

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 1

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

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

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

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

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

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

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابية 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		
26-11	حنان إبراهيم د. عصام ديبان	التموضع المتبادل للأغلفة الخطية لمدارات مناحي التناظر الأربعة، والمتقاطعة بأربعة مستقيمات شكلت مستقيمين مضاعفين
50-27	صفا الصويلح د. ريم طليمات د. ثناء شريتح	تحضير وتوصيف أكسيد النحاس بطريقة الترسيب ودراسة فعاليته الحفزية
72-51	لؤي صالحه د. طالب غريبة د. رياض الحميدو	مسلمات شبه الفصل في الفضاءات النتروسوفيقية الكلاسيكية الثنائية
110-73	د. محمد خالد يزبك	دراسة ستراتيجرافية وبيوستراتيجرافية لصخور الباليوسين والإيوسين في شمال غرب السلسلة التدمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب، سورية

130-111	د. محمد شراباتي	وجود الحل المستمر لمعادلة مونج - أمبير العقدية من أجل قياس يحقق بعض الشروط
150-131	محمد محمد د. بدر الأعرج د. ناصر سعد الدين	الانتقال الطوري من النظام البلوري رباعي الأضلاع إلى المكعبي والخصائص البنيوية لمركبات ناتوية من تيتانات الباريوم المشابهة بالسترونسيوم

التموضع المتبادل للأغلفة الخطية لمدارات مناخي التناظر الأربعة، والمتقاطعة بأربعة مستقيمات شككت مستقيمين مضاعفين

د. عصام ديبان: أستاذ مساعد في قسم الرياضيات، كلية العلوم، جامعة البعث.
حنان ابراهيم: طالبة دكتوراه في قسم الرياضيات، كلية العلوم، جامعة البعث.

ملخص البحث:

ندرس في هذا البحث إحدى حالات تقاطع الأغلفة الخطية لمدارات مناخي تناظر السطح الجبرية F_n المعطاة بالمعادلة:

$$R \left(y_1^2 + \sum_{i=1}^{\lambda} \xi_i Z_i \right) + S \left(y_2^2 + \sum_{j=1}^{\mu-1} \zeta_{\lambda+j} Z_{\lambda+j} \right) + \\ + T \left(y_3^2 + \sum_{k=1}^{g-1} \chi_{r_1+k} Z_{r_1+k} \right) + P \left(y_4^2 + \sum_{\ell=1}^{v-1} \psi_{r+\ell} Z_{r+\ell} \right) = c$$

عندما تتقاطع هذه الأغلفة بأربعة مستقيمات، وينطبق بعضها لتشكّل مستقيمين مضاعفين. ونوجد العلاقات التي تربط بين الدوال ξ, ζ, χ, ψ وكثيرات الحدود R, S, T, P ، ونحدد المترابطة الهندسية الواجب تحققها، حتى يكون تموضع الغلاف الرابع عشوائياً.

كلمات مفتاحية: سطح جبري، غلاف خطي، منحنى تناظر، مستوي تناظر، زمرة تامة.

Mutual arrangement of linear envelopes of the four orbits of symmetry directions, intersecting by four straights which form two multiple straights

Abstract:

In this research, we study one of the cases of intersection of linear envelopes for the orbits of symmetry directions of algebraic surfaces, given by the equation:

$$R \left(y_1^2 + \sum_{i=1}^{\lambda} \xi_i Z_i \right) + S \left(y_2^2 + \sum_{j=1}^{\mu-1} \zeta_{\lambda+j} Z_{\lambda+j} \right) + \\ + T \left(y_3^2 + \sum_{k=1}^{g-1} \chi_{r_1+k} Z_{r_1+k} \right) + P \left(y_4^2 + \sum_{\ell=1}^{v-1} \psi_{r+\ell} Z_{r+\ell} \right) = c$$

when these envelopes intersect by four straights (in this case, two multiple straights). And we find the relationships between the functions ξ, ζ, χ, ψ , and the polynomials R, S, T, P , then we define the geometric inequality, which makes the position of the fourth envelope random.

Keywords: Algebraic surface, linear envelope, symmetry direction, symmetry plane, complete group.

1. مقدمة:

أصبحت دراسة التموضع المتبادل للأغلفة الخطية لمدارات مناحي تناظر السطوح الجبرية F_n في الفضاء الإقليدي E^m ، من أهم القضايا العلمية، وهذا ما اتضح بمتابعة دراسة النظرية الهندسية للامتغيرات الزمر.

وتمت دراسة هذه القضية بشكل كامل، من أجل ثلاثة مدارات [5], [6]، وأربعة مدارات غير متقاطعة، والمتقاطعة بمستقيم واحد [4], [7]، والمتقاطعة بمستقيمين مختلفين، وبثلاثة مستقيمات مختلفة، وبثلاثة مستقيمات عندما ينطبق اثنان منها [1], [2], [3], [8], [9], [10], [11]، وتتم حالياً دراسة حالة تقاطع الأغلفة الخطية بأربعة مستقيمات مختلفة، وذلك ضمن أطروحة دكتوراه مسجلة في جامعة البعث للباحثة زينة جبر، أما في هذا البحث، فسنقوم بدراسة إحدى حالات تقاطع الأغلفة بأربعة مستقيمات، عندما ينطبق بعضها لتشكل مستقيمين مضاعفين.

2. هدف البحث:

نهدف للحصول على المترجمات الهندسية، التي تعين الشرط النهائي للتموضع المتبادل لتلك الأغلفة الخطية، ويتم في هذا السياق إيجاد المعادلة القانونية للسطوح الجبرية الخاصة F_n ، اللامتغيرة بالنسبة للزمر التامة G ، وإيجاد معادلات مستويات تناظر هذه السطوح.

3. المناقشة والنتائج:

قبل البدء بدراسة معادلة السطح F_n لابد من إدخال بعض الرموز والمصطلحات اللازمة للدراسة:

Π^1 : الغلاف الأول، Π^2 : الغلاف الثاني، Π^3 : الغلاف الثالث، Π^4 : الغلاف الرابع

$$\Pi^{r_1} = \Pi^\lambda + \Pi^\mu \quad , \quad \Pi^r = \Pi^{r_1} + \Pi^\nu$$

$$\Pi^{r_2} = \Pi^\lambda + \Pi^\nu \quad , \quad \Pi^{r_3} = \Pi^\mu + \Pi^\nu$$

$$\Pi^{\nu t} = \Pi^\nu \cap \Pi^{r_t} \quad ; \quad (t = 1,2,3)$$

$$\Pi^g = \Pi^\nu \cap \Pi^{r_1}$$

$$\lambda \geq \mu \geq \nu \geq \nu$$

ليكن السطح F_n ($n > 2$) غير الإسطواني، ذو زمرة التناظر التامة G ، معطى في جملة الإحداثيات الديكارتية بالمعادلة:

$$R \left(y_1^2 + \sum_{i=1}^{\lambda} \xi_i Z_i \right) + S \left(y_2^2 + \sum_{j=1}^{\mu-1} \zeta_{\lambda+j} Z_{\lambda+j} \right) + \quad (1)$$

$$+ T \left(y_3^2 + \sum_{k=1}^{g-1} \chi_{r_1+k} Z_{r_1+k} \right) + P \left(y_4^2 + \sum_{\ell=1}^{\nu-1} \psi_{r+\ell} Z_{r+\ell} \right) = c$$

حيث تتعلق كثيرات الحدود R, S, T, P والدوال الخطية $\xi_i, \zeta_{\lambda+j}, \chi_{r_1+k}, \psi_{r+\ell}$ بالمتحولات $x_\tau (\tau = \overline{1, \rho})$.

لندرس إحدى حالات تقاطع الأغلفة الخطية الأربعة بأربعة مستقيمات، في حال انطباق هذه المستقيمات وتحولها إلى مستقيمين مضاعفين، وهي حالة تقاطع الغلاف الأول مع الثاني والثالث بالمستقيم OZ_1 ، وتقاطع الغلاف الأول مع الثاني والرابع بالمستقيم OZ_λ أي:

$$\Pi^\lambda \cap \Pi^\mu \cap \Pi^\nu = OZ_1$$

$$\Pi^\lambda \cap \Pi^\mu \cap \Pi^\nu = OZ_\lambda$$

أولاً: دراسة حالة $(\Pi^{v-1} \subset \Pi^r)$ $v_2 = v_3 = 0, v \geq v_1 > 0$

في هذه الحالة نتحقق العلاقات:

$$\begin{aligned} R &= R_0 \cdot \zeta_{\lambda+1} & , & & S &= R_0 \cdot \xi_{\lambda} \\ R &= T_0 \cdot \chi_{r_1+1} & , & & T &= T_0 \cdot \xi_{\lambda} \\ R &= P_0 \cdot \psi_{r+1} & , & & P &= P_0 \cdot \xi_{\lambda-1} \\ S &= S_0 \cdot \psi_{r+1} & , & & P &= S_0 \cdot \zeta_{\lambda+2} \end{aligned} \quad (2)$$

حيث:

$$\zeta_{\lambda+1} \neq c\xi_{\lambda} \quad , \quad \chi_{r_1+1} \neq c\xi_{\lambda} \quad , \quad \psi_{r+1} \neq c\xi_{\lambda}$$

من (2) نستنتج:

$$R_0 \cdot \zeta_{\lambda+1} = T_0 \cdot \chi_{r_1+1} \Rightarrow R_0 = \frac{T_0}{\zeta_{\lambda+1}} \chi_{r_1+1}$$

بوضع $R_1 = \frac{T_0}{\zeta_{\lambda+1}}$ نجد:

$$R_0 = R_1 \chi_{r_1+1} \quad , \quad T_0 = R_1 \zeta_{\lambda+1}$$

$$R_0 \cdot \zeta_{\lambda+1} = P_0 \cdot \psi_{r+1} \Rightarrow$$

$$R_0 = P_1 \psi_{r+1} \quad \& \quad P_0 = P_1 \zeta_{\lambda+1} \quad ; \quad P_1 = \frac{P_0}{\zeta_{\lambda+1}}$$

$$R_0 \cdot \xi_{\lambda} = S_0 \cdot \psi_{r+1} \Rightarrow$$

$$R_0 = S_1 \psi_{r+1} \quad \& \quad S_0 = S_1 \xi_{\lambda} \quad ; \quad S_1 = \frac{S_0}{\xi_{\lambda}}$$

$$P_0 \cdot \xi_\lambda = S_0 \cdot \zeta_{\lambda+2} \quad \Rightarrow$$

$$P_0 = S_1 \zeta_{\lambda+2} \quad \& \quad S_0 = S_1 \xi_\lambda \quad ; \quad S_1 = \frac{S_0}{\xi_\lambda}$$

ومنه فإن كثيرات الحدود R, S, T, P تأخذ الشكل:

$$\begin{aligned} R &= R_1 \chi_{r_1+1} \zeta_{\lambda+1} & , & & S &= R_1 \chi_{r_1+1} \xi_\lambda \\ T &= R_1 \zeta_{\lambda+1} \xi_\lambda & , & & P &= R_1 \frac{\chi_{r_1+1}}{\psi_{r_1+1}} \xi_\lambda \zeta_{\lambda+2} \end{aligned}$$

لكن نجد من (2) أيضاً أن:

$$T_0 \chi_{r_1+1} = P_0 \cdot \psi_{r_1+1} \quad \Rightarrow \quad \chi_{r_1+1} = c \psi_{r_1+1} \quad ; \quad c = \frac{P_0}{T_0}$$

ومنه فإن كثيرات الحدود R, S, T, P يمكن أن تأخذ الشكل:

$$\begin{aligned} R &= R_1 \chi_{r_1+1} \zeta_{\lambda+1} & , & & S &= R_1 \chi_{r_1+1} \xi_\lambda \\ T &= R_1 \zeta_{\lambda+1} \xi_\lambda & , & & P &= R_1 c \xi_\lambda \zeta_{\lambda+2} \end{aligned} \quad (3)$$

ومن جهة أخرى ينتج من (2) أن:

$$\begin{aligned} \zeta_{\lambda+1} &= c_1 \chi_{r_1+1} & , & & \zeta_{\lambda+1} &= c_2 \psi_{r_1+1} \\ \xi_\lambda &= c_3 \psi_{r_1+1} & , & & \xi_\lambda &= c_4 \zeta_{\lambda+2} \end{aligned} \quad (4)$$

الآن لنفرض أن:

$$\Pi^g = \Pi^h \oplus \Pi^1(Z_1)$$

يمكن تعيين المستوي Π^h في المستوي Π^{r_1} [4] بالمعادلات الآتية:

$$Z_{h+\varepsilon} = \sum_{p=1}^h a_{\varepsilon p} Z_p \quad ; \quad \varepsilon = \overline{1, \lambda - h} \quad (5)$$

$$Z_{\lambda+j} = \sum_{p=1}^h b_{jp} Z_p \quad ; \quad j = \overline{1, \mu - 2}$$

حيث أن: $\text{rang} \|b_{jp}\| = h$, $\sum_j b_{jp}^2 > 0$

لنأخذ في المستوي Π^h محاور إحداثية جديدة OZ'_p ، عندها، واستناداً إلى ماسبق، يمكن اعتماد دساتير التحويل:

$$Z_p = Z'_p \quad ; \quad p = \overline{1, h}$$

$$Z_{h+\varepsilon} = Z'_{h+\varepsilon} + \sum_{p=1}^h a_{\varepsilon p} Z'_p \quad ; \quad \varepsilon = \overline{1, \lambda - h} \quad (6)$$

$$Z_{\lambda+j} = Z'_{\lambda+j} + \sum_{p=1}^h b_{jp} Z'_p \quad ; \quad j = \overline{1, \mu - 2}$$

فتأخذ معادلة السطح F_n في الجملة الجديدة الشكل:

$$R \left(y_1^2 + \sum_{i=1}^{\lambda-h} \xi_{h+i} Z'_{h+i} \right) + S \left(y_2^2 + \sum_{j=1}^{\mu-2} \zeta_{\lambda+j} Z'_{\lambda+j} \right) +$$

$$\begin{aligned}
 & +T \left(y_3^2 + \sum_{p=1}^h \chi_p Z'_p + \sum_{k=1}^{g-1} \chi_{r_1+k} Z_{r_1+k} \right) + \\
 & +P \left(y_4^2 + \sum_{\ell=1}^{v-1} \psi_{r+\ell} Z'_{r+\ell} \right) = c \quad (7)
 \end{aligned}$$

حيث χ_p دوال خطية في المتحولات x_ω ($\omega = \overline{1, \rho} \geq 2$)، كما أن χ_p و χ_{r_1+k} تشكل جملة مستقلة خطياً، كون السطح F_n ليس أسطوانياً، ويمكن أن تعطى بالشكل:

$$\begin{aligned}
 \chi_p & = \lambda_0^{-1} \left(\xi_p + \sum_{\varepsilon=1}^{\lambda-h} a_{\varepsilon p} \xi_{h+\varepsilon} \right) \\
 & = \lambda_1^{-1} \sum_{j=1}^{\mu-2} b_{jp} \zeta_j \quad ; p = \overline{1, h} \quad (8)
 \end{aligned}$$

حيث λ_0 و λ_1 وسيطان حقيقيان اختياريان.

بتعويض قيم Z' في المعادلة الجديدة للسطح، والاستفادة من تعريف χ_p نجد أن:

$$T = \lambda_0 R + \lambda_1 S \quad (9)$$

بالاستفادة من (2) و (9) نجد أن:

$$\begin{aligned}
 T_0 \xi_\lambda & = \lambda_0 R_0 \zeta_{\lambda+1} + \lambda_1 R_0 \xi_\lambda \\
 T_0 \xi_\lambda & = R_0 (\lambda_0 \zeta_{\lambda+1} + \lambda_1 \xi_\lambda) \\
 \Rightarrow \frac{R_0}{T_0} & = \frac{\xi_\lambda}{\lambda_0 \zeta_{\lambda+1} + \lambda_1 \xi_\lambda}
 \end{aligned}$$

وأيضاً من جهة أخرى:

$$T_0 \xi_\lambda = \lambda_0 T_0 \chi_{r_1+1} + \lambda_1 R_0 \xi_\lambda$$

$$T_0 (\xi_\lambda - \lambda_0 \chi_{r_1+1}) = \lambda_1 R_0 \xi_\lambda$$

$$\Rightarrow \frac{R_0}{T_0} = \frac{\xi_\lambda - \lambda_0 \chi_{r_1+1}}{\lambda_1 \xi_\lambda}$$

ومنه:

$$\frac{R_0}{T_0} = \frac{\xi_\lambda}{\lambda_0 \zeta_{\lambda+1} + \lambda_1 \xi_\lambda} = \frac{\xi_\lambda - \lambda_0 \chi_{r_1+1}}{\lambda_1 \xi_\lambda} = \frac{\chi_{r_1+1}}{\zeta_{\lambda+1}} \quad (10)$$

نستنتج:

$$\xi_\lambda = a_1 (\lambda_0 \zeta_{\lambda+1} + \lambda_1 \xi_\lambda) \Rightarrow$$

$$\xi_\lambda = \frac{a_1 \lambda_0}{1 - a_1 \lambda_1} \zeta_{\lambda+1}; \quad a_1 = \frac{\chi_{r_1+1}}{\zeta_{\lambda+1}} \quad (11)$$

$$\xi_\lambda - \lambda_0 \chi_{r_1+1} = a_1 \lambda_1 \xi_\lambda \Rightarrow$$

$$\xi_\lambda = \frac{\lambda_0}{1 - a_1 \lambda_1} \chi_{r_1+1} \quad (12)$$

$$\chi_{r_1+1} = a_1 \zeta_{\lambda+1} \quad (13)$$

نتيجة: تحقق الدالتان χ_{r_1+1} و $\zeta_{\lambda+1}$ العلاقة (13)، وترتبطان خطياً مع الدالة ξ_λ بالعلاقين (11) و (12).

