimal solution.

## Key Words.

Maximal monotone operator; alternating direction method of multipliers; Lyapunov analysis; weak convergence; Levenberg-Marquardt regularization.

---

<sup>4</sup> Professor, Department of mathematics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia , Syria.soueycatt55@hotmail.com

<sup>5</sup> Professor, Department of mathematics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia , Syria.abbas.boushra@yahoo.com

<sup>6</sup> PhD student, Department of mathematics, Faculty of Sciences, Tishreen University , Lattakia , Syria.layal91me@hotmail.com

## 1. مقدمة.

تُعتبر المسائل الأمثلية المحدبة ذات المتحولين والمقيدة بقيود خطية ذات أهمية عالية من الناحيتين النظرية والتطبيقية، وبشكل خاص عندما تُدرس في فضاءات هلبيرت حقيقية غير منتهية الأبعاد إذ أنها في هذه الحالة تُطبَّق بمجالات مختلفة كالمعادلات التفاضلية الجزئية والألعاب وأنظمة التحكم الأمثل وبعض التطبيقات في الميكانيك وغيرها، [1,5,8,10,11].

لتكن  $X, Y, Z$  فضاءات هلبيرت حقيقية؛  $f: X \rightarrow R, g: Y \rightarrow R$  تابعان محدبان وينتميان إلى صف التوابع القابلة للاستنتاج حتى المرتبة الثانية والذي يرمز له بـ  $C^2$ ؛  $A: X \rightarrow Z, B: Y \rightarrow Z$  مؤثران خطيان ومستمران. المسألة المطروحة هي إيجاد العناصر  $(x, y)$  من فضاء الجداء الديكارتي  $X \times Y$  التي تكون حلاً للمسألة الآتية:

$$\min_{x \in X, y \in Y} \{f(x) + g(y) : Ax - By = 0\} \quad , \quad (1.1)$$

تعتمد استراتيجية العمل مع المسألة (1.1) تعتمد على تعريف تابع لاغرانج الموسع (augmented Lagrangian function) المرفق بها، وهو التابع  $L_\rho: X \times Y \times Z \rightarrow R$  المعروف بالعلاقة الآتية:

$$L_\rho(x, y, z) := f(x) + g(y) + \langle z, Ax - By \rangle + \frac{\rho}{2} \|Ax - By\|^2$$

نشير إلى أن  $L_\rho$  هو تابع محدب-مقعر، ويقصد بذلك أنه محدب بالنسبة إلى  $(x, y)$  ومقعر بالنسبة إلى  $z$ .

إن إيجاد حل للمسألة (1.1) يؤول إلى إيجاد نقطة سرجية (saddle point) لتابع لاغرانج الموسع  $L_\rho$  أي إيجاد العناصر  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in X \times Y \times Z$  التي تحقق المتراجحة الآتية:

$$L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z) \leq L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \leq L_\rho(x, y, \bar{z}) \quad , \quad (1.2)$$

وذلك أيًا كانت  $(x, y, z) \in X \times Y \times Z$ . الطريقة الكلاسيكية من أجل حل المسألة (1.1) أو ما يكافئها (1.2)، هي طريقة الاتجاهات المتناوبة (alternating direction method of multipliers)، [7,6,9,14,15]، وهي طريقة تكرارية من الشكل الآتي:

لتكن  $(y^0, z^0) \in Y \times Z$  نقطة بدء كيفية، عندئذ فإن طريقة الاتجاهات المتناوبة تُنتج متتالية  $\{(x^k, y^k, z^k)\}$  في  $X \times Y \times Z$  من العلاقات الآتية:

$$\begin{cases} 0 = \nabla f(x^{k+1}) + A^T z^k + \rho A^T (Ax^{k+1} - By^k) \quad , & (1.3) \\ 0 = \nabla g(y^{k+1}) - B^T z^k + \rho B^T (By^{k+1} - Ax^{k+1}) \quad , & (1.4) \\ 0 = z^{k+1} - z^k + \rho (By^{k+1} - Ax^{k+1}) \quad , & (1.5) \end{cases}$$

بشكل عام، من أجل كل  $k = 1, 2, 3, \dots$  أي في كل خطوة، تحتاج كل من العلاقات (1.3)، (1.4)، (1.5) إلى الحل بطريقة ما، إذ أنه في العديد من المسائل لا يمكن تطبيق هذه العلاقات بصيغها الدقيقة. في هذا المقال نقوم بإيجاد حل لكل من العلاقات (1.3)، (1.4)، (1.5) بتطبيق الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن [2,3,4].

## هدف البحث.

تعميم طريقة الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن من حالة إيجاد أصفار مؤثر مضطرد أعظمي عام إلى حالة إيجاد حلول مسائل القيم السرجية المتعددة المتحولات.

## مواد وطرائق البحث.

تُعطى بعض التعاريف والمفاهيم الأساسية التي تتعلق بالمؤثرات المضطردة الأعظمية ومسألة إيجاد أصفارها، كما تستخدم كل من طريقتي نيوتن المنظمة والاتجاهات المتناوبة.

## 2. تعاريف ومفاهيم أساسية.

ليكن  $X$  فضاء هلبرت حقيقياً معرّف عليه الجداء الداخلي الذي يرمز له بالرمز  $\langle \cdot, \cdot \rangle$ .

• يقال عن تابع  $f: [0, b] \rightarrow X$  حيث  $b > 0$  إنه **مستمر بالإطلاق** (absolutely continuous function)، [4]، إذا تحقق الشرط الآتي:

من أجل كل  $\varepsilon > 0$ ، يوجد  $\eta > 0$  بحيث إنه من أجل كل أسرة منتهية من المجالات  $I_k = ]a_k, b_k[$  يكون:

$$I_i \cap I_j = \emptyset; i \neq j \quad \& \quad \sum |b_k - a_k| \leq \eta \Rightarrow \sum \|f(b_k) - f(a_k)\| \leq \varepsilon$$

• إذا كان  $f: X \rightarrow R$  تابعاً محدباً وقابلاً للاشتقاق، عندئذ يرمز لمشتقه بالرمز  $\nabla f$  ويسمى مؤثر التدرج (gradient operator) للتابع  $f$  وهو مؤثر وحيد القيمة ويحقق المتراجحة الآتية والتي تسمى **متراجحة التحدب**:

$$\forall \xi \in X : f(\xi) \geq f(x) + \langle \nabla f(x), \xi - x \rangle$$

• يقال عن المؤثر  $T: X \rightrightarrows X$  إنه **مؤثر مضطرد** (monotone operator)، [13]، إذا تحققت المتراجحة:

$$\forall y \in T(x), \quad \acute{y} \in T(\acute{x}) : \quad \langle x - \acute{x}, y - \acute{y} \rangle \geq 0, \quad (2.1)$$

• يقال عن المؤثر  $T$  إنه **مضطرد أعظمي** (maximal monotone operator) إذا كان بيانه غير محتوى في بيان أي مؤثر مضطرد آخر معرف على الفضاء  $X$ .

• ليكن  $T: X \rightrightarrows X$  مؤثراً مضطرداً أعظمية معرفاً على فضاء هلبرت  $X$ . مسألة إيجاد أصفار المؤثر المضطرد الأعظمي  $T$ ، هي مسألة إيجاد العناصر  $x \in X$  التي نحقق الآتي:

$$0 \in T(x) \quad , \quad (2.2)$$

لقد اقترحت طريقة الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن (continuous Newton-like dynamical systems) من قبل كل من Attouch and Svaiter في [2] لحل هذه المسألة. نقدم فيما يأتي الأفكار الأساسية لهذه الطريقة.

من أجل إيجاد حل للمسألة (2.2) نبدأ أولاً من حالة معروفة وهي أن المؤثر  $T$  ينتمي إلى صف المؤثرات القابلة للاشتقاق حتى المرتبة الأولى  $C^1$ ، نرسم لمشتقه بـ  $T'$ . في هذه الحالة، من أجل إيجاد أصفار المؤثر  $T$  نستخدم طريقة تنظيم **Levenberg-Marquardt** وهي طريقة تكرارية تبدأ من  $x^0 \in X$  كيفية وتتبع متتالية في  $X$  من العلاقات الآتية:

$$T(x^k) + (\lambda_k I + T'(x^k)) \left( \frac{x^{k+1} - x^k}{\Delta t_k} \right) = 0 ; \Delta t_k > 0 , \quad (2.3)$$

حيث  $I: X \rightarrow X$  هو المؤثر الواحد على  $X$ ، و  $\{\lambda_k\}$  متتالية أعداد حقيقية موجبة.

قدم Attouch and Svaiter في [2] صياغة للعلاقة (2.3) بواسطة الأنظمة الديناميكية المستمرة، لتأخذ الشكل:

$$\lambda(t)\dot{x}(t) + T'(x(t))\dot{x}(t) + T(x(t)) = 0 , \quad (2.4)$$

حيث  $\dot{x}(t) = \frac{d}{dt}x(t)$  هو مشتق التطبيق  $x(t)$  بالنسبة للزمن  $t$ ، والتطبيق  $\lambda(t)$  هو تابع حقيقي موجب القيم. بملاحظة أن  $\frac{d}{dt}T(x(t)) = T'(x(t))\dot{x}(t)$ ، نستطيع كتابة (2.4) على الشكل الآتي:

$$\begin{cases} v(t) = T(x(t)) \\ \lambda(t)\dot{x}(t) + \dot{v}(t) + v(t) = 0 \end{cases} , \quad (2.5)$$

لننتقل الآن إلى حالة المؤثر المضطرب الأعظمي العام [المتعدد القيم]، عندئذ (2.5) تأخذ الشكل الآتي:

$$\begin{cases} v(t) \in T(x(t)) \\ \lambda(t)\dot{x}(t) + \dot{v}(t) + v(t) = 0 \end{cases} , \quad (2.6)$$

تشكل العلاقات (2.6) النظام الديناميكي المستمر شبيه نيوتن والمقترح في [2] من أجل حل مسألة إيجاد أصفار مؤثر مضطرب أعظمي، أي المسألة (2.2).

استراتيجية العمل مع النظام الديناميكي (2.6) المقترح بهدف إيجاد الحلول للمسألة (2.2)، تتلخص في دراسة تقارب مسارات النظام (2.6) نحو صفر للمؤثر  $T$  عندما يسعى الزمن نحو اللانهاية. لنذكر فيما يأتي ببعض النتائج التي نستخدم لاحقاً في دراستنا.

**مبرهنة 2.1** [4, lemma 5.1]: إذا كان  $F: [0, \infty[ \rightarrow \mathbb{R}$  تابعاً مستمراً بالإطلاق، ومحدوداً من الأدنى، وكان  $G \in L^1([0, \infty[)$  يحقق تقريباً لكل  $t > 0$ ، (for almost all)، المتراجحة  $\frac{d}{dt}F(t) \leq G(t)$  عندئذ النهاية الآتية  $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t)$  موجودة في  $\mathbb{R}$ .

**مبرهنة 2.2** [4, lemma 5.2]: إذا كان  $F \in L^p([0, \infty[)$ ،  $1 \leq p < \infty$ ،  $1 \leq r \leq \infty$  تابعاً مستمراً بالإطلاق وغير سالب، وكان  $G \in L^r([0, \infty[)$ ، وإذا تحققت أيضاً تقريباً لكل  $t > 0$  المتراجحة  $\frac{d}{dt}F(t) \leq G(t)$  عندئذ يكون  $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 0$

**مبرهنة 2.3** [12]: لنكن  $S$  مجموعة غير خالية في  $X$  و  $x(\cdot): [0, \infty[ \rightarrow X$  مساراً ما، نفرض أن لكل  $z$  من  $S$  فإن النهاية الآتية  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - z\|$  موجودة، وأن كل نقطة لاصقة لضعيفة  $x$  (بالنسبة للتبولوجيا الضعيفة المعرفة على  $X$ ) تنتمي إلى  $S$  عندئذ يكون:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t)) = x_\infty \quad ; \quad x_\infty \in S$$

ملاحظة: جميع التكاملات في هذا المقال هي حسب مفهوم ليبيغ.

### 3. النتائج ومناقشتها.

لنعرف التطبيق  $v(\cdot): [0, +\infty[ \rightarrow X \times Y \times Z$  بالشكل الآتي:

$$v(t) := \begin{pmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \\ v_3(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \nabla f(x(t)) + \rho A^T A x(t) \\ \nabla g(y(t)) + \rho B^T B y(t) \\ B y(t) - A x(t) \end{pmatrix}$$

عندئذ نستطيع تطبيق طريقة الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن [2,3]، على كل من العلاقات (1.3)، (1.4)، (1.5)، وبالتالي نحصل على النظام الديناميكي المستمر شبيه نيوتن والمطبق على طريقة الاتجاهات المتناوبة وهو بالشكل الآتي:

$$\begin{aligned} \lambda(t)\dot{x}(t) + \nabla^2 f(x(t))\dot{x}(t) + \rho A^T A \dot{x}(t) + \nabla f(x(t)) + \rho A^T A x(t) + \\ + A^T \bar{z} - \rho A^T B \bar{y} = 0 \quad , \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \lambda(t)\dot{y}(t) + \nabla^2 g(y(t))\dot{y}(t) + \rho B^T B \dot{y}(t) + \nabla g(y(t)) + \rho B^T B y(t) + \\ - B^T \bar{z} - \rho B^T A x(t) = 0 \quad , \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\lambda(t)\dot{z}(t) + \rho(B\dot{y}(t) - A\dot{x}(t)) + \rho(B y(t) - A x(t)) = 0 \quad , \quad (3.3)$$

حيث:  $\bar{y} \in Y, \bar{z} \in Z$  عنصران مثبتان كفيان،  $x(\cdot)$  في (3.2) هي المسار (trajectory) الناتج من حل (3.1)، و  $[0, +\infty[ \rightarrow [0, +\infty[$ :  $\lambda(\cdot)$  تابع التنظيم وهو تابع مستمر بالإطلاق على كل مجال مغلق ومحدود من الشكل  $[0, b], 0 < b < \infty$  ، وبالتالي فإن المشتق  $\dot{\lambda}(\cdot)$  موجود تقريباً لكل  $t > 0$  ، كما أنه قابل للمكاملة حسب مفهوم ليبينغ على كل مجال مغلق ومحدود  $[0, b], 0 < b < \infty$ .