لمعرفة علاقة كثيرات الحدود والدوال الخطية ننطلق من (10)، فنجد:

$$R_0 = R_1 \xi_\lambda$$

$$T_0 = R_1(\lambda_0\zeta_{\lambda+1} + \lambda_1\xi_\lambda) \quad ; \quad R_1 = \frac{T_0}{\lambda_0\zeta_{\lambda+1} + \lambda_1\xi_\lambda}$$

نعوض في (2) نجد:

$$\begin{aligned} R &= R_1\xi_\lambda\zeta_{\lambda+1} \\ S &= R_1\xi_\lambda^2 \\ T &= R_1(\lambda_0\zeta_{\lambda+1} + \lambda_1\xi_\lambda)\xi_\lambda \\ P &= R_1\frac{\xi_\lambda^2\zeta_{\lambda+2}}{\psi_{r+1}} \end{aligned} \quad (14)$$

بالعودة إلى العلاقة (9) والاستفادة من (2) نجد أيضاً:

$$\begin{aligned} T_0\xi_\lambda &= \lambda_0T_0\chi_{r_1+1} + \lambda_1S_0\psi_{r+1} \\ T_0(\xi_\lambda - \lambda_0\chi_{r_1+1}) &= \lambda_1S_0\psi_{r+1} \end{aligned}$$

ومنه:

$$\begin{aligned} \frac{T_0}{S_0} &= \frac{\lambda_1}{\xi_\lambda - \lambda_0\chi_{r_1+1}}\psi_{r+1} \\ \Rightarrow T_0 &= \frac{\lambda_1S_0}{\xi_\lambda - \lambda_0\chi_{r_1+1}}\psi_{r+1} \end{aligned}$$

$$T_0 = S_1\psi_{r+1} \quad ; \quad S_1 = \frac{\lambda_1S_0}{\xi_\lambda - \lambda_0\chi_{r_1+1}}$$

$$S_0 = \frac{T_0}{\lambda_1\psi_{r+1}}(\xi_\lambda - \lambda_0\chi_{r_1+1})$$

$$S_0 = \frac{S_1}{\lambda_1} (\xi_\lambda - \lambda_0 \chi_{r_1+1})$$

نعوض S_0 و T_0 في (2) نجد:

$$\begin{aligned} R &= S_1 \psi_{r_1+1} \chi_{r_1+1} \\ S &= S_1 \frac{\xi_\lambda - \lambda_0 \chi_{r_1+1}}{\lambda_1} \psi_{r_1+2} \\ T &= S_1 \psi_{r_1+1} \xi_\lambda \\ P &= S_1 \frac{\xi_\lambda - \lambda_0 \chi_{r_1+1}}{\lambda_1} \zeta_{\lambda+2} \end{aligned} \quad (15)$$

مبرهنة 1: عندما تتقاطع الأغلفة الخطية الأربعة وفق الآتي:

$$\Pi^\lambda \cap \Pi^\mu \cap \Pi^\nu = OZ_1$$

$$\Pi^\lambda \cap \Pi^\mu \cap \Pi^\nu = OZ_2$$

وبفرض أن $v \geq v_1 > 0$ ($v_2 = v_3 = 0$) فإن السطح F_n يتعين بالمعادلة (7)، وعندها تغطي الدوال الخطية $\chi_p(p = \overline{1, h})$ بالعلاقة (8)، وتحقق كثيرات الحدود R, S, T, P العلاقات (15).

ثانياً: دراسة حالة $v = v_1$

بفرض أن $v = v_1$ ($\Pi^\nu \subset \Pi^{r_1}$)، وباختيار مناسب للجملة الإحداثية $OZ_i (i = \overline{1, \lambda - 2})$ يمكن تعيين المستوي Π^ν في Π^{r_1} بالعلاقات:

$$Z'_p = 0 \quad ; \quad p = \overline{1, h}$$

$$Z'_{h+v-1+\sigma} = \sum_{q=1}^{v-1} C_{\sigma q} Z'_{h+q} \quad ; \quad \sigma = \overline{1, \lambda - h - v} \quad (16)$$

$$Z'_{\lambda+j} = \sum_{q=1}^{v-1} d_{jq} Z'_{h+q} \quad ; \quad j = \overline{1, \mu - 2}$$

$$\text{rang} \|d_{jq}\| = v - 1 \quad , \quad \sum_j d_{jq}^2 > 0 \quad \text{حيث}$$

إذا ما اخترنا في المستوي Π^v محاور إحداثية جديدة OZ''_{h+q} ، يمكن الحصول على دساتير تحويل الإحداثيات في المستوي Π^{r_1} بالعلاقات:

$$Z'_p = 0 \quad ; \quad p = \overline{1, h}$$

$$Z'_{h+q} = Z''_{h+q} \quad ; \quad q = \overline{1, v-1} \quad (17)$$

$$Z'_{h+v-1+\sigma} = Z''_{h+v-1+\sigma} + \sum_{q=1}^{v-1} C_{\sigma q} Z''_{h+q} \quad ; \quad \sigma = \overline{1, \lambda - h - v + 1}$$

$$Z'_{\lambda+j} = Z''_{\lambda+j} + \sum_{q=1}^{v-1} d_{jq} Z''_{h+q} \quad ; \quad j = \overline{1, \mu - 2}$$

فتأخذ معادلة السطح F_n في الجملة الجديدة الشكل:

$$\begin{aligned} R \left(y_1^2 + \sum_{i=1}^{\lambda-h-v+1} \xi_{h+v-1+i} Z''_{h+v-1+i} \right) + S \left(y_2^2 + \sum_{j=1}^{\mu-2} \zeta_{\lambda+j} Z''_{\lambda+j} \right) + \\ + T \left(y_3^2 + \sum_{p=1}^h \chi_p Z''_p + \sum_{k=1}^{g-1} \chi_{r_1+k} Z_{r_1+k} \right) + \end{aligned} \quad (18)$$

$$+P \left(y_4^2 + \sum_{q=1}^{v-1} \psi_{r+q} Z''_{r+q} \right) = c$$

حيث ψ_q دوال خطية في المتحولات x_ω ، ويمكن تعيينها بـ:

$$\begin{aligned} \psi_q &= h_0^{-1} \left(\xi_{h+q} + \sum_{\sigma=1}^{\lambda-h-v-1} C_{\sigma q} \xi_{h+v-1+\sigma} \right) \\ &= h_1^{-1} \sum_{j=1}^{\mu-2} d_{jq} \zeta_j \quad ; \quad q = \overline{1, v-1} \end{aligned} \quad (19)$$

حيث h_0 و h_1 وسيطان حقيقيان، وبالتالي:

$$P = h_0 R + h_1 S \quad (20)$$

يتعلق اختيار الدوال ψ_q ، إلى حدّ ما، بالدوال χ_p . ولا تتحقق المساواتان

$$h_0 = c\lambda_0 \quad , \quad h_1 = c\lambda_1$$

في آن معاً، مما يفرض شروطاً إضافية على اختيار مجموعة مستويات تناظر السطح F_n ، الموافقة لمناحي المستوي Π^v .

إن إيجاد الدوال χ_p و ψ_q بالعلاقات (8) و (19) ، يفرض شرطاً إضافياً إلى الشرط

$$h + v \leq \lambda - 1$$

وهو أن يكون

$$h + v \leq \mu - 1$$

بهذا الشكل نكون قد أثبتنا صحة المبرهنة الآتية:

مبرهنة 2: إذا كان $v = v_1$ وكانت الدوال χ_p و ψ_q معرفة بالعلاقات (8) و (19)، فإن تموضع الغلاف Π^v يكون عشوائياً ($\Pi^v = F\Pi^v$) إذا تحققت المتراجحة الهندسية

$$h + v \leq \mu - 1 \leq \lambda - 1$$

حين يتعين السطح F_n بالمعادلة (18).

التوصيات:

وفقاً لهذا السياق، لابد لنا من دراسة باقي حالات تشكل مستقيمات التقاطع المضاعفة، من أجل استنتاج المتراجحات الهندسية الموافقة، وتعيين معادلات السطوح الجبرية في كل حالة على حدة، بُغية استنتاج الشروط النهائية للتموضع المتبادل لهذه الأغلفة الخطية.

المراجع العربية:

1. د.عصام ديبان - التوضع المتبادل للأغلفة الخطية لمدارات مناحي التناظر الأربعة، 1999، مجلة جامعة البعث، المجلد (21) العدد (3).
2. د.عصام ديبان - تناظر السطوح الجبرية ذات مدارات مناحي التناظر الأربعة في الفضاء الإقليدي $E^m(I)$ ، 2007، مجلة جامعة البعث، المجلد (29) العدد (9).
3. د.عصام ديبان - تناظر السطوح الجبرية ذات مدارات مناحي التناظر الأربعة في الفضاء الإقليدي $E^m(II)$ ، 2011، مجلة جامعة البعث، المجلد (33).
4. Игнатенко В.Ф., 1989- Бесконечные группы, порождённых косыми отражениями. Взаимное расположение линейных оболочек четырех орбит направлений симметрии. I // Симфероп.ун-т; Симферополь, 32с.-Библ.4 назв.- Рус.- Деп. в УкрНИИТИ 31.10.89.№ 2373 -Ук.89.
5. Игнатенко В.Ф., 1980-геометрия алгебраических поверхностей с симметриями. // Проблемы геометрии / Итоги науки и техники.-М.: Наука, Т.11, с.203-240
6. Игнатенко В.Ф., 1984-Некоторые вопросы геометрической теории инвариантов групп, порожденных отражениями (ортогональными и косыми)// Проблемы геометрии / Итоги науки и техники.,-М.: Наука, Т.16.- с.915-229.
7. Игнатенко В.Ф., 1989- Бесконечные группы, порождённых косыми отражениями. Взаимное расположение линейных оболочек четырех орбит направлений симметрии. II//

Симфероп. ун-т; Симферополь, 34с.-Библ.5 назв.- Рус.- Деп. в УкрНИИНТИ 19.02.90.№ 224 -Ук.90.

8. Дибан Иссам, 1991- Бесконечные группы, порождённых косыми отражениями. Взаимное расположение линейных оболочек четырех орбит направлений симметрии.IV//

Симфероп. ун-т; Симферополь, 22с.-Библ.3 назв.- Рус.- Деп. в УкрНИИНТИ 17.02.92.№ 192 -Ук.92.

9. Дибан Иссам, 1992-Бесконечные группы, порождённых косыми отражениями. Взаимное расположение линейных оболочек четырех орбит направлений симметрии.V//

Симфероп. ун-т; Симферополь, 66с.-Библ.4 назв.- Рус.- Деп. в УкрИНТЭИ 17.09.92.№224-Ук.92.

10. Дибан Иссам. Бесконечные группы, порождённых косыми отражениями. Взаимное расположение линейных оболочек четырех орбит направлений симметрии. // Международная научная конференция "Лобачевский и современная геометрия"; Казань, август, 1992. -С.35.

11. Дибан Иссам. Бесконечные группы, порождённых косыми отражениями. Взаимное расположение линейных оболочек четырех орбит направлений симметрии. // Динам. Системы.- 1993. Вып. 12.

تحضير وتوصيف أكسيد النحاس بطريقة الترسيب ودراسة فعاليته الحفزية

طالبة الماجستير: صفا الصويلح

كلية العلوم - جامعة البعث

اشراف الدكتورة: ريم طليعات + د. ثناء شريتح

ملخص البحث

تم في هذا البحث تحضير مركب أكسيد النحاس بطريقة الترسيب وذلك انطلاقاً من ملح خلات النحاس وعوامل ترسيب مختلفة (هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد البوتاسيوم و كربونات الصوديوم). حيث يتشكل راسب من هيدروكسيد النحاس الذي يكلس عند الدرجة (350 °C). تم توصيف المركب الناتج (أكسيد النحاس) بالتقنيات (XRD, IR, SEM, BET).

درست الفعالية الحفزية لأكسيد النحاس المُحضر في تفاعل أكسدة أزرق الميتيلين حيث أبدى الحفاز E3 (أكسيد النحاس المتشكل بوجود عامل الترسيب هيدروكسيد الصوديوم) أعلى فعالية حفزية من بين الحفازات المُحضرة، وكان السطح النوعي له $30.79 \text{ m}^2/\text{g}$.

الكلمات المفتاحية: أكسيد النحاس، النانو، الترسيب، أزرق الميتيلين، السطح النوعي، الفعالية الحفزية.

Preparation and characterization of copper oxide by precipitation method and study of its catalytic activity

Abstract

In this research, the copper oxide compound was prepared by precipitation method, from copper acetate salt, and various precipitating agents (sodium hydroxide, potassium hydroxide and sodium carbonate). Where a precipitate is formed from copper hydroxide, which is calcined at (350 °C). The resulting compound (copper oxide) was characterized by the techniques. (XRD, IR, SEM, BET) The catalytic activity of copper oxide prepared in the methylene blue oxidation reaction was studied, the E3 catalyst (copper oxide formed in the presence of a precipitating agent of sodium hydroxide) showed the highest catalytic activity among the prepared catalysts, and its specific surface was 30.79 m²/g.

Keywords: copper oxide, nanoparticles, precipitation, methylene blue, specific surface, catalytic activity.

1 - المقدمة:

الحفاز مادة تضاف بكميات صغيرة إلى وسط التفاعل الكيميائي ليزيد من سرعة التفاعل دون أن يشارك في التفاعل، وتتم التفاعلات الحفزية بآليات تفاعل طاقتها التنشيطية أخفض من تلك التي تتم بدون حفاز [1].

تعتمد فعالية الحفاز على عدة عوامل [2]، أهمها:

- التركيب الكيميائي للحفاز.
- السطح النوعي للحفاز.
- نوعية وكمية المسام الموجودة في الحفاز.
- تركيز وطريقة توزيع الحفاز عند الاستعمال.

وبناءً على طبيعة الحفاز وطبيعة المواد المتفاعلة يمكن تقسيم عمليات الحفز إلى نوعين [3,4]:

- الحفز المتجانس.
- الحفز غير المتجانس.

لاقت الحفازات انتشاراً واسعاً في العديد من المجالات الصناعية ومنها مجال معالجة المياه. تنوعت التقنيات التي تستخدم في معالجة المياه (الامتزاز والحفز الضوئي والأكسدة المتقدمة) حيث تُعد أكسدة المواد العضوية من أفضل التقنيات لإزالة الملوثات من الأوساط المائية [5]، والتي تتمثل بإنتاج جذور هيدروكسيلية بوجود ضوء من الأشعة فوق البنفسجية، ويتم ذلك باستخدام الأوزون أو الماء الأكسجيني كمؤكسدات، حيث تم اقتراح عمليات الأكسدة المتقدمة باستخدام جذور الهيدروكسيل كعامل مؤكسد رئيسي لأول مرة في الثمانينيات لمعالجة مياه الشرب، وقد لاقت لاحقاً انتشاراً واسعاً حيث اعتمدت هذه التقنية في معالجة مياه الصرف الصحي لأن المؤكسدات يمكن أن تحلل الملوثات

العضوية بسهولة بالإضافة إلى قدرتها على إزالة بعض الملوثات غير العضوية من مياه الصرف الصحي، وهي طريقة غير انتقائية، وتكون التفاعلات الكيميائية التي تدخل بها الأكسدة المتقدمة أسرع بمليارات المرات من الأكسدة التي تحدث في البيئة [6].

يتم توليد جذور الهيدروكسيل من تحلل الماء الأكسجيني بوجود ضوء فوق بنفسجي.

حيث تمتاز الجذور الهيدروكسيلية على سطح الحفاز مما يؤدي لحدوث تفاعل بين الجذور الناتجة وبين الملوثات العضوية وذلك اعتماداً على خصائص المادة العضوية والحفاز المستخدم [7].

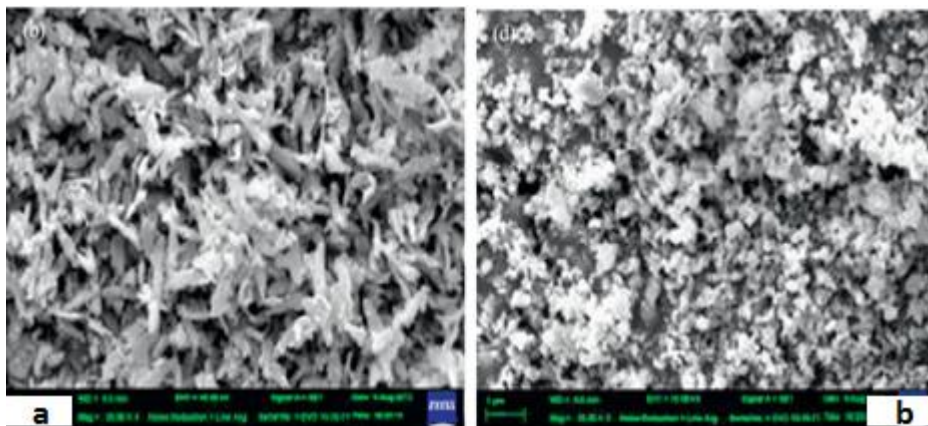
ازداد الاهتمام البحثي بالمواد النانوية وبشكل خاص جسيمات أكاسيد المعادن النانوية (كأكسيد النحاس النانوي) لما تمتلكه من خصائص مميزة كالمقاومة الكهربائية العالية والقوة والصلابة بالإضافة إلى النشاط البيولوجي متعدد الاستخدامات، حيث تستخدم هذه الجسيمات على نطاق واسع كمحفزات صناعية، وأجهزة استشعار كيميائية، وفي التطبيقات الطبية، وأشباه الموصلات وهي مفيدة أيضاً في تطوير الإلكترونيات الدقيقة [8,9].

ولتحقيق تشكل بلورات وجسيمات نانوية، تم تطوير عدد من الطرائق مثل: طريقة الترسيب والطريقة الهيدروحرارية وطريقة sol-gel.

فقد تم تحضير أكسيد النحاس بطريقة الترسيب انطلاقاً من أملاح نترات النحاس وكلوريد النحاس وذلك بتحضير محلولين بتركيز (0.1 M) لكل منهما، ومن ثم إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم بنفس التركيز حتى قيمة (pH=14). يفصل بعد ذلك الراسب ويغسل بالماء المقطر ثم يكلس عند الدرجة (500 °C) لمدة (4 h) [10].

تم توصيف الأكسيد الناتج باستخدام تقنيات (XRD, IR, SEM) وتبين من خلالها أن أكسيد النحاس المُحضر انطلاقاً من ملح نترات النحاس متبلور بشكل جيد مقارنة مع

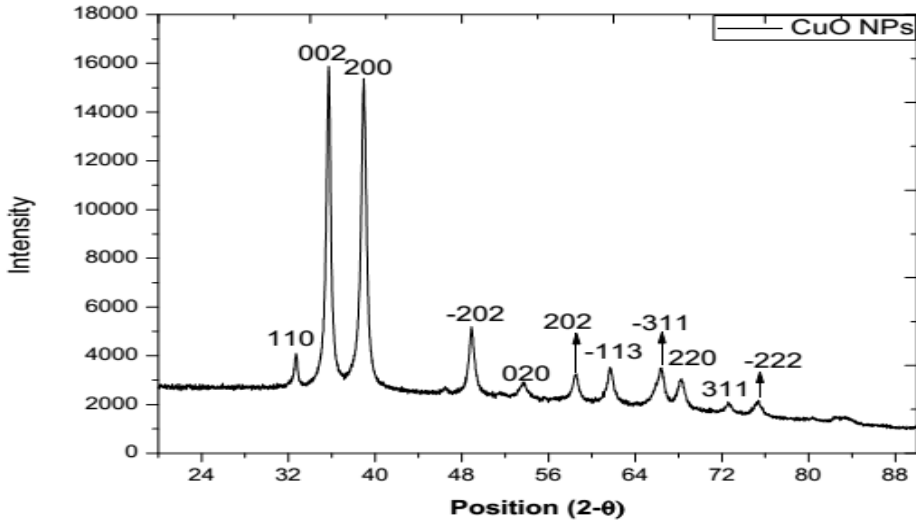
الأكسيد الناتج من استخدام كلوريد النحاس، وكذلك لوحظ أن حجم البلورات المتشكلة في حالة استخدام النترات أكبر من بلورات الأكسيد المُحضرة باستخدام كلوريد النحاس والتي ظهرت بشكل إسفنجي كما هو مبين في الشكل التالي [10]:



الشكل (1): صور المجهر الإلكتروني الماسح لأكسيد النحاس المحضر من ملح نترات النحاس (a) ومن ملح كلوريد النحاس (b).

كذلك حُضِرَ أكسيد النحاس النانوي بالطريقة الهيدروحرارية [11] انطلاقاً من ملح نترات النحاس المائية $(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ ومادة عضوية مستخلصة من أوراق أشجار الحور والمستخدممة كمثبت بوجود هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) والذي يضاف ببطء لضبط قيمة (pH = 10)، وبتسخين المحلول والتحرك لمدة (120 min).

يفصل الراسب ويجفف عند الدرجة (100 °C) لمدة (180 min) وبعد ذلك تم توصيفه بالتقنيات (XRD, IR, SEM)، وأظهرت النتائج أن أكسيد النحاس متبلور وفق أحجام نانوية تتراوح أبعادها (37-110 nm) وبمتوسط أبعاد قدره (87 nm)، بينما أكدت نتائج (XRD) التبلور النانوي للأكسيد المحضر وذلك من خلال تطابق المخطط الناتج مع البطاقة المرجعية ذات الرقم (JCPDS card 00-041-0254) ويبين الشكل التالي مخطط (XRD) الناتج [11]:



الشكل (2): مخطط (XRD) لأكسيد النحاس النانوي المُحضّر وفق الطريقة الهيدروحرارية.

وتم اعتماد كبريتات النحاس كمادة أولية لتحضير أكسيد النحاس بالطريقة الهيدروحرارية بوجود مواد مختلفة (حمض الطرطريك، حمض السيتريك، التيروزين) وبوسط قلوي من الأمونيا (NH_3) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH).

وُدُرست الفعالية الحفزية للعينات الناتجة عن طريق أكسدة أزرق الميتيلين بوجود الماء الأكسجيني (H_2O_2) وذلك باستخدام جهاز مطيافية (UV-VIS) [12].

وأيضاً تم تحضير أكسيد النحاس النانوي بطريقة Sol-gel وذلك بإضافة (100 ml) من محلول كلوريد النحاس ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) بتركيز (0.1 M) وإضافة مادة مستخلصة من أوراق الأشجار وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH). فصل الراسب وجفف عند الدرجة (100°C) لمدة (24 h) وبعد ذلك كلس عند الدرجة (500°C) لمدة (240 min). حضرت عينات أخرى بتركيز مختلفة من ملح كلوريد النحاس (0.2, 0.3 M).

تم توصيف الحفاز المُحضّر باستخدام تقنيات (XRD, IR, SEM) حيث أظهرت صور (SEM) أشكال بلورية مختلفة تبعاً لتغيير تركيز ملح كلوريد النحاس [13].

تم تحضير أكسيد النحاس النانوي بأشكال بلورية مختلفة (حبيبات نانوية غير منتظمة، صفائح نانوية، أحزمة نانوية) وذلك بتغيير بعض شروط التحضير ودرست فعاليتها الحفزية بتفاعل أكسدة CO إلى CO₂ ووجد أنّ سرعة أكسدة CO تختلف من حفاز إلى لآخر نتيجة لاختلاف البنية البلورية للحفاز، حيث أن سرعة أكسدة CO على الصفائح النانوية أكبر بست مرات من سرعة أكسدة CO على الحبيبات النانوية وأكثر بثلاث مرات من سرعة تفاعل الأكسدة على الأحزمة النانوية، وذلك عند الدرجة (110 °C) [14].

2- أهمية وهدف البحث:

نظراً للأهمية الكبيرة للحفازات والمواد النانوية في مجالات عديدة، كان الهدف من هذا البحث هو تحضير أكسيد النحاس CuO النانوي وبعد ذلك دراسة فعاليته الحفزية عن طريق أكسدة أزرق الميتيلين بوجود الماء الأكسجيني والذي يعتبر من الأصبغة الملوثة للماء وبذلك تأتي أهمية الحفازات المُحضرة باستخدامها في تنقية المياه من الأصبغة.

3- الجزء العملي:

3-1- التجهيزات والأدوات المستخدمة:

- ❖ بوتقات خزفية تتحمل درجات حرارة عالية.
- ❖ مرمدة كهربائية لحرق العينات من النوع (Carbolit).
- ❖ مضخة كهربائية للترشيح من شركة (Leybold.AG) الألمانية موصولة إلى حوالة زجاجية، جُهزت بقمع بوخنر وبورقة ترشيح.
- ❖ ميزان إلكتروني بدقة (0.0001 g) من شركة (Radwag).
- ❖ مجفف كهربائي لتجفيف العينات من شركة (Mettler) الألمانية.

❖ أدوات زجاجية متنوعة.

2-3- الأجهزة المستخدمة:

3-2-1- جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR):

تم تسجيل طيف الأشعة تحت الحمراء لجميع العينات المحضرة بواسطة جهاز (FT-IR-4100 type A) من شركة (Jasco) مجال القياس من $(400-4000 \text{ cm}^{-1})$ باستخدام طريقة أقراص بروميد البوتاسيوم KBr التي تستخدم بشكل واسع لتحليل العينات الصلبة. حيث تم مزج بضعة ميليغرامات من بودرة العينة مع بضعة ميليغرامات من بودرة بروميد البوتاسيوم الجافة. وبعد ذلك طحن المزيج ثم نقل إلى مكبس يدوي وضغط على شكل قرص شفاف ووضع ضمن الجهاز لتسجيل طيف العينة.

3-2-2- جهاز إنعراج الأشعة السينية (X-Ray Diffraction):

دُرست الأطوار البلورية للعينات المحضرة بواسطة جهاز إنعراج الأشعة السينية (PW-1840) من شركة (Philips) المصمم وفق طريقة براغ - برنتانو، يتراوح المجال الزاوي (2θ) بين $(30-120)$.

الجهاز موصول بحاسوب لأتمتة عمليات القياس والتحكم الآلي بالجهاز من خلال برنامج (Pc-APD) شركة (Philips)، يتضمن برنامج مقارنة لتحديد أكثر الطيوف المرجعية تطابقاً مع طيف العينة المدروسة. ويرسم طيف العينة المدروسة في نافذة الرسوم البيانية للبرنامج على شكل الأشعة المنعرجة (I) بدلالة (2θ) . حيث جُفت العينة المدروسة وطُحنت ووُضعت ضمن حامل مستوي بطريقة ثلاثم تصميم الجهاز المستخدم.

3-2-3- جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (SEM):

دُرست العينات المحضرة بواسطة جهاز المجهر الماسح الإلكتروني (Scanning Electron Microscop) من شركة (FEI) موديل (Quanta 200). يرتبط المجهر بوحدة تحليل (EDAX) رقمية مزودة بكاشف من نوع (Si(Li)) وببلورة رقيقة جداً حيث تصل شدة الفصل إلى أكبر من (123 eV). أُصقت العينة بعد تجفيفها على قطعة مستديرة من لاصق كربوني خاص ووضعت على حامل من الألمنيوم، وأدخلت إلى حجرة العينات في المجهر.

3-2-4- جهاز قياس السطح النوعي (BET):

دُرست العينات المحضرة بواسطة جهاز قياس السطح النوعي (BET) من شركة (Micromeritics Gemini 3)، يقوم هذا الجهاز على مبدأ إدخال النتروجين في الوقت نفسه في أنبوبين زجاجيين الأول للعينة المدروسة والثاني من أجل التوازن، واللذان يغمران في وعاء من النتروجين السائل. ويتألف هذا الجهاز من مجموعة من الصمامات والتوصيلات مهمتها الحفاظ على ضغط غاز النتروجين المطبق على العينة المدروسة لتعويض كمية الغاز الممتز من قبل العينة.

3-2-5- جهاز مطيافية الأشعة المرئية-فوق البنفسجية (UV-Vis):

استخدم جهاز تحليل طيفي ثنائي الحزمة من شركة (Optizen) اليابانية.

3-3- المواد المستخدمة في تحضير الحفاز:

* خلات النحاس ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) بنقاوة 98% من شركة (Merck).

* هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بنقاوة 99% من شركة (Merck).

* هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) بنقاوة 85% من شركة (Merck).

* كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) من شركة (Merck).

* أزرق الميثيلين ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$) بنقاوة 99% من شركة (Sigma Aldrich).

* الماء الأكسجيني (H_2O_2) تركيزه (30%) من شركة (Sigma Aldrich).

* أكسيد النحاس التجاري بنقاوة 98% من شركة (Sigma Aldrich).

3-4- طريقة العمل:

حُضِرَ محلول من خلات النحاس (0.1 M) في دورق سعته (100 ml)، ثم أُضِيفَ (100 ml) من محلول كربونات الصوديوم (0.1 M) بالتدريج البطيء مع التحريك المغناطيسي.

تم ترقيد المحلول السابق لمدة (24 h) ثم رُشِحَ وحصلنا على راسب أزرق، وجُفِّفَ عند الدرجة (60 °C) لمدة (1 h)، ثم تم تكليس الراسب عند الدرجة (350 °C) لمدة (4 h).

تم استبدال كربونات الصوديوم بهيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الصوديوم وبذلك حصلنا على ثلاث عينات مختلفة من الأكسيد بطريقة الترسيب.

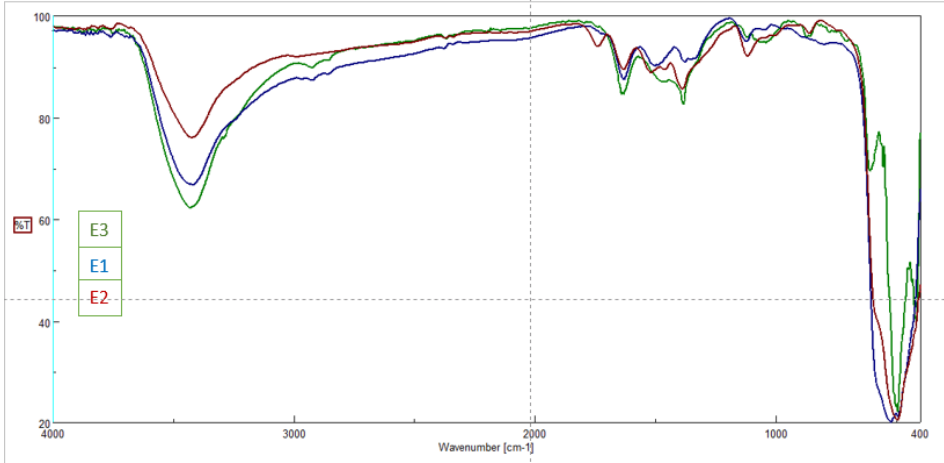
جدول (1): ترميز العينات.

رمز العينة	E4	E3	E2	E1
نوع CuO	CuO	CuO	CuO	CuO
	تجاري	عامل الترسيب	عامل الترسيب	عامل الترسيب
		NaOH	KOH	Na_2CO_3

4- النتائج والمناقشة:

1-4- توصيف العينات الناتجة بتقنية (IR):

تم تسجيل طيف (IR) للعينات المُحضرة (E1, E2, E3) ، ويبين الشكل التالي الطيف الناتج لهذه العينات:

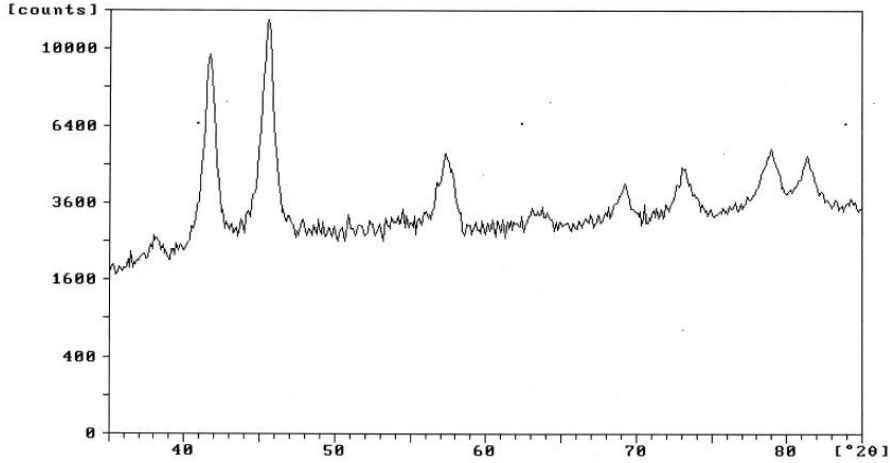


الشكل (3): طيف الأشعة تحت الحمراء للعينات (E1, E2, E3).

يظهر الطيف عصابة امتصاص عند العدد الموجي (3420 cm^{-1}) تعود إلى امتطاط الرابطة (O-H) لجزيء الماء أما عصابة الامتصاص القوية عند (493 cm^{-1}) ناتجة عن امتطاط الرابطة (Cu-O).