سنفترض من الآن وصاعداً أن  $[0, +\infty[ \rightarrow X \times Y \times Z$ :  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  هو حل عام قوي [2, Definition 2.2] ، (strong global solution) للجملة (3.1) – (3.3) وأن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in X \times Y \times Z$  نقطة كيفية مثبتة.

في المبرهنة الآتية نثبت صحة بعض العلاقات الهامة التي تحققها مسارات النظام (3.1) – (3.3).

**مبرهنة 3.1** من أجل تقريباً كل (for almost all)  $t \in [0, +\infty[$  ، تكون المتراجحات الآتية صحيحة:

$$\langle \nabla^2 f(x(t)) \dot{x}(t) + \rho A^T A \dot{x}(t), \dot{x}(t) \rangle \geq 0 \quad , \quad (3.4)$$

$$\langle \nabla^2 g(y(t)) \dot{y}(t) + \rho B^T B \dot{y}(t), \dot{y}(t) \rangle \geq 0 \quad , \quad (3.5)$$

$$\langle B \dot{y}(t) - A \dot{x}(t), \dot{z}(t) \rangle \geq 0 \quad , \quad (3.6)$$

**البرهان.** لدينا  $\nabla f(x) + \rho A^T A x$  مؤثر مضطرد أعظمي وبالتالي لكل  $t \in [0, +\infty[$  يكون:

$$\langle \nabla f(x(t+h)) + \rho A^T A x(t+h) - (\nabla f(x(t)) + \rho A^T A x(t)), x(t+h) - x(t) \rangle \geq 0$$

نقسم طرفي المتراجحة الأخيرة على  $h^2$  ونأخذ النهايات عندما  $h \rightarrow 0$  فنجد العلاقة (3.4). وبشكل مشابه نبين

صحة كل من العلاقتين (3.5) و (3.6). ■

**مبرهنة 3.2** ليكن  $[0, +\infty[ \rightarrow X \times Y \times Z$ :  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  مسار حل عام قوي للنظام الديناميكي

$$(3.1) - (3.3) ، ولتكن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in X \times Y \times Z$  نقطة مثبتة كفيماً، عندئذ:$$

التابع  $t \mapsto L_\rho(x(t), y(t), \bar{z})$  غير متزايد، والتابع  $t \mapsto L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t))$  غير متناقص.

**البرهان.** لنشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.1) بالمتجه  $\dot{x}(\cdot)$  ، كما نشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.2)

بالمتجه  $\dot{y}(\cdot)$  ، و نجمع المعادلتين الناتجتين نجد:

$$\begin{aligned} & \langle \nabla f(x(t)) + \rho A^T A x(t) + A^T \bar{z} - \rho A^T B \bar{y}, \dot{x}(t) \rangle + \langle \nabla g(y(t)), \dot{y}(t) \rangle + \\ & + \langle \rho B^T B y(t) - B^T \bar{z} - \rho B^T A x(t), \dot{y}(t) \rangle = -\lambda(t) \|\dot{x}(t)\|^2 - \lambda(t) \|\dot{y}(t)\|^2 + \end{aligned}$$

$$-\langle \nabla^2 f(x(t))\dot{x}(t) + \rho A^T A\dot{x}(t), \dot{x}(t) \rangle - \langle \nabla^2 g(y(t))\dot{y}(t) + \rho B^T B\dot{y}(t), \dot{y}(t) \rangle$$

نستخدم العلاقتين (3.4), (3.5) مع الفرض أن  $\lambda(\cdot) > 0$  نحصل على:

$$\begin{aligned} & \langle \nabla f(x(t)) + \rho A^T Ax(t) + A^T \bar{z} - \rho A^T By(t), \dot{x}(t) \rangle + \langle \nabla g(y(t)), \dot{y}(t) \rangle + \\ & + \langle \rho B^T By(t) - B^T \bar{z} - \rho B^T Ax(t), \dot{y}(t) \rangle + \langle \rho A^T B(y(t) - \bar{y}), \dot{x}(t) \rangle \leq 0 \end{aligned}$$

وبحساب المشتق  $\frac{d}{dt} L_\rho(x(t), y(t), \bar{z})$  نحصل من العلاقة الأخيرة على:

$$\frac{d}{dt} L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) \leq -\rho \langle y(t) - \bar{y}, B^T A\dot{x}(t) \rangle , \quad (3.7)$$

لنشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.3) بالمتجه  $-\dot{z}(\cdot)$  وبما أن  $\lambda(\cdot) > 0$ ,  $\rho > 0$  نجد باستخدام العلاقة

$$(3.6) \text{ أن: } \langle Ax(t) - By(t), \dot{z}(t) \rangle \geq 0 , \text{ وبحساب المشتق } \frac{d}{dt} L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) \text{ نجد:}$$

$$\frac{d}{dt} L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) \geq \langle B(y(t) - \bar{y}) - A(x(t) - \bar{x}), \dot{z}(t) \rangle , \quad (3.8)$$

التابع  $\theta_1(y) := \langle y, -B^T A\dot{x}(t) \rangle$  مقعر، ومنه مؤثر التدرج  $(-\nabla_y \theta_1)(y)$  مضطرد أعظمي، وبالاستفادة من تعريف المؤثر المضطرد، يمكننا أن نثبت أن:

$$\langle y(t) - \bar{y}, B^T A\dot{x}(t) \rangle \geq 0 , \quad (3.9)$$

بشكل مشابه، نستطيع إثبات أن:

$$\langle B(y(t) - \bar{y}) - A(x(t) - \bar{x}), \dot{z}(t) \rangle \geq 0 , \quad (3.10)$$

نستبدل العلاقة (3.9) في (3.7)، ونستبدل العلاقة (3.10) في (3.8) نحصل على:

$$\frac{d}{dt} L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) \leq 0 \leq \frac{d}{dt} L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t))$$

والتي تعني أن  $L_\rho(x(t), y(t), \bar{z})$  غير متزايد، وأن  $L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t))$  غير متناقص. ■

الآن سنبين في المبرهنة الآتية أن المسارات  $[0, +\infty[ \rightarrow X \times Y \times Z$  الناتجة من النظام

الديناميكي (3.1) - (3.3) تحقق خاصية الـ minimizing/maximizing، أي أنها مسارات تصغر/ تكبر تابع

لاغرانج الموسع.

**مبرهنة 3.3** بفرض أن التابع  $\lambda(\cdot)$  غير متزايد، ولتكن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in X \times Y \times Z$  نقطة مثبتة كفيماً، عندئذ كل

مسار حل عام قوي  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  للنظام الديناميكي (3.1) – (3.3) يحقق الآتي:

$$L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) \leq L_\rho(x(t), y(t), z(t)) \leq L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) \quad , \quad (3.24)$$

البرهان.

بداية لا بد من تعريف بعض التوابع التي تساعد في إثبات هذه المبرهنة. نفرض أن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in X \times Y \times Z$

نقطة كفيمة مثبتة، ونعرّف التوابع الثلاثة الآتية:

$$\Phi_1(x) = f(x) + \langle \bar{z}, Ax \rangle + \frac{\rho}{2} \|Ax - B\bar{y}\|^2 \quad , \quad (3.11)$$

$$\Phi_2(x, y) = g(y) - \langle \bar{z}, By \rangle + \frac{\rho}{2} \|Ax - By\|^2 \quad , \quad (3.12)$$

$$\Phi_3(x, y, z) = L_\rho(x, y, z) + \langle z, A\bar{x} - B\bar{y} \rangle \quad , \quad (3.13)$$

بما أن  $f(x)$  تابع محدب، ومن كون كلاً من الجداء الداخلي  $\langle \cdot, \cdot \rangle$  والنظيم  $\|\cdot\|^2$  تابع خطي، فنجد أن  $\Phi_1(x)$

تابع محدب، كذلك  $\Phi_2(x, y)$  محدب لأن  $g(y)$  بالفرض محدب. ومن كون  $L_\rho$  مقعر بالنسبة إلى  $z$  نجد أن

$\Phi_3$  مقعر بالنسبة إلى  $z$ .

نشق التابع  $\Phi_1$  بالنسبة إلى  $x$ ، كما نشق التابع  $\Phi_2$  بالنسبة إلى كل من  $x$  و  $y$  نحصل على:

$$\nabla_x \Phi_1(x) = \nabla f(x) + A^T \bar{z} + \rho A^T Ax - \rho AB\bar{y} \quad , \quad (3.14)$$

$$\nabla_y \Phi_2(x, y) = \nabla g(y) - B^T \bar{z} + \rho B^T By - \rho B^T Ax \quad , \quad (3.15)$$

$$\nabla_x \Phi_2(x, y) = \rho A^T Ax - \rho A^T By \quad , \quad (3.16)$$

كذلك نشق التابع  $\Phi_3 -$  بالنسبة إلى  $z$  نحصل على:

$$\nabla_z (-\Phi_3)(x, y, z) = By - Ax + B\bar{y} - A\bar{x} \quad , \quad (3.17)$$

نعرف التوابع  $\psi_1(\cdot), \psi_2(\cdot), \psi_3(\cdot)$  بالعلاقات الآتية:

$$\psi_1(t) = \phi_1(\bar{x}) - \phi_1(x(t)) + \langle x(t) - \bar{x}, \nabla f(x(t)) \rangle + \rho A^T A x(t) + A^T \bar{z} - \rho A^T B \bar{y}, \quad (3.18)$$

$$\begin{aligned} \psi_2(t) &= \phi_2(x(t), \bar{y}) - \phi_2(x(t), y(t)) + \langle y(t) - \bar{y}, \nabla g(y(t)) \rangle + \\ &+ \langle y(t) - \bar{y}, \rho B^T B y(t) - B^T \bar{z} - \rho B^T A x(t) \rangle, \end{aligned} \quad (3.19)$$

$$\begin{aligned} \psi_3(t) &= \phi_3(x(t), y(t), \bar{z}) + (-\phi_3)(x(t), y(t), z(t)) + \\ &- \langle z(t) - \bar{z}, B y(t) - A x(t) + B \bar{y} - A \bar{x} \rangle, \end{aligned} \quad (3.20)$$

بالاستفادة من متراجحة التحدب، وبما أن كلا من التابعين  $\phi_1(x), \phi_2(x, y)$  محدب، نجد أن

$$\psi_1(t) \geq 0, \psi_2(t) \geq 0 \text{، وبما أن التابع } \phi_3(x, y, z) \text{ مقعر بالنسبة إلى } z, \text{ نجد أن } \psi_3(t) \leq 0$$

نشق كل من التوابع  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  بالنسبة الى  $t$  نحصل على:

$$\frac{d}{dt} \psi_1(t) = \langle x(t) - \bar{x}, \nabla^2 f(x(t)) \dot{x}(t) \rangle + \rho A^T A \dot{x}(t), \quad (3.21)$$

$$\frac{d}{dt} \psi_2(t) = \langle y(t) - \bar{y}, \nabla^2 g(y(t)) \dot{y}(t) \rangle + \rho B^T B \dot{y}(t) - \rho \langle y(t) - \bar{y}, B^T A \dot{x}(t) \rangle, \quad (3.22)$$

$$\frac{d}{dt} \psi_3(t) = -\langle z(t) - \bar{z}, B \dot{y}(t) - A \dot{x}(t) \rangle, \quad (3.23)$$

نلاحظ أن:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\lambda(t)}{2} [\|x(t) - \bar{x}\|^2 + \|y(t) - \bar{y}\|^2] &= \lambda(t) \langle x(t) - \bar{x}, \dot{x}(t) \rangle + \\ &+ \lambda(t) \langle y(t) - \bar{y}, \dot{y}(t) \rangle + \frac{\dot{\lambda}(t)}{2} [\|x(t) - \bar{x}\|^2 + \|y(t) - \bar{y}\|^2], \end{aligned} \quad (3.25)$$

لنشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.1) بالمتجه  $(x(t) - \bar{x})$ ، أيضاً نشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.2) بالمتجه  $(y(t) - \bar{y})$ ، نجمع الناتجين، وباستخدام العلاقات السابقة (3.25), (3.22), (3.21)، ينتج لدينا من العلاقات (3.18), (3.19) أن:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left[ \frac{\lambda(t)}{2} (\|x(t) - \bar{x}\|^2 + \|y(t) - \bar{y}\|^2) + \psi_1(t) + \psi_2(t) \right] &\leq \\ &\leq \phi_1(\bar{x}) - \phi_1(x(t)) + \phi_2(x(t), \bar{y}) - \phi_2(x(t), y(t)) - \rho \langle y(t) - \bar{y}, B^T A \dot{x}(t) \rangle, \end{aligned} \quad (3.26)$$

من (3.9) وبملاحظة (3.12), (3.11) نجد:

$$\phi_1(\bar{x}) - \phi_1(x(t)) + \phi_2(x(t), \bar{y}) - \phi_2(x(t), y(t)) =$$

$$= L_{\rho}(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) - L_{\rho}(x(t), y(t), z(t)) - \langle z(t) - \bar{z}, B(y(t) - \bar{y}) - A(x(t) - \bar{x}) \rangle , \quad (3.27)$$

نستبدل (3.27) في (3.26):