2-4- التوصيف باستخدام تقنية (XRD):

تم تسجيل مخطط (XRD) للعيينة (E3)، والشكل التالي يبين المخطط الناتج:



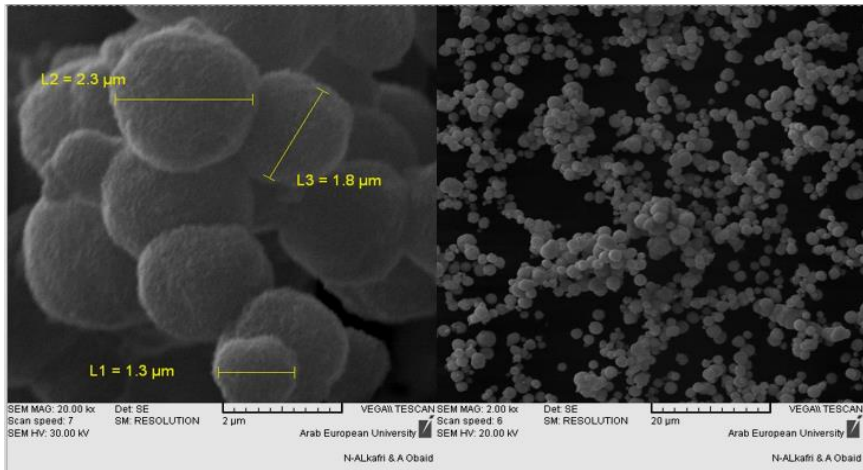
الشكل (4): مخطط (XRD) للعينة (E3).

بدراسة إنعراج الأشعة السينية للعينة (E3) والمعالجة عند درجة الحرارة (350 °C) لمدة (4 h) ظهرت عدة إشارات تدل على تبلور CuO وفق البطاقة المرجعية رقم (JCPDS 41-0254)، ولا يوجد إشارات أخرى لغير CuO مما يدل على نقاوة هذا الحفاز.

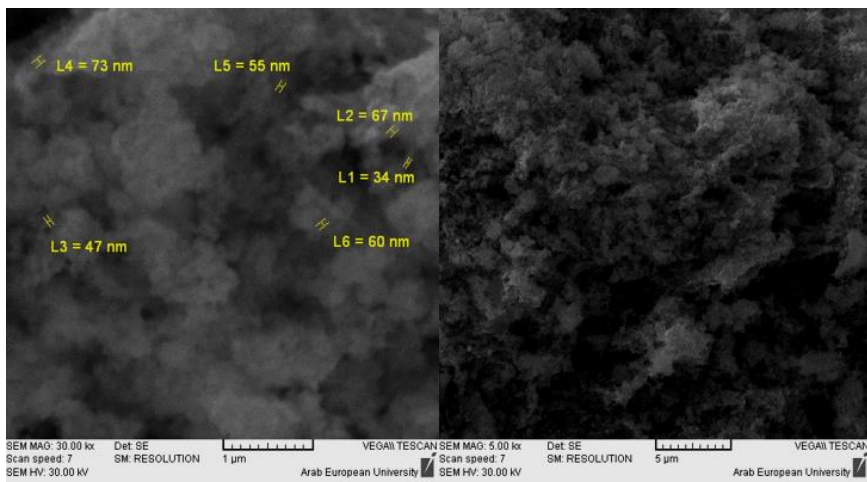
3-4- توصيف العينات باستخدام تقنية (SEM):

يبين الشكلان (5,6) صور المجهر الإلكتروني الماسح للعينتين (E2,E3) على التوالي، ويلاحظ من هذه الصور تغير بنية أكسيد النحاس بتغيير المادة المرسبة حيث أعطت شكل كرات باستخدام هيدروكسيد البوتاسيوم، وشكل إسفنجي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم.

أما أبعاد الحبيبات كانت بحدود (1.3-2.3 μm) للعينة (E2)، أما بالنسبة للعينة (E3) كانت أبعاد الحبيبات نانوية (34-73 nm).

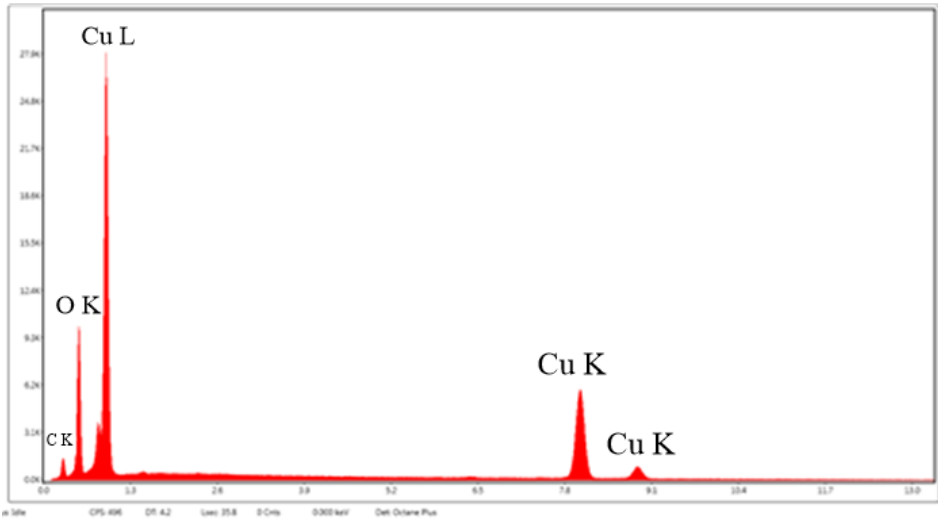


الشكل (5): صورة المجهر الإلكتروني الماسح للعينة (E2).

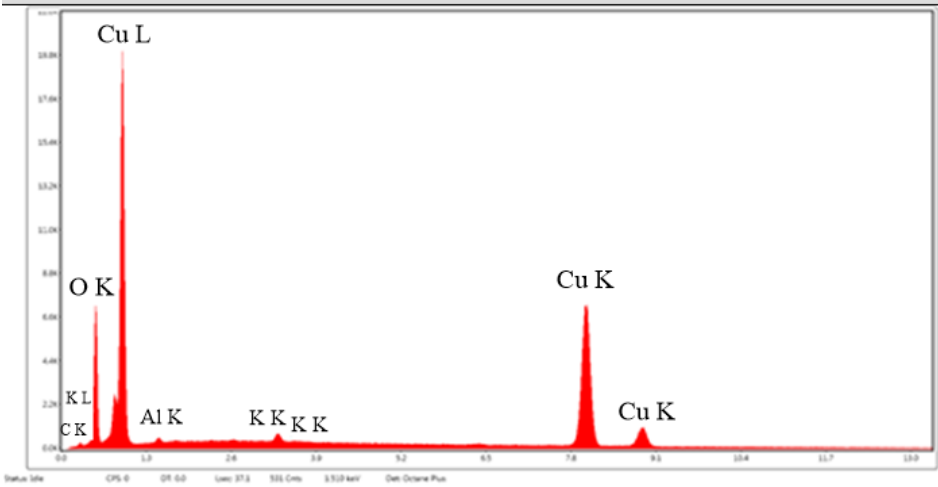


الشكل (6): صورة المجهر الإلكتروني الماسح للعينة (E3).

أما بالنسبة للتحليل العنصري للعينات (E2,E3) فقد تم الاعتماد على مخططات (EDX):



الشكل (7): مخطط (EDX) للعينة (E2).



الشكل (8): مخطط (EDX) للعينة (E3).

يبين الشكلان (7,8) أن معظم الخطوط الطيفية تعود لأكسيد النحاس ويبين الجدول التالي قيم النسب المئوية لكل عنصر لكلا العينتين مقارنة مع القيم النظرية:

جدول (2): قيم النسب المئوية لكل عنصر لكلا العينتين (E2, E3) مقارنة مع القيم النظرية.

نظرياً		E2		E3		العينة
Cu	O	Cu	O	Cu	O	العنصر
79.87	20.13	78.13	18.36	77.28	17.81	المحتوى (%)

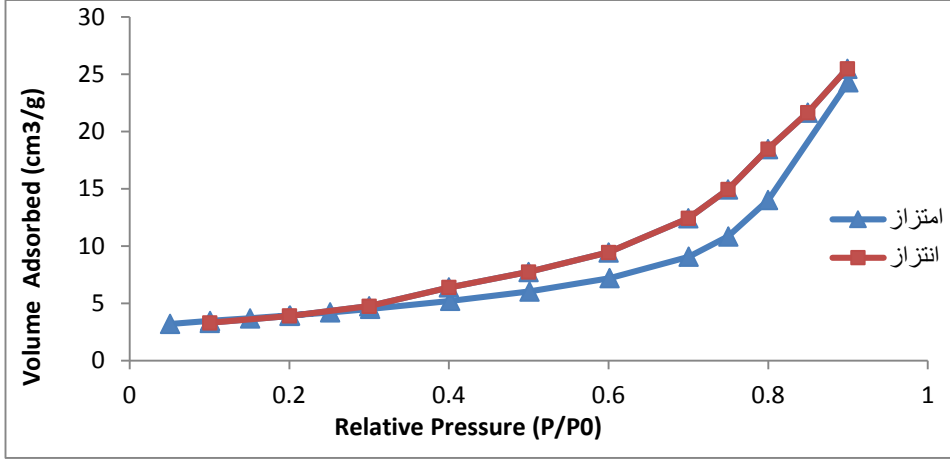
نلاحظ تطابقاً كبيراً بين القيم التجريبية للمحتوى العنصري مع القيم النظرية مما يدل على نقاوة العينات المحضرة.

4-4- توصيف العينات باستخدام تقنية (BET):

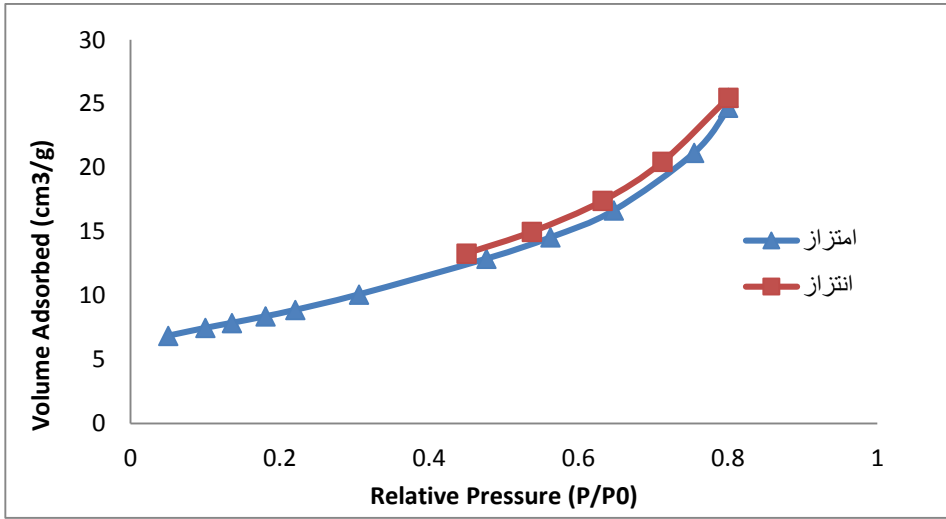
يظهر الشكلان (9,10) إيزوترمات (امتزاز-انتزاز) غاز النتروجين للعينتين (E2, E3) على التوالي وهي تمثل منحنيات تغيرات حجم غاز النتروجين الممتز للعينتين (E2, E3) بدلالة الضغط النسبي (P/P_0) .

الإيزوترمات الناتجة من النموذج (IV) حسب تصنيف (IUPAC) [15] وهي تميز المواد الميزومسامية.

نلاحظ في الضغوط المنخفضة ازدياد كمية النتروجين الممتزة مع ازدياد الضغط النسبي (P/P_0) مما يدل على تشكل عدة طبقات ممتزة، كما نلاحظ تشكل أنشطة تخلفية مما يدل على حدوث تكاثف شعري بين المسامات.



الشكل (9): منحنى (امتزاز - انتزاز) غاز النتروجين على سطح العينة (E2).



الشكل (10): منحنى (امتزاز - انتزاز) غاز النتروجين على سطح العينة (E3).

تم تحديد قيم السطح النوعي للعينات الثلاث بطريقة BET، بتطبيق العلاقات التالية:

$$\frac{P}{V(P_0)} = \frac{1}{V_m \cdot C} + \frac{C-1}{C \cdot V_m} \cdot \frac{P}{P_0}$$

حيث:

P_0 : ضغط البخار المشبع.

V : حجم الغاز الممتز عند الشروط النظامية وعند الضغط التوازني P بواسطة غرام واحد من المادة المازة.

C : ثابت توازني يتعلق بحرارة الامتزاز.

V_m : حجم الغاز الموافق لطبقة ممتزة واحدة.

$$S_{BET} = V_m \cdot \frac{N_A}{V_M} \cdot \sigma$$

حيث:

V_M : الحجم المولي لغاز النتروجين.

N_A : عدد أفوكادرو ويساوي $6.02 \cdot 10^{23}$.

σ : سطح مقطع الجزيئة الممتزة في الطبقة الأحادية وتكون من أجل النتروجين 16.27 \AA^2 .

ويحسب نصف قطر المسام من العلاقة:

$$r_a (\text{\AA}^0) = 2.14^4 \frac{V_p}{S_{BET}}$$

يتضمن الجدول (3) قيم السطح النوعي ومتوسط كل من قطر المسام وحجمها:

جدول (3): قيم السطح النوعي ومتوسط كل من قطر المسام وحجمها (E1, E2, E3).

E1	E2	E3	العينة
12.4	13.84	30.79	السطح النوعي (m ² /g)
1.06	10.861	5.119	متوسط قطر المسام (nm)
0.0066	0.037	0.039	متوسط حجم المسام (cm ³ /g)

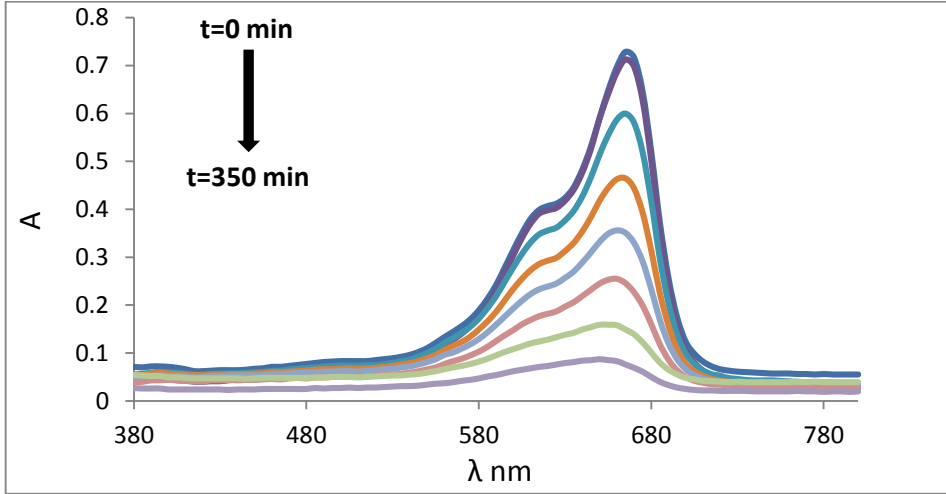
من الواضح أن الحفاز النانوي E3 يمتلك أفضل سطح نوعي.

4-5- الفعالية الحفزية:

تم اختبار الفعالية الحفزية للأكاسيد المحضرة في تفاعل أكسدة أزرق الميتيلين بوجود الماء الأكسجيني، أُجريت التفاعلات بوجود وغياب الحفاز، كما تم استخدام عينة تجارية من CuO (E4).

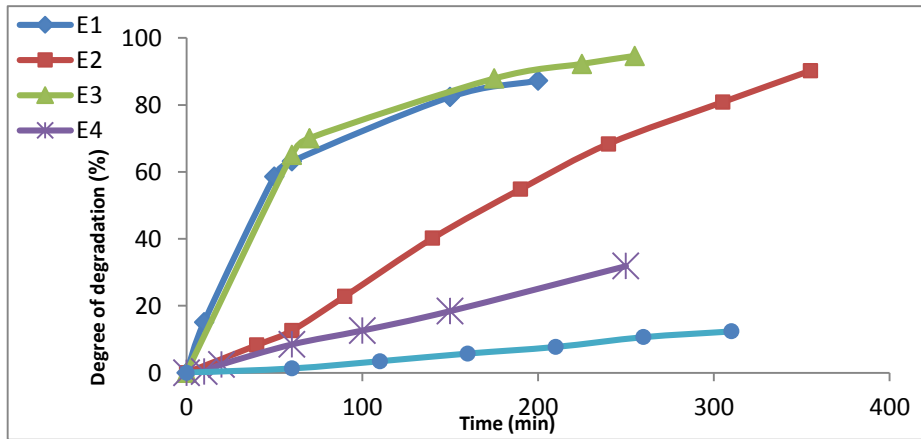
حُضر (50 mL) من محلول أزرق الميتيلين (MB) (10 mg/L)، ثم أُضيف (10 mg) من أكسيد النحاس المحضر، وأضيف (10 mL) من الماء الأكسجيني (30%) مع التحريك المغناطيسي وذلك عند درجة حرارة الغرفة. أخذت عينات من المزيج خلال فترات زمنية متفاوتة وتم قياس طيف الامتصاص باستخدام جهاز مطيافية الأشعة المرئية (UV-VIS).

يلاحظ من طيف (UV-VIS) لأزرق الميتيلين الموضح في الشكل (11) أن قمة الامتصاص عند طول الموجة (665 nm) المميزة لأزرق الميتيلين تتناقص مع زمن التفاعل.



الشكل (11): منحنى الامتصاصية بدلالة طول الموجة لصبغ أزرق الميتيلين عند أزمته متفاوتة.

يبين الشكل (12) نسبة تفكك أزرق الميتيلين بدلالة الزمن لكل من العينات (E1, E2, E3, E4) وبغياب الحفاز.



الشكل (12): منحنى نسبة تفكك أزرق الميتيلين للعينات (بدون حفاز, E1, E2, E3, E4) بدلالة الزمن.

نلاحظ من هذه المنحنيات أن أزرق الميتيلين يتفكك وبكمية قليلة جداً باستخدام الماء الأكسجيني بدون وجود حفاز وهذا التفاعل بطيء، حيث بعد زمن قدره (60 min) من إضافة الماء الأكسجيني للمحلول المائي لأزرق الميتيلين لم يتفكك سوى نسبة ضئيلة جداً من الصباغ لم تتجاوز (1.3 %).

وباستخدام الحفازات المُحضرة (E1, E2, E3) ارتفعت نسبة تفكك صباغ أزرق الميتيلين بشكل ملحوظ، حيث بلغت قيمتها (63.11, 12.61, 65.03 %) على الترتيب.

وعند اختبار الفعالية الحفزية للعينة (E4) التجارية كانت نسبة تفكك الصباغ (8.45 %) بعد مرور (60 min) وهي نسبة منخفضة.

لوحظ أن العينة (E3) المُحضرة باستخدام عامل الترسيب NaOH أبدت أفضل فعالية حفزية مقارنة بالعينات (E1, E2, E4).

يمتاز أزرق الميتيلين والماء الأكسجيني على سطح الحفاز CuO الذي يعمل على تفكيك H_2O_2 إلى جذور حرة مثل (HO^\cdot , HOO^\cdot , $O^{2-\cdot}$) والتي تمتلك فعالية مؤكسدة كبيرة تسبب أكسدة وتفكك الصبغة الممتازة على سطح الحفاز، ويعود السطح ليغطي بالصبغة من جديد [12].

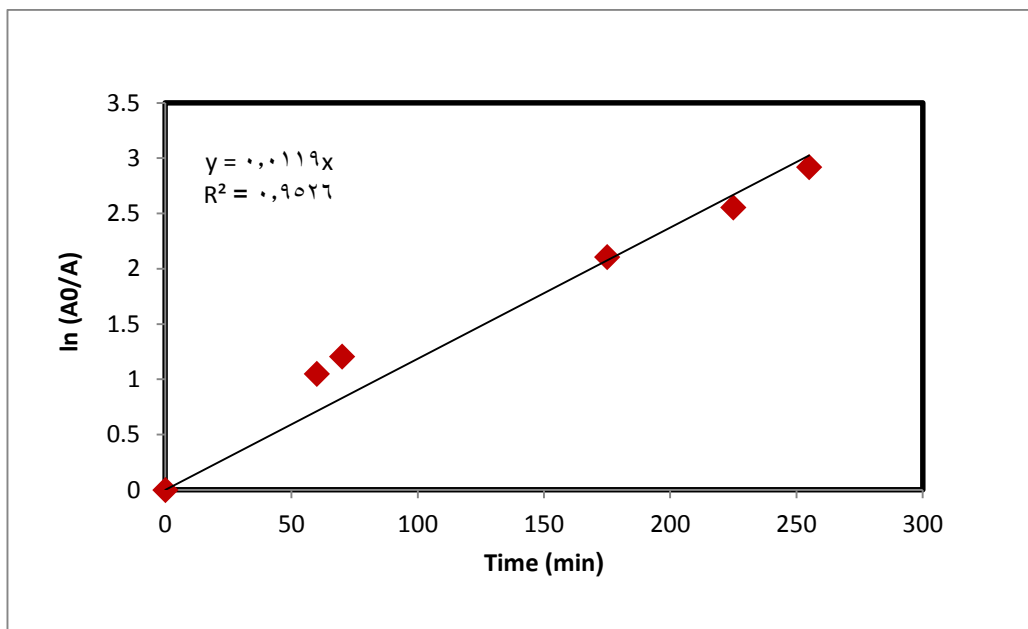
تم حساب نسبة تفكك أزرق الميتيلين من العلاقة :

$$D \% = \frac{A_0 - A}{A_0} . 100$$

حيث (A_0) تمثل امتصاصية أزرق الميتيلين عند الزمن ($t=0$ min).

بينما (A) تمثل امتصاصية أزرق الميتيلين عند الزمن (t).

يبين الشكل (13) تغيرات $\ln(A_0/A)$ بدلالة الزمن للعينة E3، حيث كان معامل الارتباط ($R^2 = 0.9526$)، وأن التفاعل يتبع حركية تفاعل من المرتبة الأولى التي تعطى بالعلاقة: $\ln(A_0/A)=k.t$ وقيمة ثابت سرعة التفاعل تساوي ميل المستقيم: $k=0.0119 \text{ min}^{-1}$.



الشكل (13): تغيرات $\ln(A_0/A)$ بدلالة الزمن للعينة E3.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

- تم في هذا البحث تحضير مركب أكسيد النحاس بطريقة الترسيب باستخدام عوامل الترسيب (هيدروكسيد الصوديوم، هيدروكسيد البوتاسيوم، كربونات الصوديوم).

- تبين أن أفضل عامل ترسيب هو هيدروكسيد الصوديوم وبلغ السطح النوعي للحفاز المُحضّر (30.79 m²/g)، كما أكدت نتائج تقنية (XRD) أن الحفاز المُحضّر CuO متبلور ونقي.
- أظهرت نتائج المجهر الإلكتروني الماسح أن الحبيبات تأخذ شكلاً إسفنجياً في حالة العينة المحضرة بهيدروكسيد الصوديوم وتتراوح أبعادها (34-72 nm) وشكلاً كروياً عند استخدام هيدروكسيد البوتاسيوم وبأبعاد (1.3-2.3 µm) وبالاعتماد على تقنية (EDX) ظهر لدينا تطابق كبير بين نسبة التحليل العنصري النظرية والتجريبية.
- دُرِس أيضاً استخدام الأكاسيد المُحضرة كحفازات في تفاعل أكسدة أزرق الميثيلين بوجود الماء الأكسجيني وكانت فعاليتها كبيرة، حيث أبدت العينة (E3) المُحضرة باستخدام عامل الترسيب NaOH أفضل فعالية حفزية مقارنة بالعينات (E1, E2, E4) والتي بلغت نسبة التفكك عندها (65.3 %) عند (60 min).
- نوصي بتحميل أكسيد النحاس على الفحم الفعال أو السيلكا واستخدامه في أسترة الحموض الدسمة الحرة في الزيوت.
- نوصي باستعمال أكسيد النحاس في تفاعلات الحفز الضوئي باستخدام طول موجة مناسب.
- نوصي بتحضير أكسيد النحاس بطرائق أخرى مثل الطريقة الهيدروحرارية وطريقة Sol-gel.

6- المراجع:

- [1] Nørskov JK, Abild-Pedersen F, Studt F, Bligaard T. **Density functional theory in surface chemistry and catalysis**. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2011 Jan 18;108(3):937-43.
- [2] Pouloupoulos S, Inglezakis V. **Adsorption, ion exchange and catalysis: design of operations and environmental applications**. Elsevier; 2006 Aug 23.
- [3] Park JY. **Current trends of surface science and catalysis**. New York: Springer; 2014.
- [4] George SM. **Introduction: heterogeneous catalysis**. Chemical Reviews. 1995 May;95(3):475-6.
- [5] El Farrouji A, Eddine AC, Bouzit SE, Boualy B, Mehdi A, El Firdoussi L, Ali MA. **Degradation of methylene blue using synthesized nanostructured CuO with high specific surface area through catalytic oxidation**. International Research Journal of Pure and Applied Chemistry. 2015;8:190-7.
- [6] Garrido-Cardenas JA, Esteban-García B, Agüera A, Sánchez-Pérez JA, Manzano-Agugliaro F. **Wastewater treatment by advanced oxidation process and their worldwide research trends**. International journal of environmental research and public health. 2020 Jan;17(1):170.
- [7] Batista AP, Carvalho HW, Luz GH, Martins PF, Gonçalves M, Oliveira LC. **Preparation of CuO/SiO₂ and photocatalytic activity by degradation of methylene blue**. Environmental Chemistry Letters. 2010 Mar;8(1):63-7.
- [8] Umar A, Vaseem M, Hahn YB. **Growth, Properties, and Applications of Copper Oxide and Nickel Oxide/Hydroxide Nanostructures**. American Scientific Publishers. 2010;2:1-39.
- [9] Grigore ME, Biscu ER, Holban AM, Gestal MC, Grumezescu AM. **Methods of synthesis, properties and biomedical applications of CuO nanoparticles**. Pharmaceuticals. 2016 Dec;9(4):75.

- [10] Phiwdang K, Suphankij S, Mekprasart W, Pecharapa W. **Synthesis of CuO nanoparticles by precipitation method using different precursors.** Energy procedia. 2013 Jan 1;34:740-5.
- [11] Hafeez M, Arshad R, Khan J, Akram B, Ahmad MN, Hameed MU, Haq S. **Populus ciliata mediated synthesis of copper oxide nanoparticles for potential biological applications.** Materials Research Express. 2019 Feb 22;6(5):055043.
- [12] Prathap MA, Kaur B, Srivastava R. **Hydrothermal synthesis of CuO micro-/nanostructures and their applications in the oxidative degradation of methylene blue and non-enzymatic sensing of glucose/H₂O₂.** Journal of colloid and interface science. 2012 Mar 15;370(1):144-54.
- [13] Arunkumar B, Jeyakumar SJ, Jothibas M. **A sol-gel approach to the synthesis of CuO nanoparticles using Lantana camara leaf extract and their photo catalytic activity.** Optik. 2019 Apr 1;183:698-705.
- [14] Zhou K, Wang R, Xu B, Li Y. **Synthesis, characterization and catalytic properties of CuO nanocrystals with various shapes.** Nanotechnology. 2006 Jul 11;17(15):3939.
- [15] Sing KS. **Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984).** Pure and applied chemistry. 1985 Jan 1;57(4):603-19.

مسلمات شبه الفصل في الفضاءات النتروسوفيكية

الكلاسيكي الثنائية

طالب الدكتوراه : لؤي أحمد صالحه كلية العلوم - جامعة البعث

الدكتور المشرف : أ.د. طالب غريبة المشرف المشارك : د. رياض الحميدو

ملخص البحث

لقد تم تعريف الفضاء النتروسوفيكى الكلاسيكى الأحادى والثنائى وفى هذا البحث نعرف نوع جديد من مسلمات شبه الفصل النتروسوفيكية الكلاسيكى فى الفضاء الثنائى حيث تم دراستها فى الفضاء الأحادى سابقاً

حيث نقوم بتعريف مسلمات فصل من النمط

$$\text{Semi } -T_0 - N_i (S - T_0 - N_i) \text{ و}$$

$$\text{Semi } -T_1 - N_i (S - T_1 - N_i) \text{ و}$$

$$\text{Semi } -T_2 - N_i (S - T_2 - N_i) \text{ حيث } (i = 1, 2, 3) \text{ وسندرس}$$

العلاقات فيما بينها

كلمات مفتاحية : مسلمات شبه الفصل النتروسوفيكية الكلاسيكية ، نقطة

نتروسوفيكية كلاسيكية، مجموعة نتروسوفيكية الكلاسيكية.

Semi Separation Axioms in the neutrosophic crisp Bi-topological spaces

Abstract

The neutrosophic crisp one-topological and Bi-topological spaces was defined and in this research we define a new type of Semi Separation Axioms In Neutrosophic Crisp Bi-topological Space which were previously studied.

Now, we are defining a new Separation Axiom $Semi -T_0 - N_i (S -T_0 - N_i)$ and $Semi -T_2 - N_i (S -T_2 - N_i)$ and $Semi -T_2 - N_i (S -T_2 - N_i)$; $(i = 1,2,3)$ And also we will study relationships between these new types.

Key word :

neutrosophic crisp semi separation axioms , neutrosophic crisp point ,

neutrosophic crisp set .

المقدمة :

ظهر مفهوم الفضاءات ثنائية التبولوجيا في عام 1963 م على يد J.C.Kelly . قبل ذلك كان الباحثون قد توسعوا بدراسة الفضاءات أحادية التبولوجيا ، حيث قاموا بدراسة مسلمات الفصل والتراص في هذه الفضاءات . ثم دراسة مسلمات شبه الفصل وشبه التراص في الفضاءات أحادية التبولوجيا . كما تمت دراسة مسلمات الفصل في الفضاءات ثنائية التبولوجيا على يد الكثير من الباحثين ومنهم هيام الكحلوت في عام 2003 م .

عمم F. Smarandache عام 1995 م مفهوم المنطق الضبابي (FUZZY) إلى المنطق النتروسوفيكي ، ثم ظهرت العديد من الأبحاث في هذا المنطق الجديد في شتى أنواع العلوم وخاصة في الرياضيات بجميع فروعها لاسيما في التبولوجيا .

المنطق النتروسوفيكي هو منطق جديد أسسه العالم الأمريكي Smarandache عام 1995 م والذي يدرس ويهتم بالحياد ، بحيث يأخذ هذا المنطق بعين الاعتبار كل فكرة مع نقيضتها مع طيف الحياد ، حيث يأخذ هذا المنطق كل بيان بثلاث أبعاد هي الصح (T) بدرجات والخطأ (F) بدرجات والحياد (I) بدرجات ، ويمكننا أن نعبر عن ذلك بالشكل (T,I,F) وهذا يعطي وصفاً أدق من المنطق الضبابي والمنطق العادي ، عرف A.A.Salama , S.A.alblowi عام 2012 مفهوم المجموعة النتروسوفيقية وعرفوا العمليات عليها .

أيضاً قدم البروفيسور المصري أحمد سلامة A.A.Salama عام 2013 دراسة حول مفهوم النقاط النتروسوفيقية الكلاسيكية وعرف مفهوم انتماء عنصر ما لمجموعة نتروسوفيقية كلاسيكية .

ثم انبثق عن منطق النتروسوفيك نظرية المجموعات النتروسوفيقية الكلاسيكية كتطوير لنظرية المجموعات الكلاسيكية وفق هذا المنطق على يد البروفيسور المصري A.A.Salama وفريق من الباحثين عام 2014 م في مفهوم الفضاء التبولوجي النتروسوفيكي الكلاسيكي كتعميم للفضاء التبولوجي المعروف وفقاً لمنطق النتروسوفيك (Neutrosophic logic) كما عرفوا المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية والعمليات عليها مثل التقاطع والاتحاد والتمتمة. [1]

عرف F. Smarandache and V.Kroumov , A.A.Salama عام 2014 مفهوم الفضاء التبولوجي النتروسوفيكي الكلاسيكي كما عرفوا المجموعة

النتروسوفيقية الكلاسيكية المفتوحة والمغلقة والعمليات عليها مثل التقاطع والاجتماع [1].

تمت دراسة وتعريف مسلمات الفصل في الفضاء النتروسوفيكى الكلاسيكى لأول مرة في رسالة دكتوراه للباحث رياض الحميدو بجامعة البعث عام 2019 ، كما تم تعريف الفضاء النتروسوفيكى الكلاسيكى الثنائى في نفس الرسالة.

تعريف ومفاهيم أساسية في النتروسوفيك الكلاسيكى:

تعريف [1]

لتكن $X \neq \emptyset$ مجموعة ما، عندئذ: المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية A (التي يرمز لها اختصاراً NCS) هي ثلاثية مرتبة $A = \langle A_1, A_2, A_3 \rangle$ ، حيث A_1, A_2, A_3 هي مجموعات جزئية من X .

تعريف [1]

لتكن $X \neq \emptyset$ مجموعة ما، عندئذ:

1) تعرف المجموعة الخالية النتروسوفيقية الكلاسيكية (التي يرمز لها اختصاراً

\emptyset_N) ، بأحد الأشكال :

- $\emptyset_N = \langle \emptyset, \emptyset, X \rangle$ او

- $\emptyset_N = \langle \emptyset, X, X \rangle$ او

- $\emptyset_N = \langle \emptyset, X, \emptyset \rangle$ او

- $\emptyset_N = \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle$.