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \left[ \frac{\lambda(t)}{2} (\|x(t) - \bar{x}\|^2 + \|y(t) - \bar{y}\|^2) + \psi_1(t) + \psi_2(t) \right] \leq \\ & \leq L_{\rho}(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) - L_{\rho}(x(t), y(t), z(t)) - \langle z(t) - \bar{z}, B(y(t) - \bar{y}) - A(x(t) - \bar{x}) \rangle , \quad (3.28) \end{aligned}$$

بشكل مشابه لبرهان المتراجحات (3.10), (3.9) نثبت أن:

$$\langle z(t) - \bar{z}, B(y(t) - \bar{y}) - A(x(t) - \bar{x}) \rangle \geq 0 , \quad (3.29)$$

نستبدل العلاقة (3.29) في (3.28):

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{\lambda(t)}{2} (\|x(t) - \bar{x}\|^2 + \|y(t) - \bar{y}\|^2) + \psi_1(t) + \psi_2(t) \right] \leq L_{\rho}(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) - L_{\rho}(x(t), y(t), z(t)) \quad (3.30)$$

من كون التابع  $\frac{\lambda(\cdot)}{2} (\|x(\cdot) - \bar{x}\|^2 + \|y(\cdot) - \bar{y}\|^2) + \psi_1(\cdot) + \psi_2(\cdot)$  غير سالب، و بمكاملة طرفي العلاقة (3.30) على مجال  $[0, T]$ ,  $T > 0$  نجد:

$$\begin{aligned} & L_{\rho}(x(t), y(t), z(t)) - L_{\rho}(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) \leq \\ & \leq \frac{1}{T} \frac{\lambda(0)}{2} \|x(0) - \bar{x}\|^2 + \frac{1}{T} \left[ \frac{\lambda(0)}{2} \|y(0) - \bar{y}\|^2 + \psi_1(0) + \psi_2(0) \right] \end{aligned}$$

بأخذ النهايات لطرفي المتراجحة الأخيرة عندما  $T \rightarrow +\infty$  نجد:

$$L_{\rho}(x(t), y(t), z(t)) \leq L_{\rho}(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) : \quad \forall \bar{x} \in X, \forall \bar{y} \in Y , \quad (3.31)$$

لنشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.3) بالمتجه  $\frac{-1}{\rho}(z(t) - \bar{z})$ :

$$-\frac{1}{\rho} \lambda(t) \langle z(t) - \bar{z}, \dot{z}(t) \rangle - \langle z(t) - \bar{z}, B\dot{y}(t) - A\dot{x}(t) + (By(t) - Ax(t)) \rangle = 0 , \quad (3.32)$$

نلاحظ أن:

$$\frac{d}{dt} \left( -\frac{\lambda(t)}{2\rho} \|z(t) - \bar{z}\|^2 \right) = -\frac{\lambda(t)}{\rho} \langle z(t) - \bar{z}, \dot{z}(t) \rangle - \frac{\dot{\lambda}(t)}{2\rho} \|z(t) - \bar{z}\|^2 , \quad (3.33)$$

من العلاقات (3.23), (3.32), (3.33) وبما أن  $\lambda(t)$  غير متزايد، وبما أن التابع  $\psi_3(t)$  غير موجب وبالتالي  $-\psi_3(t) \geq 0$  ومن العلاقة (3.13) نحصل على:

$$-\frac{d}{dt} \left( \frac{\lambda(t)}{2\rho} \|z(t) - \bar{z}\|^2 - \psi_3(t) \right) \geq L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(x(t), y(t), z(t))$$

بالمكاملة على مجال  $[0, T], T > 0$  و من كون  $\left( \frac{\lambda(\cdot)}{2} \|z(\cdot) - \bar{z}\|^2 - \psi_3(\cdot) \right)$  غير سالب، نجد:

$$L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(x(t), y(t), z(t)) \leq \frac{1}{T} \left( \frac{\lambda(0)}{2\rho} \|z(0) - \bar{z}\|^2 - \psi_3(0) \right)$$

نأخذ النهايات عندما  $T \rightarrow +\infty$ :

$$L_\rho(x(t), y(t), z(t)) \geq L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) \quad , \quad (3.34)$$

من العلاقتين (3.31), (3.34) نستنتج صحة العلاقة (3.24). ■

نرمز بـ  $S$  لمجموعة النقاط السرجية للتابع  $L_\rho$ . من أجل دراسة السلوك المقارب للمسارات

$(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot)): [0, +\infty[ \rightarrow X \times Y \times Z$  ، نقوم بتعريف التابع الغير سالب الآتي:

$$\Gamma(t) := \frac{1}{2} \|x(t) - \bar{x}\|^2 + \frac{1}{2} \|y(t) - \bar{y}\|^2 + \frac{1}{2\rho} \|z(t) - \bar{z}\|^2 + \frac{1}{\lambda(t)} [\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)]$$

(3.35)

وجدنا في المبرهنة 3.3 أن المسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  مصغر/ مكبر للتابع  $L_\rho$  ، وبالتالي الشرط اللازم لكي

تكون هذه المسارات محدودة هو أن توجد نقاط سرجية للتابع  $L_\rho$ ، أي أن يكون  $S \neq \emptyset$ . بعد اشتقاق التابع  $\Gamma(\cdot)$

بالنسبة إلى  $t$  نحصل على:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \Gamma(t) &= -\frac{1}{\lambda(t)} \left( 1 + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda(t)} \right) (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) - \frac{\rho}{\lambda(t)} \langle y(t) - \bar{y}, B^T A \dot{x}(t) \rangle + \\ &- \frac{1}{\lambda(t)} \left[ L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(x(t), y(t), z(t)) - (L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) - L_\rho(x(t), y(t), z(t))) \right] + \\ &- \frac{1}{\lambda(t)} \langle z(t) - \bar{z}, B(y(t) - \bar{y}) - A(x(t) - \bar{x}) \rangle \quad , \quad (3.36) \end{aligned}$$

**مبرهنة 3.4** نفرض أن  $S \neq \emptyset$ ، ونفرض أنه من أجل تقريباً كل  $t > 0$  تتحقق المترابحة الآتية:

$$1 + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda(t)} \geq 0 \quad , \quad (3.37)$$

عندئذ لدينا الآتي صحيحاً:

①. من أجل أي  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in S$  يكون التابع  $\Gamma (\cdot)$  متناقصاً، كما يتحقق ما يلي:

$$\left\{ \frac{1}{\lambda(t)} [L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(x(t), y(t), z(t))] + \frac{1}{\lambda(t)} [L_\rho(x(t), y(t), z(t)) - L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t))] \right\} \\ \in L^1([0, \infty[) \quad , \quad (3.38)$$

$$\frac{1}{\lambda(t)} (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) \in L^1([0, \infty[) \quad , \quad (3.39)$$

②. المسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  محدود.

$$\|\dot{x}(t)\|^2 + \|\dot{y}(t)\|^2 + \frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\|^2 \in L^1([0, \infty[, X \times Y \times Z) \quad , \quad (3.40) \quad . \textcircled{3}$$

البرهان. ①. بما أن  $\lambda(t) > 0, \rho > 0$ ، عندئذ نستنتج من العلاقات (3.9), (3.29), (3.36) أن:

$$\frac{d}{dt} \Gamma (t) \leq -\frac{1}{\lambda(t)} \left( 1 + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda(t)} \right) (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) + \\ -\frac{1}{\lambda(t)} \left[ L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(x(t), y(t), z(t)) - (L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) - L_\rho(x(t), y(t), z(t))) \right]$$

بما أن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in S$ ، يكون  $L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) \geq L_\rho(x(t), y(t), z(t))$ ، أيضاً يكون

$$\frac{d}{dt} \Gamma (t) \leq 0 \quad \text{أن (3.49) العلاقة ومن ذلك ومن العلاقة (3.49) } \frac{d}{dt} \Gamma (t) \leq 0 \text{ الأمر الذي}$$

يعني أن  $\Gamma (t)$  متناقص. من العلاقات (3.9), (3.29), (3.37) نجد:

$$\frac{d}{dt} \Gamma (t) \leq -\frac{1}{\lambda(t)} [L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(x(t), y(t), z(t))] + \\ -\frac{1}{\lambda(t)} [L_\rho(x(t), y(t), z(t)) - L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) + \psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)]$$

بما أن  $\Gamma$  متناقص وكل من التوابع التي داخل الأقواس غير سالبة، فهي توابع قابلة للمكاملة حسب مفهوم ليبينغ،

الأمر الذي يثبت صحة كل من العلاقتين (3.38), (3.39)

②. من العلاقة (3.35) ومن كون  $\Gamma$  متناقص نجد:

$$0 \leq \frac{1}{2} \|x(t) - \bar{x}\|^2 + \frac{1}{2} \|y(t) - \bar{y}\|^2 + \frac{1}{2\rho} \|z(t) - \bar{z}\|^2 \leq \Gamma (t) \leq \Gamma (0)$$

والتي تقتضي ان المسار يبقى محدوداً .

③. لتكن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in S$  نقطة مثبتة كيفية، ولنعرف التوابع الغير سالبة الاتية:

$$\Delta_1(t) := L_\rho(x(t), y(t), z(t)) - L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) \quad , \quad (3.41)$$

$$\Delta_2(t) := L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(x(t), y(t), z(t)) \quad , \quad (3.42)$$

نلاحظ أنه من كون  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in S$  فإن  $B\bar{y} - A\bar{x} = 0$  وبالتالي  $\frac{d}{dt}L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) = 0$

الآن لنشتق كل من التابعين  $\frac{1}{\lambda(t)}\Delta_1(t)$  و  $\frac{1}{\lambda(t)}\Delta_2(t)$  نجد:

$$\frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} \Delta_1(t) = \frac{1}{\lambda(t)} \frac{d}{dt} L_\rho(x(t), y(t), z(t)) - \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda^2(t)} \Delta_1(t) \quad , \quad (3.43)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} \Delta_2(t) = \frac{1}{\lambda(t)} [\langle z(t) - \bar{z}, B\dot{y}(t) - A\dot{x}(t) \rangle + \langle \dot{z}(t), B y(t) - A x(t) \rangle] - \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda^2(t)} \Delta_2(t) \quad , \quad (3.44)$$

لنشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.1) بالمتجه  $\frac{1}{\lambda(t)}\dot{x}(t)$ ، وللعلاقة (3.2) بالمتجه  $\frac{1}{\lambda(t)}\dot{y}(t)$

ثم نجمع المعادلتين الناتجتين، ومن العلاقات (3.9), (3.5), (3.4) ، فإن المتراحة السابقة تصبح بالشكل:

$$\begin{aligned} & \|\dot{x}(t)\|^2 + \|\dot{y}(t)\|^2 + \frac{1}{\lambda(t)} \frac{d}{dt} L_\rho(x(t), y(t), z(t)) + \\ & + \frac{1}{\lambda(t)} [\langle z(t) - \bar{z}, B\dot{y}(t) - A\dot{x}(t) \rangle - \langle \dot{z}(t), A x(t) - B y(t) \rangle] \leq 0 \quad , \quad (3.45) \end{aligned}$$

نستبدل العلاقة (3.43) في (3.45) نجد:

$$\begin{aligned} & \|\dot{x}(t)\|^2 + \|\dot{y}(t)\|^2 + \frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} \Delta_1(t) + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda^2(t)} \Delta_1(t) + \\ & + \frac{1}{\lambda(t)} [\langle z(t) - \bar{z}, B\dot{y}(t) - A\dot{x}(t) \rangle - \langle \dot{z}(t), A x(t) - B y(t) \rangle] \leq 0 \quad , \quad (3.46) \end{aligned}$$

لنشكل الجداء الداخلي للعلاقة (3.3) بالمتجه  $\frac{1}{\lambda(t)}\dot{z}(t)$  من (3.6) ومن العلاقة (3.44) ينتج أن:

$$\frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\|^2 + \frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} \Delta_2(t) - \frac{1}{\lambda(t)} \langle z(t) - \bar{z}, B\dot{y}(t) - A\dot{x}(t) \rangle + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda^2(t)} \Delta_2(t) \leq 0 \quad , \quad (3.47)$$

نجمع العلاقتين (3.46), (3.47) نحصل على:

$$\begin{aligned} \|\dot{x}(t)\|^2 + \|\dot{y}(t)\|^2 + \frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\|^2 + \frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} (\Delta_1(t) + \Delta_2(t)) + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda^2(t)} (\Delta_1(t) + \Delta_2(t)) &\leq \\ &\leq \frac{1}{\lambda(t)} \langle \dot{z}(t), Ax(t) - By(t) \rangle \end{aligned}$$

بما أن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in S$  فإن  $B\bar{y} - A\bar{x} = 0$  من العلاقة (3.10) نحصل على:

$$\|\dot{x}(t)\|^2 + \|\dot{y}(t)\|^2 + \frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\|^2 + \frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} (\Delta_1(t) + \Delta_2(t)) \leq -\frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda^2(t)} (\Delta_1(t) + \Delta_2(t)) \quad (3.48)$$

من العلاقة (3.37) لدينا  $\frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda(t)} \geq -1$  ومنه  $\frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda^2(t)} \leq \frac{1}{\lambda(t)}$  وبالتالي تصبح العلاقة (3.48) بالشكل:

$$\|\dot{x}(t)\|^2 + \|\dot{y}(t)\|^2 + \frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\|^2 + \frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} (\Delta_1(t) + \Delta_2(t)) \leq \frac{1}{\lambda(t)} (\Delta_1(t) + \Delta_2(t)), \quad (3.49)$$

من أجل أي  $T > 0$  نكامل الطرفين على مجال  $[0, T]$  نحصل على:

$$\begin{aligned} \int_0^T \left( \|\dot{x}(t)\|^2 + \|\dot{y}(t)\|^2 + \frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\|^2 \right) dt + \frac{1}{\lambda(T)} (\Delta_1(T) + \Delta_2(T)) &\leq \\ &\leq \frac{1}{\lambda(0)} (\Delta_1(0) + \Delta_2(0)) + \int_0^T \frac{1}{\lambda(t)} (\Delta_1(t) + \Delta_2(t)) dt \end{aligned}$$

بما أن  $\Delta_1(\cdot) + \Delta_2(\cdot)$  غير سالب وحسب العلاقتين (3.38), (3.39) نحصل على المطلوب. ■

**مبرهنة 3.5** بفرض أن:

$$\int_0^{+\infty} \frac{1}{\lambda(t)} dt = +\infty \quad (3.50)$$

ومن أجل تقريباً كل  $t > 0$  نفرض أن المترابحة الآتية صحيحة:

$$1 + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda(t)} \geq 0 \quad (3.51)$$

عندئذ:  $\lim_{t \rightarrow +\infty} L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) = \inf_{X \times Y} L_\rho$ ,  $\lim_{t \rightarrow +\infty} L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) = \sup_Z L_\rho$

وعلاوة على ذلك إذا كانت  $S \neq \emptyset$  فإن المسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  يكون محدود، وكل النقاط اللاصقة بالمسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  هي نقاط سرجية لتابع لاغرانج الموسع  $L_\rho$ .