(2) تعرف المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية X_N ، بأحد الأشكال : [1]

$$- X_N = \langle X, \emptyset, \emptyset \rangle \text{ او}$$

$$- X_N = \langle X, X, \emptyset \rangle \text{ او}$$

$$- X_N = \langle X, \emptyset, X \rangle \text{ او}$$

$$- X_N = \langle X, X, X \rangle .$$

تعريف: [1]

لتكن $X \neq \emptyset$ مجموعة ما، عندئذ :

لأجل كل عنصر x من X نعرف النقطة النتروسوفيقية الكلاسيكية، بالشكل :

$$\bullet X_{N_1} = \langle \{x\}, \emptyset, \emptyset \rangle \text{ النقطة النتروسوفيقية الكلاسيكية من النمط الأول}$$

في X (أو اختصاراً (NCP_{N_1}))

$$\bullet X_{N_2} = \langle \emptyset, \{x\}, \emptyset \rangle \text{ النقطة النتروسوفيقية الكلاسيكية من النمط الثاني}$$

في X (أو اختصاراً (NCP_{N_2})).

$$\bullet X_{N_3} = \langle \emptyset, \emptyset, \{x\} \rangle \text{ النقطة النتروسوفيقية الكلاسيكية من النمط الثالث}$$

في X (أو اختصاراً (NCP_{N_3})).

- أسرة كل النقاط

النتروسوفيقية الكلاسيكية $(NCP_{N_1}, NCP_{N_2}, NCP_{N_3})$ يرمز لها بالرمز NCP_N .

تعريف: [1]

لتكن $X \neq \emptyset$ مجموعة ما، عندئذ: لأجل كل عنصر x من X

- نقول إن النقطة النتروسوفيقية الكلاسيكية من النمط الأول x_{N_1} في X (NCP_{N_1}) تنتمي إلى المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية $B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle$ من X ، ونرمز لذلك بالرمز $x_{N_1} \in B$ ، إذا كان $x \in B_1$. أيضاً نقول إن x_{N_1} لا تنتمي إلى المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية $B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle$ من X ، ونرمز لذلك بالرمز $x_{N_1} \notin B$ إذا كان $x \notin B_1$.
- نقول إن النقطة النتروسوفيقية الكلاسيكية من النمط الثاني x_{N_2} في X (NCP_{N_2}) تنتمي إلى المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية $B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle$ من X ، ونرمز لذلك بالرمز $x_{N_2} \in B$ ، إذا كان $x \in B_2$. أيضاً نقول إن x_{N_2} لا تنتمي إلى المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية $B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle$ من X ، ونرمز لذلك بالرمز $x_{N_2} \notin B$ إذا كان $x \notin B_2$.
- نقول إن النقطة النتروسوفيقية الكلاسيكية من النمط الثالث x_{N_3} في X (NCP_{N_3}) تنتمي إلى المجموعة النتروسوفيقية الكلاسيكية

إذا كان $B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle$ من X ، ونرمز لذلك بالرمز $x_{N_3} \in B$ ، إذا كان $x \in B_3$. ايضاً نقول إن x_{N_3} لا تنتمي الى المجموعة النتروسوفيكية الكلاسيكية $B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle$ من X ، ونرمز لذلك بالرمز $x_{N_3} \notin B$ ، إذا كان $x \notin B_3$.

تعريف:[9]

لتكن $X \neq \emptyset$ مجموعة ما، ولتكن A, B مجموعتين نتروسوفيكيتين كلاسيكيتين من الشكل

$$A = \langle A_1, A_2, A_3 \rangle \text{ و } B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle \text{ ، عندئذ:}$$

الاحتواء $A \subseteq B$ يعرف بأحد الشكلين :

$$- A \subseteq B \Leftrightarrow A_1 \subseteq B_1, A_2 \subseteq B_2, A_3 \supseteq B_3$$

$$- A \subseteq B \Leftrightarrow A_1 \subseteq B_1, A_2 \supseteq B_2, A_3 \supseteq B_3$$

تعريف:[9]

لتكن $X \neq \emptyset$ مجموعة ما، ولتكن A, B مجموعتين نتروسوفيكيتين كلاسيكيتين من الشكل

$$A = \langle A_1, A_2, A_3 \rangle \text{ و } B = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle \text{ ، عندئذ:}$$

(a) التقاطع $A \cap B$ يعرف بأحد الشكلين :

$$- A \cap B = \langle A_1 \cap B_1, A_2 \cap B_2, A_3 \cup B_3 \rangle$$

$$\cdot A \cap B = \langle A_1 \cap B_1, A_2 \cup B_2, A_3 \cup B_3 \rangle -$$

(b) الاجتماع $A \cup B$ يعرف بأحد الشكلين :

$$\cdot A \cup B = \langle A_1 \cup B_1, A_2 \cap B_2, A_3 \cap B_3 \rangle -$$

$$\cdot A \cup B = \langle A_1 \cup B_1, A_2 \cup B_2, A_3 \cap B_3 \rangle -$$

تعريف: [3]

لتكن $X \neq \emptyset$ مجموعة ما، عندئذ التبولوجيا النتروسوفيقية الكلاسيكية على X (التي يرمز لها اختصاراً NCT) هي أسرة مجموعات نتروسوفيقية كلاسيكية τ من X ، تحقق:

$$\cdot \emptyset_N, X_N \in \tau \quad (1)$$

$$\cdot A \cap B \in \tau \text{ لأي } A, B \text{ مجموعتين من } \tau \quad (2)$$

$$\cdot U_i A_i \in \tau \text{ لأي } A_i \text{ مجموعات من } \tau \quad (3)$$

- ندعو في هذه الحالة (X, τ) فضاء تبولوجياً نتروسوفيقياً كلاسيكياً على X (أو اختصاراً $NCTS$) ، كل عنصر من τ يدعى مجموعة نتروسوفيقية كلاسيكية مفتوحة (أو اختصاراً $NCOS$) ، وتدعى متممها مجموعة نتروسوفيقية كلاسيكية مغلقة (أو اختصاراً $NCCS$).

تعريف: [9]

لتكن X مجموعة ما غير خالية، وليكن كلاً من τ_1, τ_2 تبولوجيا نتروسوفيكية كلاسيكية على X ، عندئذ:
ندعو (X, τ_1, τ_2) فضاء تبولوجي نتروسوفيكى كلاسيكى ثنائى على X (أو أختصاراً Bi-NCTS).

ملاحظة :

لكل نوع من أنواع الفضاءات النتروسوفيكية مجموعة شاملة ومجموعة خالية

في الفضاء $S - T_i - N_1$ من الممكن اختيار المجموعة الشاملة من

النمط $X_N = \langle X, \emptyset, \emptyset \rangle$ وكذلك الخالية من النمط $\emptyset_N = \langle \emptyset, \emptyset, \emptyset \rangle$

في الفضاء $S - T_i - N_2$ من الممكن اختيار المجموعة الشاملة من

النمط $X_N = \langle \emptyset, X, \emptyset \rangle$ وكذلك الخالية من النمط $\emptyset_N = \langle \emptyset, \emptyset, X \rangle$

في الفضاء $S - T_i - N_3$ من الممكن اختيار المجموعة الشاملة من

النمط $X_N = \langle X, X, X \rangle$ وكذلك الخالية من النمط $\emptyset_N = \langle \emptyset, X, \emptyset \rangle$

مسلمات شبه الفصل في الفضاءات الثنائية النتروسوفيقية الكلاسيكية

تعريف : ليكن (X, τ_1, τ_2) فضاء نتروسوفيكى تبولوجى كلاسيكى ثنائى عندئذ:

ندعو (X, τ_1, τ_2) بـ :

• $S - T_0 - N_1$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكيتين كلاسيكيتين من النمط الأول مختلفتين
: $x_{N_1} \neq y_{N_1}$

يوجد مجموعة نتروسوفيقية كلاسيكية شبه مفتوحة G من τ_1 أو من τ_2 تحوي إحدى النقطتين دون الأخرى .

• $S - T_0 - N_2$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكيتين كلاسيكيتين من النمط الثاني مختلفتين
: $x_{N_2} \neq y_{N_2}$

يوجد مجموعة نتروسوفيقية كلاسيكية شبه مفتوحة G من τ_1 أو من τ_2 تحوي إحدى النقطتين دون الأخرى .

• $S - T_0 - N_3$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكيتين كلاسيكيتين هشتين من النمط الثالث مختلفتين
: $x_{N_3} \neq y_{N_3}$

يوجد مجموعة نتروسوفيقية كلاسيكية شبه مفتوحة G من τ_1 أو من τ_2 تحوي إحدى النقطتين دون الأخرى .

مثال:

ليكن :

$$\chi = \{a, b, c\}, T_1 = \{\emptyset_N, X_N, A\}, T_2 = \{\emptyset_N, X_N, B\}$$

$$A = \{ \langle \{a\}, \emptyset, \emptyset \rangle \}; B = \{ \langle \{b\}, \emptyset, \emptyset \rangle \}; \emptyset_N = \{ \langle \emptyset, \emptyset, X \rangle \}$$

$$N_c.S.OS = T_1 \cup \{C = \{ \langle \{a, b\}, \emptyset, \emptyset \rangle \}, B = \{ \langle \{a, c\}, \emptyset, \emptyset \rangle \}$$

$$x_{N_1} = \{ \langle \{b\}, \emptyset, \emptyset \rangle \} \neq y_{N_1} = \{ \langle \{c\}, \emptyset, \emptyset \rangle \} \in \chi$$

لتكن:

N_1-T_0 ليس (χ, T) في $N_c.OSM$ تضم واحدة منها دون الأخرى لذلك (χ, T) ليس N_1-T_0 عندئذ يوجد مجموعة

لذلك الفضاء (χ, T) هو N_1semiT_0 لكنه ليس N_1T_0

مثال:

ليكن :

$$\chi = \{a, b, c\}, T = \{\emptyset_N, X_N, A\}; A = \{ \langle \emptyset, \{a\}, \emptyset \rangle \}$$

$$N_c.S.OS = T \cup \{C = \{ \langle \emptyset, \{a, b\}, \emptyset \rangle \}, B$$

$$= \{ \langle \emptyset, \{a, c\}, \emptyset \rangle \}$$

$$x_{N_2} = \{ \langle \{b\}, \emptyset, \emptyset \rangle \} \neq y_{N_2} = \{ \langle \{c\}, \emptyset, \emptyset \rangle \} \in \chi$$

لتكن :

N_2-T_0 ليس (χ, T) في $N_c.OSM$ تضم واحدة منها دون الأخرى لذلك (χ, T) ليس N_2-T_0 عندئذ يوجد مجموعة

لذلك الفضاء (χ, T) هو N_2semiT_0 لكنه ليس N_2T_0

مثال:

ليكن :

$$\begin{aligned} \chi &= \{a, b, c\}, \mathbb{T} = \{\emptyset_N, X_N, A\}; A = \{\langle \emptyset, \{a\}, \emptyset \rangle\} \\ N_c.S.OS &= \mathbb{T} \cup \{C = \{\langle \emptyset, \emptyset, \{a, b\} \rangle\}, B \\ &= \{\langle \emptyset, \emptyset, \{a, c\} \rangle\} \\ x_{N_3} &= \{\langle \{b\}, \emptyset, \emptyset \rangle\} \neq y_{N_3} = \{\langle \\ &\{c\}, \emptyset, \emptyset \rangle\} \in \chi \end{aligned}$$

لتكن : χ تضم واحدة منها دون الأخرى لذلك (χ, T) ليس N_3-T_0 عندئذ يوجد مجموعة

لذلك الفضاء (χ, T) هو $N_3 semi T_0$ لكنه ليس $N_3 T_0$

مثال :

$$\begin{aligned} X &= \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A\}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N\}, \tau_3 = \\ &\{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, B\} \\ A &= \langle \{x\}, \emptyset, \emptyset \rangle, B = \langle \emptyset, \{y\}, \emptyset \rangle. \end{aligned}$$

عندئذ :

- (X, τ_1, τ_2) هو $S - T_0 - N_1$ فضاء.

- (X, τ_2, τ_3) هو $S - T_0 - N_2$ فضاء.

تعريف : ليكن (X, τ_1, τ_2) فضاء نتروسوفيكى تبولوجي كلاسيكي ثنائي

عندئذ :

ندعو (X, τ_1, τ_2) بـ :

• $S - T_1 - N_1$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكيتين كلاسيكيتين من النمط الأول مختلفتين

$$: x_{N_1} \neq y_{N_1}$$

يوجد مجموعتان نتروسوفيكييتان كلاسيكيتان شبه مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1
أو من τ_2 تحققان :

$$x_{N_1} \in G_1 , y_{N_1} \notin G_2 \text{ and } x_{N_1} \notin G_1 , y_{N_1} \in G_2$$

• $S - T_1 - N_2$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكييتين كلاسيكيتان من النمط الثاني مختلفتين
: $x_{N_2} \neq y_{N_2}$

يوجد مجموعتان نتروسوفيكييتان كلاسيكيتان شبه مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1
أو من τ_2 تحققان :

$$x_{N_2} \in G_1 , y_{N_2} \notin G_2 \text{ and } x_{N_2} \notin G_1 , y_{N_2} \in G_2$$

• $S - T_1 - N_3$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكييتين كلاسيكيتين من النمط الثالث مختلفتين
: $x_{N_3} \neq y_{N_3}$

يوجد مجموعتان نتروسوفيكييتان كلاسيكيتان شبه مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1
أو من τ_2 تحققان :

$$x_{N_3} \in G_1 , y_{N_3} \notin G_2 \text{ and } x_{N_3} \notin G_1 , y_{N_3} \in G_2$$

مثال :

$$X = \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A, B, C\}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A\}$$

$$A = \langle \emptyset, \{x\}, \emptyset \rangle, B = \langle \emptyset, \{y\}, \emptyset \rangle, C = \langle \emptyset, \{x, y\}, \emptyset \rangle,$$

$$N_c S. OS \tau_1 = \tau_1 \cup \{N, M\}. \quad N = \langle \emptyset, \{x, z\}, \emptyset \rangle, \quad B = \langle \emptyset, \{y, z\}, \emptyset \rangle.$$

عندئذ :

$$- (X, \tau_1, \tau_3) \text{ هو } S - T_1 - N_2 \text{ فضاء.}$$

مثال :

$$X = \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A, B, C\}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A\}$$

$$A = \langle \{x\}, \emptyset, \emptyset \rangle, B = \langle \{y\}, \emptyset, \emptyset \rangle, C = \langle \{x, y\}, \emptyset, \emptyset \rangle,$$

$$N_c S. OS \tau_1 = \tau_1 \cup \{N, M\}. \quad N = \langle \{x, z\}, \emptyset, \emptyset \rangle, \quad B = \langle \{y, z\}, \emptyset, \emptyset \rangle.$$

عندئذ :

$$- (X, \tau_1, \tau_3) \text{ هو } S - T_1 - N_1 \text{ فضاء.}$$

مثال :

$$X = \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A, B, C\}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A\}$$

$$A = \langle \emptyset, \emptyset, \{x\} \rangle, B = \langle \emptyset, \emptyset, \{y\} \rangle, C = \langle \emptyset, \emptyset, \{x, y\} \rangle,$$

$$N_c S. OS \tau_1 = \tau_1 \cup \{N, M\}. \quad N = \langle \emptyset, \emptyset, \{x, z\} \rangle, \quad B = \langle \emptyset, \emptyset, \{y, z\} \rangle.$$

عندئذ :

$$- (X, \tau_1, \tau_3) \text{ هو } S - T_1 - N_3 \text{ فضاء.}$$

تعريف : ليكن (X, τ_1, τ_2) فضاء نتروسوفيكى تبولوجي كلاسيكي ثنائي :

ندعو $(X, \tau_1, \tau_2) \rightarrow$:

• $S - T_2 - N_1$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكييتين كلاسيكييتين من النمط الأول مختلفتين

$$: x_{N_1} \neq y_{N_1}$$

يوجد مجموعتان نتروسوفيكييتان كلاسيكييتان شبه مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1

أو من τ_2 تحققان :

$$G_1 \cap G_2 = \phi \text{ and } x_{N_1} \in G_1, y_{N_1} \notin G_1 \text{ and } x_{N_1} \notin G_1, y_{N_1} \in G_1$$

• $S - T_2 - N_2$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكييتين كلاسيكييتين من النمط الثاني مختلفتين

$$: x_{N_2} \neq y_{N_2}$$

يوجد مجموعتان نتروسوفيكييتان كلاسيكييتان شبه مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1

أو من τ_2 تحققان :

$$G_1 \cap G_2 = \phi \text{ and } x_{N_2} \in G_1, y_{N_2} \notin G_2 \text{ and } x_{N_2} \notin G_1, y_{N_2} \in G_2$$

• $S - T_2 - N_3$ فضاء إذا تحقق :

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكييتين كلاسيكييتين من النمط الثالث مختلفتين

$$: x_{N_3} \neq y_{N_3}$$

يوجد مجموعتان نتروسوفيكييتان كلاسيكييتان شبه مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1

أو من τ_2 تحققان :

$$G_1 \cap G_2 = \phi \text{ and } x_{N_3} \in G_1, y_{N_3} \notin G_2 \text{ and } x_{N_3} \notin G_1, y_{N_3} \in G_2$$

تعريف: يدعى الفضاء التبولوجي النتروسوفيكى الكلاسيكى (X, τ) :

- $S - T_0 - N$ فضاء إذا كان الفضاء (X, τ) $S - T_0 - N_1$ فضاء
و $S - T_0 - N_2$ فضاء و $S - T_0 - N_3$ فضاء .
- $S - T_1 - N$ فضاء إذا كان الفضاء (X, τ) $S - T_1 - N_1$ فضاء
و $S - T_1 - N_2$ فضاء و $S - T_1 - N_3$ فضاء .
- $S - T_2 - N$ فضاء إذا كان الفضاء (X, τ) $S - T_2 - N_1$ فضاء
و $S - T_2 - N_2$ فضاء و $S - T_2 - N_3$ فضاء .