البرهان. لتكن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in X \times Y \times Z$ . نعرف التابعين الغير سالبين الآتيين:

$$\varphi_1(t) := \frac{1}{\lambda(t)} (\psi_1(t) + \psi_2(t)) + \frac{1}{2} \|\bar{x} - x(t)\|^2 + \frac{1}{2} \|\bar{y} - y(t)\|^2 \quad , \quad (3.52)$$

$$\varphi_2(t) := -\frac{1}{\lambda(t)} \psi_3(t) + \frac{1}{2\rho} \|\bar{z} - z(t)\|^2 \quad , \quad (3.53)$$

نشقق التابع  $\varphi_1(t)$ ، من العلاقات (3.1), (3.2), (3.21), (3.22), (3.9), (3.18), (3.19) مع استخدام (3.51) تؤدي إلى:

$$\frac{1}{\lambda(t)} [L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})] \leq -\frac{d}{dt} \varphi_1(t)$$

بمكاملة الطرفين على  $[0, t]$  ومن كون  $\varphi_1$  غير سالب نحصل على:

$$[L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) - L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})] \int_0^t \frac{1}{\lambda(s)} ds \leq \varphi_1(0) - \varphi_1(t) \leq \varphi_1(0)$$

نقسم الطرفين على  $\int_0^t \frac{1}{\lambda(s)} ds$  و نأخذ النهايات عندما  $t \rightarrow +\infty$  ونستخدم (3.50) نحصل على:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) \leq L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$$

وبالتالي:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} L_\rho(x(t), y(t), \bar{z}) = \inf_{X \times Y} L_\rho \quad , \quad (3.54)$$

الآن لنشتق  $\varphi_2$ ، حيث نجد من العلاقات (3.3), (2.23), (3.20) ، ومن كون  $\psi_3(t) \leq 0$  وباستخدام العلاقتين (3.51), (3.29) أن:

$$\frac{1}{\lambda(t)} [L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) - L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t))] \leq -\frac{d}{dt} \varphi_2(t)$$

بمكاملة الطرفين على  $[0, t]$  ومن كون  $\varphi_2$  غير سالب نحصل على:

$$[L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) - L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t))] \int_0^t \frac{1}{\lambda(s)} ds \leq \varphi_2(0) - \varphi_2(t) \leq \varphi_2(0)$$

نقسم الطرفين على  $\int_0^t \frac{1}{\lambda(s)} ds$  ونأخذ النهايات عندما  $t \rightarrow +\infty$  ونستخدم العلاقة (3.50) نحصل على

$$\lim_{t \rightarrow \infty} L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) \geq L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \quad \forall \bar{z} \in Z$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} L_\rho(\bar{x}, \bar{y}, z(t)) = \sup_Z L_\rho \quad , \quad (3.55)$$

نستنتج من العلاقتين (3.54), (3.55) أن المسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  هو مصغر/ مكبر للتابع  $L_\rho$

بما أن  $f, g \in C^2$  نستنتج أن تدرج  $L_\rho$  بالنسبة لكل من  $x, y, z$  مستمر، ومنه يكون  $(\nabla_{x,y} L_\rho, -\nabla_z L_\rho)$  مغلقاً في الفضاء  $(X \times Y \times Z) \times (X \times Y \times Z)$ . بما أن المسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  مصغر/مكبر لـ  $L_\rho$  فإن كلاً من  $v_1(t) := \nabla_x L_\rho(x(t), y(t), z(t))$  و  $v_2(t) := \nabla_y L_\rho(x(t), y(t), z(t))$

$v_3(t) := -\nabla_z L_\rho(x(t), y(t), z(t))$  تسعى نحو الصفر عندما  $t \rightarrow \infty$ . أي أن  $\lim_{t \rightarrow +\infty} (v_1(t), v_2(t), v_3(t)) = (0, 0, 0)$  ولنرمز بـ  $(x^\infty, y^\infty, z^\infty)$  إلى نهاية المسار  $(x(t), y(t), z(t))$  عندما يسعى الزمن إلى اللانهاية، أي:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} (x(t), y(t), z(t)) = (x^\infty, y^\infty, z^\infty)$$

لدينا  $((x(t), y(t), z(t)), (v_1(t), v_2(t), v_3(t))) \in \text{graph}(\nabla_{x,y} L_\rho, -\nabla_z L_\rho)$  ومن كون  $\text{graph}(\nabla_{x,y} L_\rho, -\nabla_z L_\rho)$  مغلق يكون لدينا:

وبالتالي  $((x^\infty, y^\infty, z^\infty), (0, 0, 0)) \in \text{graph}(\nabla_{x,y} L_\rho, -\nabla_z L_\rho)$ :

$$(0, 0, 0) = (\nabla_{x,y} L_\rho, -\nabla_z L_\rho)(x^\infty, y^\infty, z^\infty)$$

الذي يعني أن أي نقطة لاصقة  $(x^\infty, y^\infty, z^\infty)$  هي نقطة سرجية للتابع  $L_\rho$  ■

**مبرهنة 3.6** نفرض أن  $S \neq \emptyset$  وأن  $\int_0^{+\infty} \frac{1}{\lambda(t)} dt = +\infty$  ونفرض أنه يوجد  $\varepsilon > 0$  بحيث يكون

$$1 + \frac{\dot{\lambda}(t)}{\lambda(t)} \geq \varepsilon \quad , \quad (3.56)$$

عندئذ المسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  يتقارب بضعف نحو نقطة سرجية لتابع لاغرانج الموسع  $L_\rho$  ويكون:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{\lambda(t)} (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) = 0 \quad , \quad (3.57)$$

**البرهان.** نلاحظ أن كل الفرضيات في المبرهنة 3.3 والمبرهنة 3.2 محققة في هذه المبرهنة. نأخذ  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in S$  ومن العلاقة (3.35) نجد:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \Gamma(t) &= \langle \dot{x}(t), x(t) - \bar{x} \rangle + \langle \dot{y}(t), y(t) - \bar{y} \rangle + \langle \frac{1}{\rho} \dot{z}(t), z(t) - \bar{z} \rangle + \\ &+ \frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) \leq 0 \quad , \end{aligned} \quad (3.58)$$

تنتج المترابطة أعلاه من العلاقتين (3.38), (3.39)، وبحسب المبرهنة 3.4 لدينا المسار محدود ومنه

$$M_1 := \|x(t) - \bar{x}\| < \infty, M_2 := \|y(t) - \bar{y}\| < \infty, M_3 := \|z(t) - \bar{z}\| < \infty$$

ليكن  $M = \sup\{M_1, M_2, M_3\}$  ومن العلاقة (3.58) نحصل على:

$$\frac{d}{dt} \frac{1}{\lambda(t)} (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) \leq M \left( \|\dot{x}(t)\| + \|\dot{y}(t)\| + \frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\| \right)$$

بحسب العلاقة (3.40) من المبرهنة 3.4 لدينا  $\|\dot{x}(t)\| + \|\dot{y}(t)\| + \frac{1}{\rho} \|\dot{z}(t)\| \in L^1$ ، وبما أن التابع  $(\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t))$  غير سالب وباستخدام المبرهنة 2.2 نجد أن:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{\lambda(t)} (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) = 0$$

من جهة ثانية بما أن التابع  $\Gamma(\cdot)$  غير متزايد، أي أن  $\frac{d}{dt} \Gamma(t) \leq 0$ ، فحسب المبرهنة 2.1 نستنتج أن النهاية الآتية موجودة

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \left\{ \frac{1}{2} \|x(t) - \bar{x}\|^2 + \frac{1}{2} \|y(t) - \bar{y}\|^2 + \frac{1}{2\rho} \|z(t) - \bar{z}\|^2 + \frac{1}{\lambda(t)} (\psi_1(t) + \psi_2(t) - \psi_3(t)) \right\}$$

مما سبق نستنتج أن النهاية الآتية موجودة:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \{ \|x(t) - \bar{x}\| + \|y(t) - \bar{y}\| + \|z(t) - \bar{z}\| \}$$

بما أن  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \in S$  وبما أن المسار  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  محدود وكل نقاطه اللاصقة تنتمي إلى  $S$  فحسب المبرهنة 2.3 نستنتج أن  $(x(\cdot), y(\cdot), z(\cdot))$  يتقارب بضعف نحو نقطة محددة من  $S$ . ■

## الاستنتاجات والتوصيات.

في هذا المقال درست مسألة أمثليات محدبة ذات متحولين ومقيدة في فضاءات هيلبرت حقيقية. وذلك بدمج طريقة الاتجاهات المتناوبة مع الأنظمة الديناميكية المستمرة شبيهة نيوتن لحل هذه المسألة. وقد أثبتنا أن المسارات الناتجة من النظام الديناميكي المقترح تتقارب بضعف نحو الحل الأمثل.

ونوصي بتعميم هذه النتائج إلى مسائل أمثلية متعددة المتحولات [  $n$  متحول بدلاً من متحولين].

## المراجع.

- [1] ATTOCH. H, SOUEYCATT. M (2009) Augmented Lagrangian and Proximal Alternating Direction Methods of Multipliers in Hilbert Spaces: Applications to Games, PDE's and Control, Pacific Journal of Optimization, Vol 5, 17-37
- [2] ATTOCH. H, SVAITER. B (2011) A continuous dynamical Newton-like approach to solving monotone inclusions, SIAM Journal on Control and Optimization, Vol 49, 574-598
- [3] ATTOCH. H, REDONT. P, SVAITER. B (2013) Global convergence of a closed-loop regularized Newton method for solving monotone inclusions in Hilbert spaces, Journal of Optimization Theory and Applications, Vol 157, 624-650
- [4] ABBAS. B, ATTOCH. H, SVAITER. B (2014) Newton-like dynamics and forward-backward methods for structured monotone inclusions in hilbert spaces, Journal of Optimization Theory and Applications, Vol 161, 331-360

- [5] BARJAC. G, GOULART. P, STRLLATO. B, BOYD. S (2019) Infeasibility Direction in the Alternating Direction Method of Multipliers for Convex Optimization, Journal of Optimization Theory and Applications, Vol 183, 490- 519
- [6] BOT. R, CSETNEK. E, (2019) ADMM for monotone operators: convergence analysis and rates, Adv. Comput. Math., Vol 45, 327-359
- [7] GABAY. D, MERCIER. B (1976) A dual algorithm for the solution of nonlinear variational problems via finite elements approximations, Computers and Mathematics with Applications, Vol 2, 17-40
- [8] GLOWINSKI. R (1984) - Numerical methods for nonlinear variational problems. Springer Series in Computational Physics, Springer, Verlag, 506p.
- [9] HONG. M, LUO. Z, RAZAVIYAYN. M (2015) Convergence Analysis of Alternating Direction Method of Multipliers for a Family of Non convex Problems, Society of Industrial and Applied Mathematics Journal of Optimization, Vol 26, 337-364
- [10] IATZELER. F, BIANCHI. P, CIBLAT. PH, HACHEM. W (2016)  
Explicit Convergence Rate of a Distributed Alternating Direction Method of Multipliers, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol 61, 892- 904
- [11] MOHAMMAD. Y , SOUEYCATT. Y, HAMWI. Y (2020) Regularization in Banach Spaces with Respect to the Bregman Distance, Journal of Optimization Theory and Applications, Vol 185, 327-342
- [12] OPIAL, Z (1967) Weak convergence of the sequence of successive approximations for nonexpansive mappings, Bulletin of the American Mathematical Society, Vol 73, 591-597
- [13] ROCKAFELLAR. R (1976) Monotone operators and the proximal point algorithm, SIAM Journal of Control Optimization, Vol 14, 877-898
- [14] ROCKAFELLAR, R (1976) Monotone operators associated with saddle-functions and mini-max problems. Nonlinear Functional Analysis, F. Browder (ed.), Proceedings of Symposia in Pure Mathematics, American Mathematical Society, Vol 18, 241-250
- [15] ZHANG. X, BURGER. M, OSHER. S (2011) A unified primal-dual algorithm framework based on Bregman iteration, Journal of Scientific Computing, Vol 46, 20-46



## تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

د.ندى محفوظ (1) د. ثناء شريتح (2) عائشة المدني (3)

### المخلص

أجريت هذه الدراسة للكشف عن تأثير المستخلصات الايتانولية والمائية والهكسانية لأوراق نبات الجرجير المزروع (*Eruca sativa*) من الفصيلة الصليبية، على نمو بعض البكتريا الممرضة السالبة والموجبة لصبغة غرام كالزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa* والإشريشيا القولونية *EScherichia.coli* و المكورات العنقودية الذهبية *staphylococcus aureus* المعزولة لدى المشفى الوطني في حماه والمسببة لإنتانات المسالك البولية عند التراكيز [6,25 - 200مغ/مل].