ملاحظة:

ليكن الفضاء التبولوجي النتروسوفيكى الكلاسيكى الثنائى ، عندئذ:

- كل $S - T_0 - N$ فضاء هو $S - T_0 - N_1$ فضاء .
- كل $S - T_0 - N$ فضاء هو $S - T_0 - N_2$ فضاء .
- كل $S - T_0 - N$ فضاء هو $S - T_0 - N_3$ فضاء .

العكس لكل ماسبق غير صحيح بشكل عام .

مبرهنة:

إذا كان (X, τ_1) أو (X, τ_2) فضاء $T_0 - N_i$ فإن: (X, τ_1, τ_2) فضاء
 $S - T_0 - N_i$.

الإثبات:

لنفرض أن (X, τ_1) فضاء $T_0 - N_i$ عندئذ:

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكتين كلاسيكيتين من النمط الأول مختلفتين

$$: x_{N_i} \neq y_{N_i}$$

يوجد مجموعة نتروسوفيكية كلاسيكية مفتوحة G من τ_1 تحوي إحدى النقطتين

$$. S - T_0 - N_i \text{ فضاء } (X, \tau_1, \tau_2) \text{ أن هذا يعني أن}$$

مبرهنة :

إذا كان (X, τ_1) أو (X, τ_2) فضاء $T_1 - N_i$ فإن: (X, τ_1, τ_2) فضاء

$$. S - T_1 - N_i$$

الإثبات:

لنفرض أن (X, τ_1) فضاء $T_1 - N_i$ عندئذ:

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكتين كلاسيكيتين من النمط الأول مختلفتين

$$: x_{N_i} \neq y_{N_i}$$

يوجد مجموعتان نتروسوفيكتان كلاسيكيتان مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1

تحققان :

$$x_{N_i} \in G_1, y_{N_i} \notin G_2 \text{ and } x_{N_i} \notin G_1, y_{N_i} \in G_2 \text{ وهذا يعني}$$

$$. S - T_1 - N_i \text{ فضاء } (X, \tau_1, \tau_2) \text{ أن}$$

مبرهنة :

إذا كان (X, τ_1) أو (X, τ_2) فضاء $T_2 - N_i$ فإن: (X, τ_1, τ_2) فضاء

$$. S - T_2 - N_i$$

الإثبات:

لنفرض أن (X, τ_1) فضاء $T_2 - N_i$ عندئذ:

من أجل كل نقطتين نتروسوفيكيتين كلاسيكيتين من النمط الأول مختلفتين
 $x_{N_i} \neq y_{N_i}$

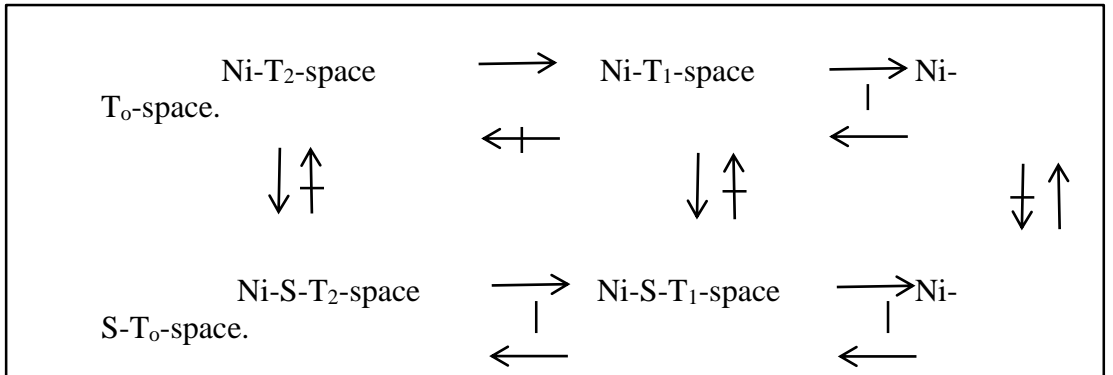
يوجد مجموعتان نتروسوفيكيتان كلاسيكيتان شبه مفتوحتان G_1, G_2 من τ_1
 تحققان :

$$G_1 \cap G_2 = \phi \text{ and } x_{N_i} \in G_1, y_{N_i} \notin G_1 \text{ and } x_{N_i} \notin G_i, y_{N_i} \in G_i$$

وهذا يعني أن (X, τ_1, τ_2) فضاء $S-T_2 - N_i$.

ملاحظة :

نبين في المخطط الآتي العلاقة بين مسلمات الفصل التي درسناها :



$i=0,1,2.$

الأمثلة الآتية توضح هذه العلاقة :

مثال :

$$\begin{aligned} X &= \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A, B, C\}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A\} \\ A &= \langle \{x\}, \emptyset, \emptyset \rangle, B = \langle \{y\}, \emptyset, \emptyset \rangle, C = \langle \{x, y\}, \emptyset, \emptyset \rangle, \\ N_c S. OS \tau_1 &= \tau_1 \cup \{N, M\}. N = \langle \{x, z\}, \emptyset, \emptyset \rangle, B \\ &= \langle \{y, z\}, \emptyset, \emptyset \rangle. \end{aligned}$$

عندئذ :

$$\begin{aligned} (X, \tau_1, \tau_2) &- \text{هو } S - T_1 - N_1 \text{ فضاء ، لكن } (X, \tau_1, \tau_2) \\ &\text{ليس } -T_1 - N_1 \text{ فضاء.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (X, \tau_2, \tau_3) &- \text{هو } S - T_2 - N_2 \text{ فضاء ، لكن } (X, \tau_2, \tau_3) \\ &\text{ليس } -T_2 - N_2 \text{ فضاء.} \end{aligned}$$

مثال :

$$\begin{aligned} X &= \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A, B, C\}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A\} \\ A &= \langle \emptyset, \{x\}, \emptyset \rangle, B = \langle \emptyset, \{y\}, \emptyset \rangle, C = \langle \emptyset, \{x, y\}, \emptyset \rangle, \\ N_c S. OS \tau_1 &= \tau_1 \cup \{N, M\}. N = \langle \emptyset, \{x, z\}, \emptyset \rangle, B \\ &= \langle \emptyset, \{y, z\}, \emptyset \rangle. \end{aligned}$$

عندئذ :

$$\begin{aligned} (X, \tau_1, \tau_3) &- \text{هو } S - T_1 - N_2 \text{ فضاء ، لكن } (X, \tau_1, \tau_3) \\ &\text{ليس } -T_1 - N_2 \text{ فضاء.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (X, \tau_1, \tau_3) &- \text{هو } S - T_2 - N_2 \text{ فضاء ، لكن } (X, \tau_1, \tau_3) \\ &\text{ليس } -T_2 - N_2 \text{ فضاء.} \end{aligned}$$

مثال :

$$X = \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A, \}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A \}$$

$$A = \langle \{x\}, \emptyset, \emptyset \rangle, B = \langle \{x, y\}, \emptyset, \emptyset \rangle, C = \langle \{x, z\}, \emptyset, \emptyset \rangle,$$

$$N_c S. OS \tau_1 = \{A, B, C\}.$$

عندئذ:

$$(X, \tau_1, \tau_3) \text{ لكن } S - T_1 - N_3 \text{ هو } (X, \tau_1, \tau_3) -$$

$$\text{ليس } -T_1 - N_3 \text{ فضاء.}$$

$$(X, \tau_1, \tau_3) \text{ ليس } S - T_2 - N_3 \text{ فضاء، لكن } (X, \tau_1, \tau_3)$$

$$-T_2 - N_3 \text{ فضاء.}$$

مثال :

$$X = \{x, y, z\}, \tau_1 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A, B, C\}, \tau_2 = \{\mathcal{X}_N, \emptyset_N, A\}$$

$$A = \langle \emptyset, \emptyset, \{x\} \rangle, B = \langle \emptyset, \emptyset, \{y\} \rangle, C = \langle \emptyset, \emptyset, \{x, y\} \rangle,$$

$$N_c S. OS \tau_1 = \tau_1 \cup \{N, M\}. N = \langle \emptyset, \emptyset, \{x, z\} \rangle, B$$

$$= \langle \emptyset, \emptyset, \{y, z\} \rangle.$$

عندئذ:

$$(X, \tau_1, \tau_2) \text{ لكن } S - T_0 - N_1 \text{ هو } (X, \tau_1, \tau_2) -$$

$$\text{ليس } S - T_1 - N_1 \text{ فضاء. وبالتالي } S - T_2 -$$

$$N_1 \text{ فضاء.}$$

المراجع العلميّة

- [1]. A. A Salama, F.Smarandache and Valeri Kroumov, 2014,"Neutrosophic crisp Sets and Neutrosophic crisp Topological Spaces", Neutrosophic Sets and Systems 2 , 25-30.
- [2]. R. Kh. AlHamido and Q. H. Imran, 2017," N-Open Sets and S-Open Sets in Tri-topological Spaces", *University of Babylon J. for Pure & Appl. Sci.*, Vol.25, No.5.
- [3]. W. Al-Omeri. 2016, "Neutrosophic crisp Sets via Neutrosophic crisp Topological Spaces NCTS", Neutrosophic Sets and Systems, Vol.13, pp.96-104
- [4]. K. Atanassov. 1986, "intuitionistic fuzzy sets", fuzzy sets and systems 20, 87-96.
- [5]. I. Arokiarani, R. Dhavaseelan, S. Jafari and M. Parimala. 2017,"On Some New Notions and Functions in Neutrosophic Topological Spaces", Neutrosophic Sets and Systems, Vol.16, pp.16-19.
- [6]. K. Atanassov. 1983, "intuitionistic fuzzy sets". in V.Sgurev, ed., Vii ITKRS Session, Sofia (June 1983 central Sci. and Techn. Library, Bulg. Academy of Sciences. Issue 2 , 39-43.
- [7].P. Iswarya, K. Bageerathi. 2016,"On Neutrosophic Semi-

Open sets in Neutrosophic Topological Spaces", International Journal of Mathematics Trends and Technology (IJMTT), Vol.37, No.3, pp.214-223.

[8]. J. C. Kelly, 1963, "Bitopological spaces", Proc. London Math. Soc.,13, 71-89.

[9] رياض الحميدو ، 2019 ، "دراسة في الفضاءات متعددة التبولوجيا" ، جامعة

البعث .

دراسة ستراتيجرافية وبيوستراتيجرافية لصخور الباليوسين والإيوسين في شمال غرب السلسلة الندمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب، سورية

الدكتور: محمد خالد يزبك

قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة البعث

e-mail mkhyzbek@hotmail.com

المخلص

أظهرت الدراسة الستراتيجرافية أن توضعات الباليوجين في الجزء الشمالي الغربي من السلسلة الندمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب أنها تتوضع بعدم توافق فوق توضعات الكريتاسي، حيث تتواجد ثغرة ستراتيجرافية على الحدود K/P. ففي جبل الحبل (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال الندمرية الشمالية) فإن رسوبات تشكيلة الباردة KP^b الباليوجينية (الباليوسين الأعلى) تتوضع بعدم توافق فوق تشكيلة الباردة KP^a الكريتاسية. أما في الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب نجد أن الثغرة الستراتيجرافية أكثر أهمية وتشمل فترة زمنية كبيرة تتضمن كامل الباليوسين والجزء الأسفل من الإيوسين الأسفل في جبل الأربعين وجبل زين العابدين، حيث تتوضع رسوبات تشكيلة زين العابدين P₁ فوق رسوبات تشكيلة بسامس والعائدة إلى الكريتاسي الأعلى. بينما في خان شيخون، فإن الثغرة الستراتيجرافية تشمل كامل الباليوسين والإيوسين الأسفل والجزء الأسفل من الإيوسين الأوسط، حيث تتوضع رسوبات تشكيلة المعرة P₂ فوق رسوبات تشكيلة بسامس الكريتاسية. واستناداً إلى الدراسة التفصيلية لمستحاثات النانوفوسيل الكلسية والتي تجرى لأول مرة للباليوسين والإيوسين في منطقة الدراسة، تم تقسيمها إلى عدد من نطاقات النانوفوسيل الكلسية، نطاقات الباليوسين الأعلى *H. kleinpellii* NP 6, *D. mohleri* NP 7, *H. riedelii* NP 8, *D. multiradiatus* NP 9, *T. contortus* NP 10, *D. binodosus* NP 11, *T. orthostylus* NP 12, *D. lodoensis* NP 13, *D. sublodoensis* NP 14, *N. fulgens* NP15, *D. tanii nodifer* NP16, *D. saipanensis* NP 17, *Ch. oamaruensis* NP 18, *I. recurvus*-*S. pseudoradians* (NP 19/NP 20). Zone).

الكلمات المفتاحية: الندمرية الشمالية - نهوض حلب - ستراتيجرافية - بيوستراتيجرافية - نانوفوسيل

STRATIGRAPHICAL AND BIOSTRATIGRAPHICAL STUDY OF THE PALEOCENE AND EOCENE IN NW NORTHERN PALMYRIDE CHAIN AND SW ALEPPO UPLIFT, SYRIA

MUHAMMED KHALED YAZBEK

Department Geology – Faculty of Science – Al-Baath University
e-mail mkhyzabek68@gmail.com

ABSTRACT

The stratigraphic study showed that the Paleogene deposits in the NW of the northern Palmyride Chain and SW of the Aleppo Uplift are overly unconformably the Cretaceous deposits, where there is a stratigraphic gap on the K/P boundary. In Jebel El-Habila (the NW of the northern Palmyride mountain Chain), the sediments of the El-Bardeh Fm. KP^b of Paleogene age (Upper Paleocene) overly unconformably El-Bardeh Fm. KP^a of Cretaceous age. In SW of Aleppo Uplift, the stratigraphic gap is more important and includes a large time period that includes the entire Paleocene and the lower part of the Lower Eocene in Jabal Al-Arba'een and Jabal Zain Al-Abidin, where the deposits of the Zine El Abidine Fm. P1 overly the sediments of the Bassams Fm., which belong to the Upper Cretaceous. Whereas in Khan Sheikhoun, the stratigraphic hiatus includes the entire Paleocene, Lower Eocene and lower middle Eocene, where the sediments of the Maarra Fm. P² overly the sediments of the Bassams Cretaceous Fm. Based on the detailed study of the calcareous nannofossils, which is conducted for the first time for the Paleocene and Eocene in the study area, they were divided into a number of calcareous nannofossils, the Upper Paleocene Zones: *H. kleinpellii* NP 6, *D. mohleri* NP 7, *H. riedelii* NP 8, *D. multiradiatus* NP 9. the Eocene Zones: *T. contortus* NP 10, *D. binodosus* NP 11, *T. orthostylus* NP 12, *D. lodoensis* NP 13, *D. sublodoensis* NP 14, *N. fulgens* NP15, *D. tanii nodifer* NP16, *D. saipanensis* NP 17, *Ch. oamaruensis* NP 18, *I. recurvus-S. pseudoradians* (NP 19/NP 20 Zone).

Key Word: Northern Palmyride, Aleppo Uplift, Stratigraphy, Biostratigraphy, Nannofossils

المقدمة

تقع منطقة الدراسة على حدود بنيتين تكتونيتين كبيرتين في الجزء الشمالي من السطحة العربية في سورية، سلسلة الجبال التدمرية في الجنوب ونهوض حلب في الشمال. تعتبر سلسلة الجبال التدمرية من أهم المناطق الجيولوجية في سورية والتي تشغل مساحة واسعة وسط البلاد، ضمن أحزمة تكتونية معقدة عند حدود السطحة العربية. إلى الشمال منها يقع نهوض حلب متوافقاً مع نهوض نسبي لكتلة ضخمة من الركيزة وتحيط بها مجموعة من الفوالق العميقة والكبيرة، تتوضع على سطح هذا النهوض رسوبات باليوجينية رقيقة نسبياً تصبح أكثر ثخانةً باتجاه أطرافه الهامشية مشكلة أحواضاً ومنخفضات امتلأت بتوضعات نيوجينية مثل منخفض حمص في الجنوب، ومنخفض الغاب والروح وعفرين (غرب وشمال غرب النهوض) (PONIKAROV *et al.*, 1966). تمتد سلسلة الجبال التدمرية وسط سوريا على مسافة حوالي 400 كم اعتباراً من منطقة دمشق في الجنوب الغربي وحتى جبل البشري في الشمال الشرقي ويعرض أعظمي يصل إلى 100 كم وفي وسطها منخفض واسع الامتداد يفصل بين قسميها الجنوبي (الجبال التدمرية الجنوبية) والشمالي (الجبال التدمرية الشمالية) يدعى "بمنخفض الدو". وتشغل الجبال التدمرية الشمالية مساحة واسعة وتشتمل عدد من السلاسل الجبلية منها جبال الشومرية، البلعاس، شاعر، المرا، أبو رجمين، الأبيض والبشري.