أبدت الخلاصة الإيتانولية والمائية فعالية جيدة ضد العزلات الجرثومية المدروسة جميعاً، وكانت المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* الأكثر حساسية حيث أبدت الخلاصة المائية فعالية واضحة ضدها وبجميع التراكيز المستخدمة وبأقطار تثبيط تتراوح ما بين [12 - 20مم] للمستخلص المائي و [1<sup>3</sup> - 21مم] للمستخلص الايتانولي.

بينما لم تبد الخلاصة الهكسانية أية فعالية ضد أي من الجراثيم المدروسة؛ باستثناء المكورات العنقودية الذهبية حيث استجابت فقط عند التركيز 200مغ/مل وبقطر تثبيط 9مم.

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

- الكلمات المفتاحية : المستخلصات ،البكتريا الممرضة، الجرجير المزروع *Eruca sativa*،أقطار تنشيط.

- (1) أستاذ مساعد في ميكروبيولوجيا أحياء مجهرية- قسم علم الحياة - كلية العلوم -جامعة البعث.
- (2) أستاذ مساعد في الكيمياء العضوية - قسم الكيمياء- كلية العلوم - جامعة البعث.
- (3) طالبة دراسات عليا- ماجستير قسم علم الحياة - جامعة البعث.

## Effect of some organic extracts of the *Eruca sativa* on the growth of some bacterial isolates that cause urinary tract infections

Dr.Nada Mahfoud<sup>(1)</sup> - Dr.Thanann SHrieteH<sup>(2)</sup> - Aisha Almadani<sup>(3)</sup>

### Abstract

This study was conducted to investigate the effect of ethanol, aqueous and hexane extracts of *Eruca sativa* leaves from the Brassicaceae family, on the growth of some Gram-positive and negative pathogenic bacteria, such as *Pseudomonas aeruginosa* , *Escherichia Coli* and *Staphylococcus aureus* that Isolated from the National Hospital of Hama and causing urinary tract infections at concentrations [6.25-200 mg / ml].

The ethanol and aqueous extracts showed good efficacy towards all the studied bacterial isolates.

*Staphylococcus aureus* was the most sensitive, as the aqueous extract showed clear efficacy against it, at all used concentrations and with inhibition diameters ranging from [12-20mm] for aqueous extract and [13-21mm] for the ethanol extract ,whereas, the hexane extract showed no efficacy against any of the studied bacteria; except for *Staphylococcus aureus*, where it only responded at a concentration of 200 mg / ml and an inhibition diameter of 9 mm.

**Key words:** Extracts, pathogenic bacteria, *Eruca sativa*, Inhibition  
.diameters

(1) Associate prof - Dept. of Biology, Fac. of Science - AlBaath University

Associate prof Dept. of chemistry, Fac. of Science - AlBaath University

(3) Master student - Dept. of Biology, Fac. of Science - AlBaath University

## 1- المقدمة:

تعد التهابات المسالك البولية (UTIs) من المشاكل الصحية الخطيرة والتي تؤثر على الملايين من الناس كل عام، وتأتي في المرتبة الثانية من حيث أكثر أنواع العدوى شيوعاً في الجسم [1] .

وهي من الأمراض المتطورة والتي تصيب أكثر من 250 مليون شخص سنوياً [2] ويعرف التهاب المسالك البولية بأنه الالتهاب البولي البكتيري Bacteriuria إذ تتكاثر البكتيريا في الإدرار ويعد وجودها بما لا يقل عن  $10^5$  خلية بكتيرية لكل مليلتر واحد من الإدرار دليلاً على حدوث إصابة [3].

وتشمل إنتانات الجهاز البولي طيفاً واسعاً من الحالات السريرية تتراوح ما بين بيبة جرثومية لاعرضية إلى إنتان حاد بالكلية مع تشكل خراجات [4]

وعلى الرغم من وجود العديد من مسببات المرض إلا أن الجراثيم خاصة سلبية الغرام من مسببات الرئيسية لالتهاب المسالك البولية والتي تعود في الأصل إلى الأمعاء [4] ، تشكل الاشريكية القولونية حوالي 80% من مسببات العدوى [5]، ولكي تتجو هذه الجراثيم فقد طورت وسائل لمقاومة الصادات الحيوية، المقاومة هي آلية طبيعية للحفاظ على البقاء وهي ظاهرة قديمة لكن تطورت وأصبحت تشكل خطراً كبيراً على الإنسان [6].

و نظراً للمشاكل الناتجة عن استخدام الصادات الحيوية التقليدية ، ومالها من أعراض جانبية وأضرار على صحة الإنسان كالحساسية و التسمم وغيرها، اتجهت الأبحاث إلى المستخلصات النباتية وذلك لما لها من فوائد طبية ولسهولة الحصول عليها وقلّة تكلفتها [7]

تعد الأعشاب الطبية من أقدم النباتات التي عرفها الإنسان واستخدمها في الغذاء وكذلك في علاج الكثير من الأمراض؛ نتيجة لوجود العديد من المواد الفعالة فيها، وقد انتشرت بشكل كبير في أواخر التسعينيات من القرن الماضي بما عرف بالطب البديل [8] ، كما بدأت الكثير من شركات الأدوية في محاولة إنتاج أنواع من المستخلصات القائمة على مجموعة من الأعشاب الطبية المدروسة دراسة علمية بجرعات علاجية و خالية من السمية [9] .

تحتوي النباتات على مركبات أساسية مثل الكربوهيدرات والبروتينات والأحماض الدهنية وعلى مركبات ثانوية فعالة كالفينولات والقلويدات والترينثينات والفلافونيدات والغلوكوزيدات وتؤدي الأخيرة دوراً مهماً في الطب [10]

ونظراً لغنى نبات الجرجير المزروع بهذه المركبات فقد تم التوجه في هذا البحث إلى دراسة فعاليته الحيوية ضد بعض البكتريا الإمراضية.

يعد نبات الجرجير المزروع نبات عشبي حولي شتوي ينتمي للفصيلة الصليبية Brassicaceae, تنجح زراعته في المناطق المعتدلة على مدار السنة باستثناء الأشهر الحارة والباردة جداً [11] ، وتعود أصول هذا النبات إلى بلدان البحر الأبيض المتوسط مثل سوريا و البرتغال وتركيا ولبنان والمغرب

[12] وينمو أيضاً في الشرق الأوسط وجنوب آسيا وجميع أنحاء العالم [13]



الشكل (1) يوضح المجموع الخضري لنبات الجرجير المزروع

تصنيف النبات: تم تصنيف النبات وفق [14] :

الجدول (1) : تصنيف نبات الجرجير المزروع

<i>Plantae</i>	<i>Kingdom</i>
<i>Tracheobionta</i>	<i>Subkingdom</i>
<i>Spermatophyta</i>	<i>Superdivision</i>
<i>Magnoliophyta</i>	<i>Division</i>
<i>Brassicales</i>	<i>Order</i>

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات  
الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

<i>Brassicaceae</i>	<i>Family</i>
<i>Eruca</i>	<i>Genus</i>
<i>Eruca sativa</i>	<i>Species</i>
Botanical name: <i>Eruca sativa</i> Mill	

يمكن أن يصل ارتفاعه حتى 1م ، الأوراق خضراء داكنة وطولها لايتجاوز 20 سم ،ريشية لها فص طرفي طويل مستطيل وفصوص جانبية ، وتكون إما ذات أسنان خشنة أو مفصصة[5].

وفصوص جانبية. تراوحت أزهارها من 2 إلى 4 سنتيمترات ، مرتبة مكونة من أربع بتلات بيضاء كريمية مع عروق أرجوانية ، الثمرة بشكل جراب طوله من (12-35مم) مع منقار قمي ، ويحتوي على العديد من البذور الصالحة للأكل[15] .

ويعد من الخضار الورقية الخضراء التي تكون أوراقها ، أزهارها وبذورها صالحة للأكل كما أنها مليئة العناصر الغذائية الحيوية التي يمكن أن تساعد على تعزيز الصحة دون إنفاق الكثير من المال[16]

حيث يعد مصدر جيد للفيتامينات مثل فيتامين C ، والكاروتينات ، والبوليفينول ، والتي تلعب دورًا مهمًا كمضادات أكسدة ومحاربة للسرطان كما تمتاز بغناها بالغلوكوزيدات ومركبات الكبريت الأخرى بالإضافة للنترات وأملاح K , Fe , Ca , Mg [13].

و استخدمه الرومانيون كمقو جنسي اذ يرفع من نسبة هرمون التستوستيرون ، ويستخدم كقابض، ملين،منبه، وفي علاج داء الاسقربوط وفي تحفيز الرغبة الجنسية[18] كما أنه مدر للبول [19] و له تأثير مضاد للجراثيم ، ومضاد لمرض السكر ، وخافض للضغط ، ومضاد للأكسدة ويحفز نمو الشعر وتأثيرات أخرى[20].

أفادت العديد من الدراسات العالمية بالفعالية الحيوية لأوراق نبات الجرجير المزروع، حيث درس salih وزملاؤه فعالية المستخلص المائي للجرجير؛ حيث أبدى المستخلص المائي فعاليته ضد كل من النوعين الجرثوميين الإشريكية القولونية والمكورات العنقودية الذهبية

المسببة لالتهاب المجاري التنفسية ، الفعالية الأكبر كانت ضد المكورات العنقودية الذهبية بقطر تثبيط 14,2مم والاشريكية القولونية بقطر 9مم[21] وفي دراسة أخرى أجراها العبيدي كشفت فيها عملية المسح الكيميائي لكل من المستخلصات العضوية الهكسانية والمائية والكحولية احتواء المستخلص المائي على التانينات والصابونيات والفلافونويدات والغلوكوزيدات والفينولات والتربينات والستيرويدات والكومارين والفيوكومارينات ، أما بالنسبة للمستخلص الكحولي والهكساني فقد احتويا أيضا على هذه المركبات كافة عدا الصابونينات كما لم يحتو المستخلص الهكساني على الفينولات[22] وأبدت تلك المستخلصات فعالية ضد كل من المكورات العنقودية الذهبية و الإشريكية القولونية والزائفة الزنجارية، فكان المستخلص الكحولي كان أكثر فعالية من بقية المستخلصات بلغت القدرة التثبيطية 3,1 مغ/مل و بقطر هالة 15,5 مم للمكورات العنقودية الذهبية و 14,5 مم للإشريكية القولونية أما المستخلص الهكساني والمائي فقد تأثرت الإشريكية القولونية والزائفة الزنجارية فقط عند التركيز 50مغ/مل و بقطر هالة 15 و 13م على التوالي، في حين لم يبد المستخلصين الهكساني والمائي للأوراق أي تأثير يذكر ضد المكورات العنقودية الذهبية.

كما تمت من قبل الباحث Abdu وزملائه دراسة فعالية العديد من الخضراوات شائعة تناول على الموائد كالثوم والبص والفجل بالاضافة للجرجير وقياس القدرة التثبيطية لمستخلصاتها الايتانولية، الايترية، وعصير الاوراق الطازج ضد *Escherichia coli*, *Pseudomonas pyocyaneus* ؛ فأبدت جميع الخضراوات فعالية حيوية واضحة وصل فيها قطر هالة التثبيط النمو في جنس *Allium sativum* حتى 56مم، فيما لم تبد أي من مستخلصات الجرجير أي فعالية باستثناء المستخلص الخام للأوراق الطازجة فقط أبدى فعاليته فقط ضد *Escherichia coli* و بقطر هالة تثبيط 17مم [23]

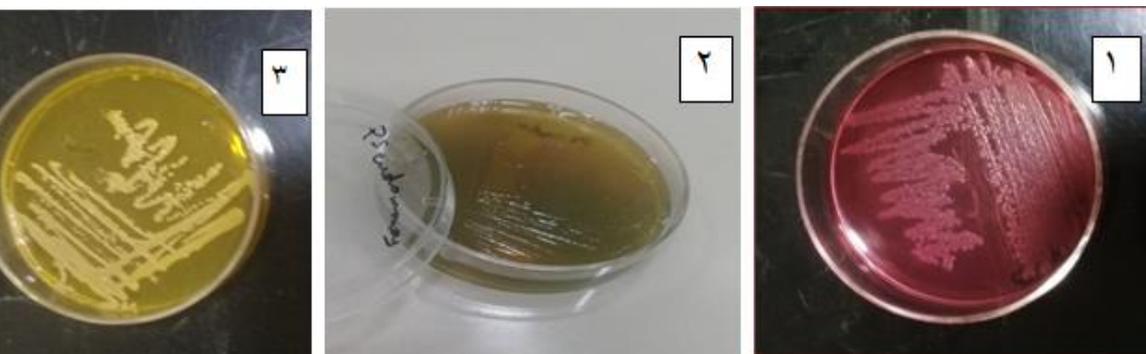
وأوضحت مجلة (JBES) التنوع البيولوجي والعلوم البيئية في أحد أبحاثها المتضمنة دراسة الفعالية الحيوية لكل من ساق واوراق الجرجير(المائية ،كلوروفورمية ،والخلاتية) وباستخدام تراكيز (0,5-2مغ/مل) ضد عزولات جرثومية مرضية مختلفة *Staphylococcus aureus* ، *Klebsiella pneumoniae* ،



بحدوث التهاب في المسالك البولية، اعتبر العدد  $10^5$  وحدة تكوين مستعمرة/مل أو ما يزيد المؤشر على حدوت الاصابة[26]

تم اختيار ( 3 ) عزلات جرثومية مقاومة لأكثر من صاد حيوي واحد للدراسة وهي :  
*Staphylococcus aureus* , *Escherichia coli* , *Pseudomonas aeruginosa* الموضحة في الشكل (2)، وشخصت وفق المراجع [29], [28], [27] و المراحل الآتية:

المرحلة الاولى من التشخيص: تمت من خلال الزراعة على الاوساط الزرعية والانتقائية (الآغار الدموي ، وسط آغار ماكونكي) ونقلت بعدها الى وسط الآغار المغذي ووسط EMB وآغار المانتول المالح بالنسبة للمكورات العنقودية الذهبية حضنت عند الدرجة 37م لمدة 24ساعة، ودرست صفاتها المزرعية .



1-الإشريكية القولونية على وسط ماكونكي  
العنقودية الذهبية على

وسط آغار

المانتول المالح

## الشكل (2)

- المرحلة الثانية: دراسة الخواص المجهرية Microscopical Tests: فحصت العزلات مجهرياً بعد صبغها بصبغة غرام، تحت العدسة الزيتية للمجهر الضوئي للتعرف على شكلها، ترتيبها وتفاعلها مع صبغة غرام.

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات  
الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

- المرحلة الثالثة: إجراء الاختبارات الكيموحيوية وشملت على: اختبار الاندول، اختبار أحمر الميتيل، اختبار فوكس بروسكاور، اختبار سيموت سيترات، اختبار الكاتالاز، اختبار الأوكسيداز، اختبار السكريات الثلاثية، وتحلل الدم بالنسبة للاشريكية القولونية والزائفة الزنجارية.

أما بالنسبة للمكورات العنقودية الذهبية فقد تم اجراء اختبار المخثران Coagulase test، تخمير سكر المانتول، تحلل الدم، سيمون سيترات، السكريات الثلاثية، الأوكسيداز، الكاتالاز.

### 3-2- الجزء الكيميائي: ويتضمن المراحل الآتية:

- زراعة النبات: تمت زراعة النبات في احدى مزارع مدينة الرستن التابعة لريف حمص، وذلك بغية الحصول على منتج طازج ولتجنب فقد المركبات الفعالة الناجم عن طول فترة التخزين في الأسواق وتعرضها لأشعة الشمس أثناء عرضها من قبل البائع.

- جني الأوراق: تم جمع 4كغ من الأوراق باليد عند اكتمال نضجها وقبل وصول النبات لمرحلة الإزهار تمت تنقيتها من الشوائب و الأوراق القديمة وحببيبات الطين العالقة والاوراق الذابلة، وغسلت الأوراق جيداً تحت تيار خفيف من ماء الصنبور تلاها الغسل بالماء المقطر [25]

- التجفيف والطحن: جففت الأوراق في الظل و لمدة أسبوعين مع وجود تيار هوائي متحرك وتقليبها بشكل مستمر بين فترة والأخرى وذلك لمنع نمو الفطريات عليها و تعفنها وإحداث تجفيف متجانس [25] وبعد الانتهاء من التجفيف طحنت الأوراق بواسطة خلاط كهربائي لتسهيل تخزينها ومن ثم تم تسجيل الوزن الناتج.

- التعبئة والتخزين: تم وزن الأوراق وبلغ الوزن الجاف (500غ) ومن ثم وضعت في أكياس نايلون عاتمة و حفظت في درجة حرارة لا تتجاوز 10م° وفي مكان جاف لحين الاستخلاص.

- عملية الاستخلاص: وضع في حوجلة سعة (1لتر) مغلفة بغلاف عاتم ومزودة بهزازة كهربائية (E1هزة/د) 100غرام من مسحوق الأوراق النباتية وغمرت بـ500مل من ن. الهكسان 95% ، وتم الاستخلاص ضمن درجة حرارة المختبر 25°C لمدة 72ساعة (انظر الشكل(3)).

ثم رشحت الخلاصة باستخدام أوراق ترشيح (Whatman, No.1, 15 cm)، وكررت عملية النقع 3 مرات للحصول على أكبر مردود من المستخلص، و طرد المذيب بالتبخير تحت التفريغ وتحت الضغط المخفف بواسطة جهاز المبخر الدوار بعد ضبط درجة الحرارة عند الدرجة  $35^{\circ}\text{C}$ ، فتم الحصول على خلاصة بشكل سائل كثيف لزج القوام، بعدها تم وضع السائل في أطباق زجاجية ليجف ضمن حرارة المخبر لمدة 7 أيام للتخلص من بقايا المذيب وحتى ثبات الوزن.

تم وزن العينة وحسب المردود وفق القانون :

المردود % = وزن الخلاصة الجافة بعد التبخر/ وزن مسحوق الأوراق الجافة  $\times 100$  وتحفظ في البراد بدرجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$  لحين دراسة الفعالية .

كررت العملية السابقة نفسها للحصول على باقي المستخلصات (المائية والايثانولية).



الشكل (٣) : يوضح مراحل الحصول على المستخلص

الجدول(2): بعض خواص المذيبات المستخدمة في الاستخلاص وطبيعة المواد المستخلصة

[30]

المذيب	القطبية	درجة القطبية	درجة تبخره (C)	طبيعة المواد الكيميائية التي تستخلصها
--------	---------	--------------	----------------	---------------------------------------

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات  
الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

ن الهكسان	منخفضة	0,1	69	الشموع و الدهون.
الكحول الايتيلي	عالية	4,3	78,5	التانينات، التربينينات، متعددات الفينول الفلافونات، القلويدات.
الماء	عالية	10,2	100	السكريات، الاحماض الامينية، الصابونينات التانينات، التربينينات والأنثوسيانين.

### 3-3-الكشف الكيفي عن بعض المركبات الفعالة في أوراق الجرجير المزروع:

- 1- الكشف عن الفينولات: حلت كل الخلاصات بالكلوروفورم وأضيف لها 3-4 قطرات من كلوريد الحديد  $FeCl_3$ ، ظهور لون أسود مزرق دليل على وجود الفينولات [31]
- 2- الكشف عن الصابونينات: (اختبار الرغوة): توضع كمية من الخلاصة مع 5مل ماء، ويرج الأنبوب لمدة دقيقة تتشكل رغوة تدوم لمدة 15دقيقة تعتبر نتيجة ايجابية [32]
- 3- الكشف عن التانينات (Tannins) : حلت كمية من الخلاصة المركزة بـ5مل ماء، وأضيف بضع قطرات من المحلول المائي لخلات الرصاص فتتشكل راسب أبيض هلامي في كافة الخلاصات دليل وجود التانينات [33].
- 4- الكشف عن القلويدات: حلت الخلاصات جيدا" بالكلوروفورم ، ويضاف لها 1,5مل حمض الكبريت تركيزه 3-5% ، وترج جيدا حوالى 5دقائق فينتقل جزء من القلويدات المنحلة في الكلوروفورم على شكل أملاح إلى الطبقة المائية الحمضية. ثم يترك المزيج لفترة، وتسحب الطبقة العليا المائية الحمضية بواسطة ماصة(مزودة بإجاصة مطاطية) ويوضع جزء منها في أنبوب ، ثم يضاف إلى الأنبوب قطرة من كاشف دراغيندروف، ،فتلونت بلون برتقالي دليل أن الخلاصات تحوي قلويدات[34].
- 5- الكشف عن التربينونيدات (Terpenoids) :حلت الخلاصة المركزة ب 1مل كلوروفورم في أنبوب نظيف مع الرج بين الحين والآخر لمدة 8-10دقائق،

وترشح ويضاف للرشاحة مقدار حجمها بلاماء حمض الخل بحيث ينساب بسلاسة على الجدران الداخلية للأنبوب، ويضاف قطرتين من حمض الخل المركز وعند وصول القطرات الى السطح الفاصل بين الطبقتين تتشكل حلقة حمراء (الاختبار الايجابي) وعدم تشكلها تعتبر نتيجة سلبية [34]

### 3-5- دراسة الفعالية الحيوية : تمت دراسة الفعالية الحيوية وفق المراحل الآتية:

1- تحضير أنابيب 0.5 ماكفرلاند القياسية Standard McFarland: حُضِر على النحو الآتي:

تذاب كمية 1.175 غرام من كلوريد الباريوم ( $BaCl_2$ ) في 100 مل من الماء المقطر ويضاف منها

( 0.5 ) مل إلى ( 9.95 ) مل من محلول ( 1 مل من حامض الكبريتيك المركز  $H_2SO_4$  ) إلى 99 مل من الماء المقطر) مع التحريك بشكل جيد، ويوضع المزيج في أنابيب زجاجية محكمة الإغلاق لمنع التبخر و في مكان مظلم [29]

### 2- تحضير المعلق الجرثومي:

تم إعادة تنشيط العزولات المحفوظة على وسط الآغار المغذي المائل بزرعها على وسط الآغار المغذي وحصنها بدرجة 37 م° لمدة 24 ساعة، ثم أخذ مستعمرة نقية واحدة بوساطة عروة الزرع و حلت في 5 مل من مرق خلاصة القلب والدماغ Brain Heart Infusion Broth ورجها جيدا" بوساطة جهاز رجاج vortex وحصنها لمدة 4 - 6 ساعات وضبطت كثافة المعلق الجرثومي على مقدار عكارة تعادل 0.5 Mcfarland وذلك بالمقارنة مع أنبوب ماكفرلاند المعياري ومن تم قياس الامتصاصية عند طول موجة 600 نانومتر إذ كانت قيمة الامتصاصية (0.08-0,1).

### 4- تحضير سلسلة التمديدات من المستخلصات العضوية :

تم وزن 200مغ من الخلاصات الجافة وحلها في 1 مل من ثنائي ميثيل سلفوكسيد DMSO للحصول على تركيز 200مغ/مل، ماعدا الخلاصة المائية فقد حلت بالماء المقطر، حركت جيداً ولضمان تمام الانحلال تم وضعها في حمام مائي مع ضبط الحرارة بما لا يتجاوز 40م° .

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

نقل المحلول الى أنبوب عقيم وعقم بطريقة الترشيح الغشائي باستخدام أغشية ترشيح (Millipore) ذات قطر 47ملم وحجم الثقوب 0.45ميكرومتر، ومنه تم اجراء سلسلة التمديدات في الأنابيب :

100مغ/مل، 50مغ/مل، 25مغ/مل، 12,5مغ/مل، 6,25مغ/مل  
استخدم الصاد الحيوي جنتاميسين تركيز 30ميكروغرام /مل كشاهد ايجابي في هذه الدراسة.

وقبل دراسة الفعالية الحيوية تم التأكد من عدم جدوى فعالية المذيب العضوي DMSO ضد أي من العزلات الجرثومية الثلاث المدروسة وذلك من خلال غياب قطر هالة منع نمو حول الحفر الحاوية عليه.

5-عملية الزرع: تم اتباع طريقة الانتشار في الحفر ضمن الآغار Agar well diffusion assay: حيث تم أخذ 100مايكروليتر من المعلق الجرثومي ذو العكارة 0,5ماكفرلاند والذي يعادل تقريباً 1,5\*10<sup>5</sup>خلية /مل، نشرت على سطح وسط آغار مولر هنتون تركت لمدة ربع ساعة حتى تمام تشرب الوسط.

بعدها تم إحداث حفر (Holes) ضمن الوسط بواسطة ثاقب زجاجي عقيم قطر 6مم وبمعدل 7حفر في كل طبق، عبئت الحفر بـ 100مايكروليتر من كل تمديد من المستخلص النباتي المعد للاختبار، وحضنت الأطباق على درجة حرارة 37م° لمدة 24ساعة تقرأ بعدها النتيجة.

إن ظهور منطقة خالية من النمو الجرثومي (Inhibition zone) حول الحفرة المستخلص أعتبر دليلاً على تأثير المستخلص على الجراثيم المختبرة والنتيجة ايجابية ، أما عدم ظهور مثل هذه المنطقة سجل الاختبار سلبى (الجراثيم مقاومة للمستخلص المختبر،) هذا و تم أخذ متوسط قطر منطقة التثبيط باستخدام مسطرة مدرجة. تم اجراء ثلاث مكررات لكل طبق وأخذ متوسط قطر الهالة وتم تسجيل النتيجة النهائية .



الشكل (4) يوضح: A: فعالية ضد العزلات المدروسة DMSO ، B إحداث حفر في آغار مولر هنتون ،

C إجراء سلسلة تمديدات المستخلص: المناقشة :

4-1- نتائج الفحص المجهرى بعد التلوين بصبغة غرام: اتبعت خطوات العمل الموصى بها من الشركة المصنعة للصبغة ولوحظ شكل الجراثيم ولونها بفحصها بالمجهر الضوئي على العدسة الغاطسة، حيث أخذت كل من الاشريكية القولونية *E.coli*، وعصيات القيقح الأزرق *Pseudomonas aerugenosa* شكل عصيات لونها أحمر (سلبية لصبغة غرام) ، مستقيمة أطرافها مستديرة، غير متبوعة وليس لها محفظة ،

بينما المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* بدت متجمعة على شكل عناقيد وذات لون بنفسجي داكن (إيجابية لصبغة غرام).

4-2- نتائج الاختبارات الحيوية الكيميائية التي أجريت للتأكد من تشخيص العزلات الجرثومية

اختبار التحلل الدم	الكاتالاز	الأكسيداز	السكريات الثلاثية TSA	سيمون سيترات	فوكس بروسكاور	أحمر الميتيل	اختبار الأندول	الجرثومة الاختبار
+	-	-	+	-	-	+	+	<i>E.coli</i>
+	+	+	-	+	-	-	-	<i>Pseudomonas aerugenosa</i>

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات  
الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

الجدول (2): يوضح الاختبارات الكيموحيوية لتأكيد تشخيص *E.coli* و *Pseudomonas aerugenos*

الاختبار	اختبار TSA	سيمون سترات	تخمير سكر المانتول	اختبار الكاتالاز	اختبار الأوكسيداز	اختبار تحلل الدم (بيتا)	اختبار المخثرات على الصفيحة	اختبار المخثرات في الأنبوب
النتيجة	+	+	+	+	-	+	+	+

ويبين الجدول ( 3 ) الاختبارات الكيموحيوية لتشخيص *Staphylococcus aureus*

3-4 نتائج خواص الخلاصة، مردودها، لونها، نسبتها المئوية :  
يوضح الشكل (5): مردود كافة الخلاصات المدروسة

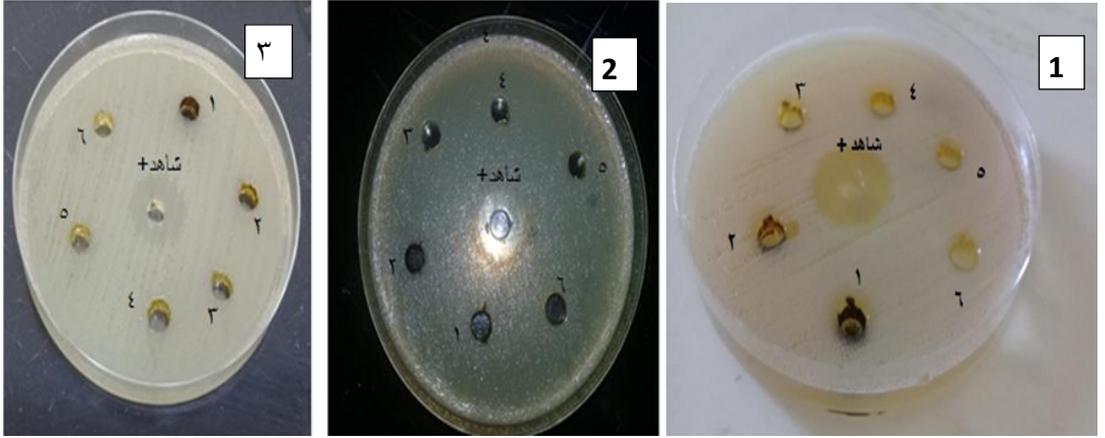
اسم الخلاصة	الخلاصة المائية	الخلاصة الهكسائية	الخلاصة الايتانولي
لون الخلاصة	بني غامق	زيتي داكن	زيتي داكن
الوزن	١١,٢ غرام	١٥٠ مغ	٦ غ
النسبة	%١١,٢	%٠,١٥	%٦

**4-4- نتائج المسح الكيميائي الكيفي:** أوضحت نتائج الكشف الأولي للمستخلص الايتانولي والمائي للأوراق احتواؤه على كل من الفينولات والقلويدات والصابونينات والتانينات والترينينات، في حين أن الخلاصة الهكسائية احتوت على المواد السابقة جميعها عدا الفينولات والصابونينات وهذا يتفق مع [22] ويعود ذلك للقطبية المنخفضة لـ ن الهكسان حيث أن الفينولات والصابونينات وفقاً للجدول (1) تحتاج الى مذيبات ذات قطبية عالية لاستخلاصها.

**4-5- نتائج الفعالية الحيوية:** أبدت هذه الدراسة تبايناً واضحاً من حيث النتائج وذلك باختلاف النوع الجرثومي والمذيب العضوي المستخدم في عملية الاستخلاص، ويتجلى هذا التباين في قطر هالة التنشيط حول الحفر.

بالنسبة للخلاصة الهكسائية لم تبد أي فعالية تذكر ضد كل من الاشريكية القولونية والزائفة الزنجارية وهذا لا يتفق مع [22] حيث تأثر كلا النوعين الجرثوميين بالمستخلص في حين أبدت فعالية ضعيفة ضد المكورات العنقودية الذهبية فقط عند التركيز 200مغ/مل وبقطر 9مم ويعزى ذلك لأن ن-الهكسان لم يستطع استخلاص المركبات الفعالة لانخفاض قطبيتها أو أنها استخلصتها لكن بكميات قليلة غير قادرة على إحداث الفعالية .

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات  
الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية



الشكل (6): يوضح تأثير المستخلص الهكساني في: 1- المكورات العنقودية الذهبية 2- الزائفة الزنجارية 3- الاشريكية القولونية

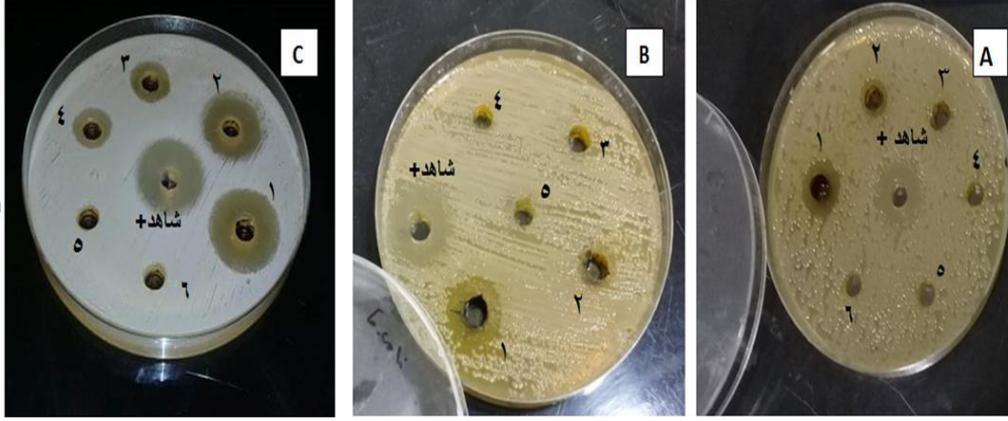
الجدول ( 4 ) :يوضح فعالية المستخلص الهكساني ضد العزلات الجرثومية المدروسة:

قطر هالة منع النمو مقدره بـ ( ملم )							اسم البكتريا التركيز (مغ)
٦,٢٥	١٢,٥ مغ/مل	٢٥ مغ/مل	٥٠ مغ/مل	١٠٠ مغ/مل	٢٠٠ مغ/مل	جينتاميسين	
-	-	-	-	-	-	١٣	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
-	-	-	-	-	-	١٦	<i>Escherichia coli</i>
-	-	-	-	-	٩	٢٠	<i>Staphylococcus aureus</i>

أما فيما يخص الخلاصة الايتانولية فقد أبدت المكورات العنقودية الذهبية أفضل فعالية عند التراكيز ما بين ( 25 - 200 مغ/مل) وبأقطار هالة منع نمو تراوح ما بين (1٣-21)

في حين أن التراكيز الأدنى فلم تبد أي تأثير يذكر وقد يعزى ذلك لقلّة تركيز المواد الفعالة عند هذه التراكيز بالتالي لم تكن قادرة على إحداث الفعالية قد يكون السبب هو قلة

تركيز  
المركبات  
الفعالية  
حيوياً  
وربما  
يعود ذلك  
إلى  
أسباب



عديدة منها مايتعلق بعمر الأوراق كما تتأثر المركبات الفعالة في النبات والمركبات الاستقلابية الخلوية بعوامل كثيرة منها ظروف التربة والمناخ والموقع الجغرافي وطريقة الجمع والحفظ فضلاً عن طريقة الاستخلاص والمذيبات العضوية المستخدمة [35] وبالنسبة للإشريكية القولونية فقد تأثرت فقط عند التركيزين 200مغ/مل و 100مغ/مل فقط وبأقطار هالة تثبيط ( 12-15مم) على التوالي. الزائفة الزنجارية كانت الأقل تأثراً فقد تأثرت فقط عند التركيزين 200مغ/مل و 100مغ/مل فقط وبأقطار هالة تثبيط (9-12مم) على التوالي.

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

الشكل ( 8 ) : يوضح فعالية المستخلص الايتانولي ضد العزلات الجرثومية المدروسة.

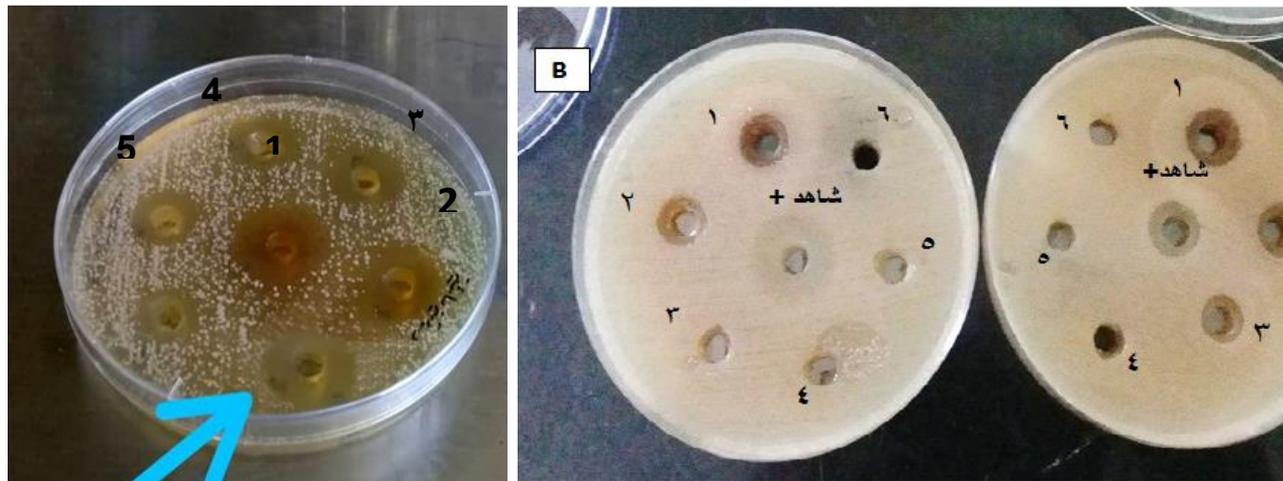
والجدول (5) : يوضح نتائج فعالية المستخلص الايتانولي ضد العزلات الجرثومية المدروسة

قطر هالة منع النمو مقدرة بـ ( ملم )							اسم البكتريا التركيز (مغ)
٦,٢٥ مغ/مل	١٢,٥ مغ/مل	٢٥ مغ/مل	٥٠ مغ/مل	١٠٠ مغ/مل	٢٠٠ مغ/مل	جيتناميسين	١٣
-	-	-	-	٩	١٢		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
-	-	-	-	١٢	١٥		<i>Escherichia coli</i>
-	-	١٣	١٤	١٩	٢١		<i>Staphylococcus aureus</i>

أما فيما يخص الخلاصة المائية، فقد أبدت فعالية جيدة ضد جميع العزلات الجرثومية المدروسة ، المكورات العنقودية الذهبية كانت الأشد تأثرا بالمستخلص وبكل التراكيز المدروسة ، وكانت عند التركيز 200مغ/مل مقارنة في فعاليتها للجيتناميسين وتراوح قطر هالة منع النمو ما بين ( 12 - 21مم) وكانت نتائجنا أفضل من [22] إذ لم يبد المستخلص المائي في دراسته أي فعالية ضد المكورات العنقودية الذهبية.

أما الاشريكية القولونية والزائفة الزنجارية فقد تأثرتا فقط عند التركيزين 200مغ و 100مغ فقط وبقطر هالة منع نمو ( 12-15مم) للاشريكية القولونية و (12-9مم) للزائفة الزنجارية

الشكل (10): يوضح فعالية المستخلص المائي ضد العزولات الجرثومية المدروسة.



ويوضح الجدول (6) أدناه نتائج الفعالية الحيوية للمستخلص المائي ضد العزولات الجرثومية المدروسة

قطر هالة منع النمو مقدره بـ( ملم)							اسم البكتريا التركيز (مغ)
٦,٢٥مغ/مل	١٢,٥مغ/مل	٢٥مغ/مل	٥٠مغ/مل	١٠٠مغ/مل	٢٠٠مغ/مل	جينتاميسين	
١٢	١٥	١٦	١٧	٢٠	٢١	٢٠	<i>Staphylococcus aureus</i>
-	-	-	-	١١	١٢	١٦	<i>Escherichia coli</i>
-	-	-	٩	١١	١٣	١٣	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات  
الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

ولقد لوحظ من خلال هذه الدراسة ارتفاع الفعالية الحيوية بزيادة قطبية المذيب العضوي المستخدم في الاستخلاص، كما أظهرت نتائج الدراسة ارتفاع الفعالية التثبيطية مع ارتفاع تركيز المستخلص الواحد وهذا يتفق مع [42] ويعزى ذلك لزيادة تركيز المركبات الفعالة بزيادة تركيز المستخلص

وكانت الجراثيم السالبة لصبغة غرام أكثر مقاومة للمستخلصات المدروسة من البكتيريا موجبة الجرام إلى حد ما وهذا يتفق مع [24]، [21]، [22]، [37]، ويعزى ذلك لوجود عديدات السكاريد الدهنية lipopolysaccharide سالبة الشحنة في أغشية الجراثيم السالبة لصبغة غرام، مما يشكل حاجزاً محكماً للانتشار ضد المركبات الكارهة للماء والمركبات المحبة للماء ذات الحجم الكبير، بالتالي يتفاعل المستخلص مع غشاء البكتيريا موجبة الجرام بسهولة أكبر من البكتيريا سالبة الجرام [36].

وينتج التأثير الطبي المفيد للمواد النباتية أساساً عن مزيج من المنتجات الثانوية الموجودة في النبات ولا يُنسب عادةً إلى مركب واحد [11]

فالقلويدات يتلخص عملها في إيقاف تصنيع الاحماض النووية في الخلية الجرثومية كما تعمل على تثبيط عمل أنزيم DNA Gyrase وتؤثر في المساعدات الانزيمية co-enzyme والصابونينات تعمل على إزالة الاغشية الخلوية وبالتالي تحلل الخلية الجرثومية [37]، كما أن التانينات القابلة للتحلل لها إمكانات كنظم علاجية جديدة وآمنة ضد الجراثيم اذ تبدي نشاطاً مدمراً للغشاء الخلوي [38]

كما وتمتاز الفصيصة الصليبية والتي ينتمي لها نبات الجرجير بغناها بالفينولات والغلوكوزيدات [39]، ومن المعروف أن للفينولات معروف خصائص مضادة للبكتريا من خلال إعاقة قوة حركة البروتون (Proton Motive Force) مسببة بذلك تسرب المكونات داخل الخلية وتثبيط الأنزيمات ونقل الإلكترون وعملية Oxidative phosphorylation وتجلط المكونات السيتوبلازمية [40].

أما بالنسبة للجلوكوزيدات Glucosinolates فتُعزى معظم الأنشطة البيولوجية إلى منتجات التحلل المائي، فعند تناول خضراوات هذه الفصيصة تتحلل مركبات Glucosinolates أنطيميا" بواسطة أنزيم Myrosinase النباتي ونببت القناة

الهضمية Gastrointestinal microflora منتجة مركبات Isothiocyanate والتي يعزى لها الأثر في الفعالية الحيوية [41] كما أن الغليكوزيدات الكبريتية تتفاعل مع مجاميع -SH الموجودة في بروتينات الخلية حيث تتفاعل مع الحمض الاميني cysteine مكونة رابطة ثنائية الكبريت-s-s وبما ان مجموعة الكبريت -SH لها لها محفزات خاصة لتضاعف الخلايا حيث تعمل مركبات الكبريت على تحطيم هذه المجموعة وبالتالي يتم تثبيط التضاعف ضمن الخلية[35].

#### -الاستنتاجات والتوصيات:

##### 5-1-الاستنتاجات :

أظهرت نتائج البحث أن مستخلصات أوراق نبات الجرجير المزروع تمتلك فعالية مضادة إزاء الجراثيم الممرضة السلبية والإيجابية لصبغة غرام المعزولة من عينات بشرية والمسببة لإنتانات المسالك البولية، كانت فعالية المستخلص الهكساني ضعيفة، فيما كانت الفعالية الأقوى لكل من المستخلصين المائي والإيثانولي لذلك يمكن الاعتماد على هذ النبات كمصدر للمضادات الحيوية لعلاج حالة التهاب المسالك البولية.

5-2- التوصيات :

- إجراء دراسة أوسع حول المستخلصات وتحديد طبيعة المركبات الكيميائية وكميتها وفصلها ودراسة تأثير كل مركب بمفرده لتحديد هوية المادة الفعالة ضمنه.
- نوصي بدراسة التأثير المحتمل لهذه النباتات في الأنواع الجرثومية الأخرى وبشكل خاص تلك المقاومة للعديد من الصادات الحيوية
- إجراء دراسة تتضمن مشاركة هذه المستخلصات مع الصادات الحيوية التقليدية للإسهام في التخفيف من آثارها الجانبية غير المرغوب فيها، فضلاً عن تقليل جرعتها وتحسين فعاليتها.

## 6-المراجع

- [1]. Quinn, P. J., Carter, M. E., Markey, B., & Carter, G. R. (2004). **Clinical veterinary microbiology**. Mosby. Elsevier, London, Sec, 2, 130 p1-646.
- [2]. Randhir, R.; Lin, Y. T. & Shetty, K. (2004). **Phenolics, their antioxidant and antibacterial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors**. Asia Pac. J. Clin.Nutr.,13(3):295- 307.
- [3]. Jaafar, N. S., & Jaafar, I. S. (2019). *Eruca sativa* Linn.: Pharmacognostical and pharmacological properties and pharmaceutical preparations. Asian J Pharm Clin Res, 12(3), 39-45
- [4]. Marwat, S. K., ur Rehman, F., & Khan, A. A. (2016). **Phytochemistry and Pharmacological Values of Rocket (*Eruca sativa* Miller)AReview**. International Journal of Horticulture, 6(16).
- [5]. Hall , MK. Jobling JJ, Rogers GS.(2012). **Some perspectives on rocket as a vegetable crop: A review**. Veget Crops Res Bull;76:21–41.
- [6]. كينا جوماك ، دو فريس جان. (2003). بدائل المضادات الحيوية: Natural Alternatives to Antibiotics العبيكان للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية. ص 44
- [7]. الجنابي، جواد كاظم، كمال، صابرين عبد الأمير. (2014). تقويم كفاءة مستخلصات الشاي الأخضر والدارسين في نمو الفطر ، mentagrophytes مجلة جامعة بابل، العلوم الصرفة والتطبيقية، 22(2)، قسم علوم الحياة- كلية العلوم- جامعة بابل - العراق، الصفحات 651-660.
- [8]. Ansari MN. (2015). **Influence of dietary rocket leaves on diuresis and urinary electrolytes excretion in high fat diet-induced obese rats**. BEPLS;4: 9-13.

- [9]. بركة، مراد عبد الرحمن، الزكراوي، أحمد مسعود. (2012). دراسة ارتباط المقاومة للمضادات الحيوية بالمحتوى البلازميدي في عزلتين من بكتيريا السالمونيلا ودوره في اتساع طيف المقاومة الدوائية بين البكتيريا المعوية، قسم علم الحيوان- كلية العلوم- جامعة سبها – ليبيا.
- [10]. Funatogawa, K., Hayashi, S., Shimomura, H., Yoshida, T., Hatano, T., Ito, H., & Hirai, Y. (2004). **Antibacterial activity of hydrolyzable tannins derived from medicinal plants against *Helicobacter pylori***. *Microbiology and immunology*, 48(4), 251-261.
- [11]. McAninch, Jack, W., et al. Smith &. (2013). **Tanagho's general urology**. New York: McGraw-Hill Medical.
- [12]. Auddy, B., Ferreira, M., Blasina, F., Lafon, L., Arredondo, F., Dajas, F., ... & Mukherjee, B. (2003). **Screening of antioxidant activity of three Indian medicinal plants, traditionally used for the management of neurodegenerative diseases**. *Journal of Ethnopharmacology*, 84(2-3), 131-138.
- [13]. Brown, A. E. (2007). **Benson's Microbiological Application-s. 10th ed published by McGraw- Hill, New York, USA.**
- [14]. Marti ́nez-Sa ́nchez A, Gil-Izquierdo A, Gil MI, Ferreres F. (2008). **A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf Brassicaceae species.** *J Agric Food Chem*. 56:2330–2340.
- [15]. Hassiotis, C. N. and Lazari, D. M., (2010). **Decomposition process in theMediterranean region. Chemical compounds and essentialoil degradationfrom *Myrtus communis***. *International Biodeterioration & Biodegradation*, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ibiod](http://www.elsevier.com/locate/ibiod), pp. 1-7.
- [16]. Parekh J, Karathia N, Chanda S (2006). **Screening of some traditionallyused medicinal plants for potential antibacterial activity**. *India J. Pharm. Sci*. 68(6): 832-834.

- [17]. Kyung, K.H.& Lee, Y.C.(2001). **Antimicrobial activity of sulfur compound derived from some S-Alkyl-systeine sulfoxides and Allium and Brassica food** Rev. Int.17(2):190-198.
- [18]. Blamey, M., & Grey-Wilson, C. (1989). **Illustrated flora of Britain and Northern Europe**. Hodder and Stroughton,p545.
- [19]. Abdou, I. A., Abou-Zeid, A. A., El-Sherbeeney, M. R., & Abou-El-Gheat, Z. H. (1972). **Antimicrobial activities of Allium sativum, Allium cepa, Raphanus sativus, Capsicum frutescens, Eruca sativa, Allium kurrat on bacteria**. Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles, 22(1), 29-35.
- [20]. Ikigai, H., Nakae, T., Hara, Y., & Shimamura, T. (1993). **Bactericidal catechins damage the lipid bilayer**. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes, 1147(1), 132-136.
- [21]. Roos, V., Nielsen, E. M., & Klemm, P. (2006). **Asymptomatic bacteriuria Escherichia coli strains: adhesins, growth and competition**. FEMS microbiology letters, 262(1), 22-30.
- [22]. العبيدي ،علي. (2013). دراسة التأثير الحيوي لمستخلصات الغار وورق الجرجير (*Eruca sativa*. L) داخل وخارج الجسم الحي، الجامعة المستنصرية -كلية التربية الأساسية،العراق .
- [23]. Abdou, I. A., Abou-Zeid, A. A., El-Sherbeeney, M. R., & Abou-El-Gheat, Z. H. (1972). **Antimicrobial activities of Allium sativum, Allium cepa, Raphanus sativus, Capsicum frutescens, Eruca sativa, Allium kurrat on bacteria**. Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles, 22(1), 29-35.
- [24]. Ullah .A , Ahmad , f. Noor, j. (2018) .**Evaluation of the antibacterial potential of Eruca sativa Mill (Brassicaceae) in vitro** . Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES),13(1),43-50

- [25]. الحكم ،وسيم،. السعدي، محمد،. آغا ،عصام ،القاضي، عماد،. دركت، أحمد،. الشاطر، زهير ،. ابراهيم، ثروت،. قربيصة ،محمد. (2012). أطلس النباتات الطبية والعطرية في الوطن العربي ،جامعة الدول العربية.المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة ،أكساد، دمشق، سوريا.
- [26]. Salvatore, S., Salvatore, S., Cattoni, E., Siesto, G., Serati, M., Sorice, P., & Torella, M. (2011). **Urinary tract infections in women.** European journal of obstetrics & gynecology and reproductive biology, 156(2), 131-136.
- [27]. Collins, C. H., Lyne, P. M., Gran-ge, J. M. and Falkinha III, J. O. (2004). **Microbiological Methods. 8th ed. Arnold a member of the Hodder Headline Group London.**
- [28]. Brown, A. E. (2007). **Benson's Microbiological Application-s. 10th ed published by McGraw- Hill, New York, USA.**
- [29]. Quinn, P. J., Carter, M. E., Markey, B., & Carter, G. R. (2004). **Clinical veterinary microbiology.** Mosby. Elsevier, London, Sec, 2, 130 p1-646.
- [30]. Hall , MK. Jobling JJ, Rogers GS.(2012). **Some perspectives on rocket as a vegetable crop: A review.** Veget Crops Res Bull;76:21–41.
- [31]. اشكورفوا، ربيعة ، الجنقاوي ،عتيقة ،. الاسود،نادية .(2019).الكشف العضوي لبعض المركبات الكيميائية لمستخلصات الملفوف الاخضر والبنفسجي،المجلة الدولية للعلوم والتقنية،العدد16،قسم الكيمياء- كلية العلوم- جامعة المرقب،ص1-15.
- [32]. Edeoga H.O., Okwu D.E., (2005). **Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants: Afr. J. Biotechnol., 4(7): 685-688.**
- [33]. شوكت ،مؤيد، علي، عبد الأمة ، فرحان، حسين. ( 2008). دراسة تأثير الخلاصات المائية لبعض النباتات في علاج التهاب اللثة الحاد والمزمن،المجلة العراقية للعلوم،(1)49،ص69-73.
- [34]. ميرزا ،جمعة، حسن، طاهر. (2007). عملي كيمياء المنتجات الطبيعية،كلية العلوم،جامعة البعث،ص1-157.

- [35]. Joy P. P.; Thomas J.; Mathew S.; Skaria B. P., (1998). **Medicinal Plants**. Kerala Agricultural University. Aromatic and Medicinal Plants Research Station, India. pp. 1-211.
- [36]. Ikigai, H., Nakae, T., Hara, Y., & Shimamura, T. (1993). **Bactericidal catechins damage the lipid bilayer**. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1147(1), 132-136.
- [37]. علي، انتصار، علي حسين، أمل . (2007). فعالية مستخلص نبات الجرجير *Eruca sativa* كمضاد لبكتريا الموجبة والسالبة لصبغة غرام، مجلة أم سلمى للعلوم، 4(3)، 375-378.
- [38]. Funatogawa, K., Hayashi, S., Shimomura, H., Yoshida, T., Hatano, T., Ito, H., & Hirai, Y. (2004). **Antibacterial activity of hydrolyzable tannins derived from medicinal plants against Helicobacter pylori**. *Microbiology and immunology*, 48(4), 251-261.
- [39]. Jin, J., Koroleva, O., Gibson, T., Swanston, J., Magan, J., & Zhang, Y. (2009). **Analysis of phytochemical composition and chemoprotective capacity of rocket (*Eruca sativa* and *Diplotaxis tenuifolia*) leafy salad following cultivation in different environments**. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 57, 5227-5234.
- [40]. Randhir, R.; Lin, Y. T. & Shetty, K. (2004). **Phenolics, their antioxidant and antibacterial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors**. *Asia Pac. J. Clin.Nutr.*, 13(3):295- 307.
- [41]. Wittstock, U., Kliebenstein, D. J., Lambrix, V., Reichelt, M., & Gershenzon, J. (2003). **Chapter five Glucosinolate hydrolysis and its impact on generalist and specialist insect herbivores**. In *Recent advances in phytochemistry* (Vol. 37, pp. 101-125).

تأثير بعض المستخلصات العضوية لنبات الجرجير المزروع *Eruca sativa* على نمو بعض العزلات  
الجرثومية المسببة لإنتانات المسالك البولية

---