يفصل بين هاتين البنيتين التكتونيتين الكبيرتين منخفض حمص. حيث تشغل سلسلة الشومرية الأطراف الشمالية الغربية من التدمرية الشمالية ويعتبر جناح الشومرية الباليوجيني (سلسلة جبال الحبل) الحدود الجنوبية والجنوبية الشرقية لمنخفض حمص، وأما الحدود الشمالية له فهي النهايات الجنوبية الغربية لنهوض حلب والممتلة بتوضعات باليوجينية مؤلفة من الغضار الكلسي والكلسي الغضاري (شكل 1) (SALLOUM, 2009).

الهدف من الدراسة

يهدف البحث الحالي إلى إجراء دراسة ستراتيجرافية - بيوستراتيجرافية تفصيلية لرسوبيات الباليوسين والإيوسين في الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية والجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب وذلك من خلال الدراسات التفصيلية لأربعة مقاطع جيولوجية

سطحية (جبل الحبلي "ممثل الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية"، جبل الأربعين، جبل زين العابدين وخان شيخون "ممثلة للجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب") (شكل 1)، وذلك استناداً إلى الدراسة التفصيلية لمحتوى الرسوبات من مستحاثات النانوفوسيل الكلسية، وتحديد نطاقات حيوية مميزة، وصولاً إلى تحديد وتدقيق أعمار الوحدات الليتولوجية، وذلك اعتماداً على أهم التصانيف العالمية المعروفة في مجال دراسات مستحاثات النانوفوسيل في الباليوجين (MARTINI, 1971).

طرق ومواد البحث

• دراسة حقلية تم رفع أربعة مقاطع جيولوجية متكشفة (جبل الحبلي، جبل الأربعين، جبل زين العابدين وخان شيخون) في التكتشفات العائدة إلى الباليوسين والإيوسين في في الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية والجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب (شكل 1)، وجمع عينات مستحاثية بحدود 103 عينة، إضافة إلى الوصف الحقلية للمقاطع المذكورة.

• دراسة مخبرية تتضمن:

- تحضير العينات الصخرية لدراسة محتواها من مستحاثات النانوفوسيل الكلسية حسب الطريقة المعتمدة من قبل الباحثين منهم BRAMLETTE & SULLIVAN (1961).
- دراسة مجهرية للعينات المحضرة وتحديد أجناس مستحاثات النانوفوسيل الكلسية وأنواعها وأعمارها وامتداداتها الزمنية باستخدام مجهر استقطابي (Polarized Microscope) من طراز Olympus BX51 بقوة تكبير تصل إلى X1000. وتم استخدام العدسة الغاطسة بتكبير Oil X100 Lens Immersion وتصويرها باستخدام الكاميرا الرقمية Olympus DP12 المتوافقة مع المجهر.

النتائج والمناقشة:

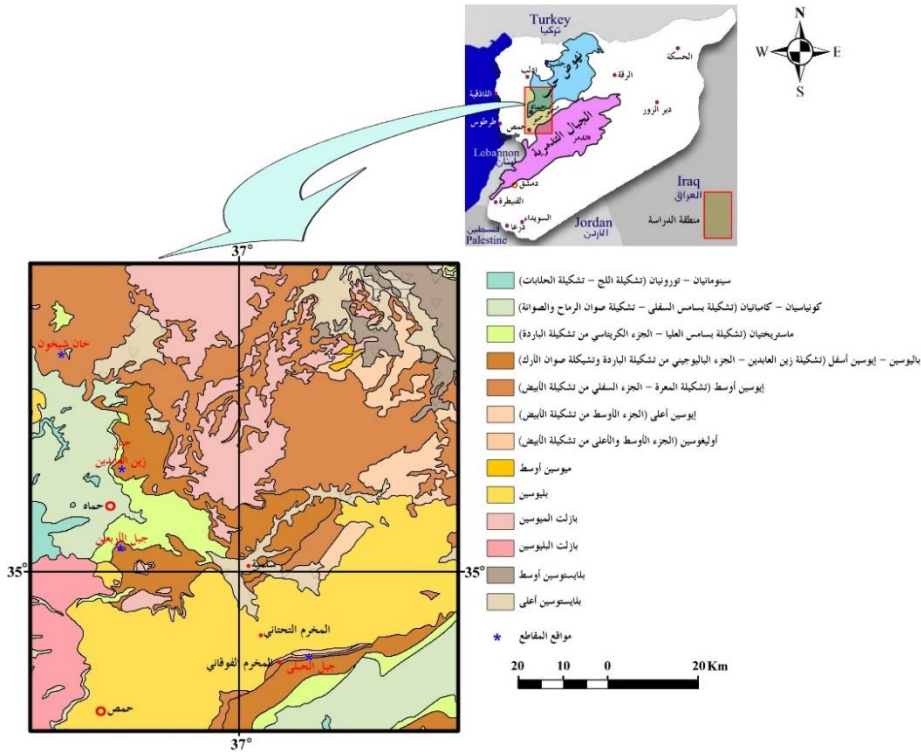
1- **الستراتيغرافيا:** تنتمي منطقة الدراسة إلى الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية والممثلة بمنطقة المخرم (مقطع جبل الحبلي) والجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب والممثلة بمنطقة حماه (مقاطع جبل الأربعين، جبل زين العابدين وخان شيخون).

1- **الجزء الشمالي الغربي من السلسلة التدمرية والممثلة بمنطقة المخرم (جبل الحبلي):** يشكل جبل الحبلي جزء من سلسلة جبال الشومرية وهي بدورها تمثل الأجزاء الشمالية الغربية من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية. تتمثل صخور الباليوسين والإيوسين المتكشفة في جبل الحبلي بثلاثة تشكيلات، الجزء العلوي من تشكيلة الباردة، تشكيلة صوان الأرك وتشكيلة الأبيض (شكل 2).

- **الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b :** يتكون الجزء المكتشف من تشكيلة الباردة والعائد إلى الباليوسين والجزء الأسفل من الإيوسين من ثلاث وحدات، وتصل ثخانة هذا الجزء إلى 228م (يمتد عمر تشكيلة الباردة من الماستريختيان حتى الجزء الأسفل من الإيوسين الأسفل):

الوحدة الأولى: تتكون هذه الوحدة من حجر كلسي غضاري رقيق إلى متوسط التطبق ومتوسط القساوة، أبيض مصفر وبخانة تصل إلى 25م وتتوضع هذه الوحدة بعدم توافق فوق توصلات من الحجر الكلسي المارلي العائد إلى الجزء الكريتاسي من تشكيلة الباردة (شكل 2).

الوحدة الثانية: غضار كلسي كتلي، طري، متورق، سطوح انفصامه ملونة بأكاسيد حديدية صفراء اللون، غير مبلور، اللون أخضر فاتح من الداخل ورمادي من الخارج، وتصل ثخانة هذه الوحدة حوالي 135م (شكل 2).



شكل 1: خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية والجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب (PONIKAROV *et al.*, 1966)

الوحدة الثالثة: عبارة عن حجر كلسي غضاري رقيق إلى متوسط النطبق ومتوسط القساوة، أبيض مصفر ذو أكاسيد حديدية تعطي المظهر الصدئي لسطح الصخر مع أكاسيد مغنيزية سوداء اللون، تأخذ هذه التوضعات أحياناً المظهر المتورق ويبيدي الصخر أحياناً أخرى المكسر المحاري، مع ظهور لآثار السيلسة في قمة تشكيلة الباردة. وتصل ثخانة هذه الوحدة حوالي 68م (شكل 2).

- **تشكيلة صوان الأرك P₁:** تتكون تشكيلة صوان الأرك في مقطع جبل الحبلى من وحدتين، وتصل ثخانة تشكيلة صوان الأرك في مقطع جبل الحبلى إلى حوالي 112م. ويعود عمر التشكيلة إلى الجزء العلوي من الإيوسين الأسفل:

الوحدة الأولى: تتألف لمستويات من الغضار الكلسي الطري ذو مكسر محاري، رقائقى بلون أبيض مصفر مع مستويات من الحجر الكلسي الغضاري المسيلس قاسي بلون صدئي ورفوف صوانية (بثخانة تصل إلى 15 سم للرف الواحد)، وتصل ثخانة هذه الوحدة إلى 52م (شكل 2).

الوحدة الثانية: عبارة عن حجر كلسي غضاري متوسط القساوة، رمادي مصفر مع ملاحظة زيادة نسبة السيلسة في الجزء العلوي من التشكيلة، وتصل ثخانة هذه الوحدة إلى 60م (شكل 2).
- تشكيلة الأبيض P₂: تتمثل تشكيلة الأبيض بالقسم الأسفل من التشكيلة P₂^a والعائدة إلى الإيوسين الأوسط والجزء الأسفل من القسم الأوسط P₂^b والعائدة إلى الإيوسين الأعلى والجزء الأسفل من الأوليغوسين:

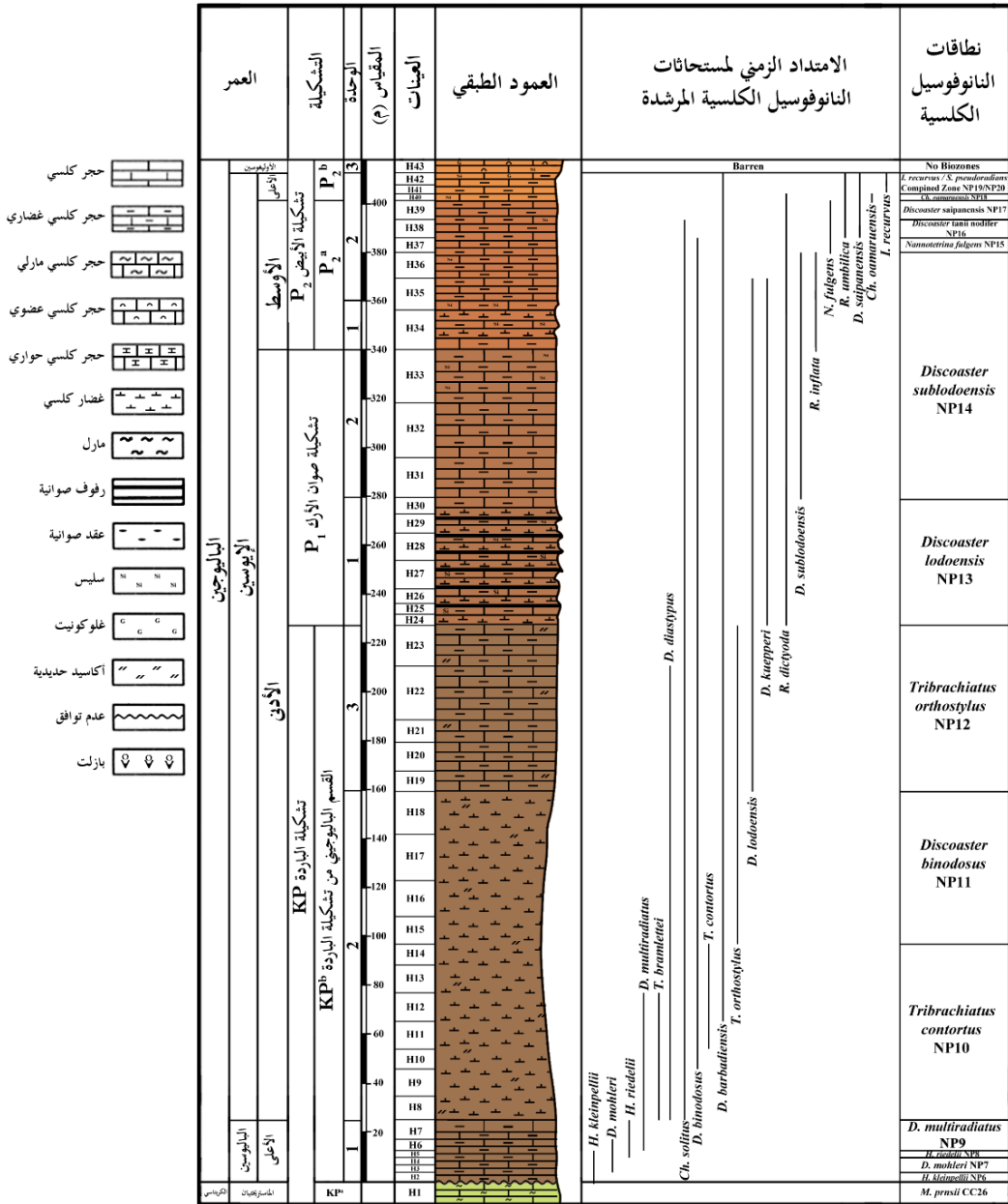
الوحدة الأولى: تناوب لمستويات من الغضار الكلسي الطري ذو مكسر محاري، رقائقي بلون أبيض مصفر مع مستويات من الحجر الكلسي الغضاري المسيلس قاسي بلون صدئي وبثخانة تصل إلى 20م (شكل 2).

الوحدة الثانية: عبارة عن حجر كلسي غضاري سميك التطبيق إلى كتلي بلون رمادي طري إلى متوسط القساوة مسيلس جزئياً، مع بعض حبيبات الغلوكوني في الجزء الأعلى من الوحدة، وتصل ثخانة هذه الوحدة إلى 53م (شكل 2).

الوحدة الثالثة: عبارة عن طبقات رقيقة إلى متوسطة التطبيق من الحجر الكلسي ناعم التبلور المسيلس، العضوي (انطباع لقواع مختلفة من صفيحيات الغلاصم)، أبيض اللون إلى صدئي ناعم التبلور، لوحظ وجود بعض حبيبات الغلوكوني الخضراء اللون في بعض المستويات وتتميز هذه الوحدة بخلوها من المستحاثات المجهرية وتصل ثخانة هذه الوحدة حوالي 5م (شكل 2).

2- الجزء الجنوبي الغربي من هضبة حلب والممتلة بمنطقة حماه (جبل الأربعين، جبل زين العابدين وخان شيخون): تشغل مواقع جبل الأربعين وجبل زين العابدين وخان شيخون الجزء الجنوبي الغربي من هضبة حلب. لانتكشف صخور الباليوسين في الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب وأقدم تكشفات عائدة إلى الباليوجين تعود إلى الإيوسين الأسفل وتتمثل هذه الصخور بتشكيلتي زين العابدين والمعرة.

دراسة ستراتيجرافية وبيوستراتيغرافية لخور الباليوسين والإيوسين في شمال غرب السلسلة التدمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب، سورية



شكل 2: العمود الطبقي لتكشفات الباليوسين - الإيوسين والامتداد الزمني للمستحاثات المرشدة ونطاقات النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل الحبل، الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية، سورية

- **تشكيلة زين العابدين:** تتوضع تشكيلة زين العابدين بعدم توافق فوق صخور الكريتاسي التي تتوضع أسفل منها، وتصل ثخانة هذه التشكيلة المكتشفة في جبل الأربعين حوالي 166م (شكل 3)، وتتناقص إلى 37م في زين العابدين (شكل 4)، بينما تكون غائبة في خان شيخون. ليتولوجياً تتألف هذه التشكيلة من الوحدات التالية:

الوحدة الأولى: تتكشف هذه الوحدة في جبل الأربعين فقط وتتكون من حجر كلسي حواري ذو لون أبيض مصفر، متوسط التطبيق طري إلى متوسط القساوة وبثخانة تصل إلى 16 (شكل 3).

الوحدة الثانية: تتكشف هذه الوحدة في جبل الأربعين فقط وتتكون من حجر كلسي غضاري متوسط التطبيق ذو لون رمادي فاتح، متوسط القساوة وبثخانة تصل إلى 25 (شكل 3).

الوحدة الثالثة: تناوبات من حجر كلسي مارلي متوسط التطبيق، متوسط القساوة ذو لون بيج فاتح موشح بأكاسيد الحديد حمراء اللون مع مستويات كلسية مسيلسة رقيقة التطبيق (بثخانة تتراوح بين 10سم -15سم لكل مستوي)، يوجد ضمنها عقد صوانية بحجوم مختلفة، تتوج الوحدة بوجود عدد من المستويات الصوانية رقيقة التطبيق بلون بني إلى رمادي مسود وتصل ثخانة هذه الوحدة في مقطع جبل الأربعين إلى 60م (شكل 3)، وتتناقص باتجاه الشمال في مقطع جبل زين العابدين لتسجل الثخانة المكتشفة حوالي 19م (شكل 4).

الوحدة الرابعة: تناوبات من حجر كلسي غضاري متوسط التطبيق، متوسط القساوة ذو لون أبيض إلى رمادي فاتح موشح بأكاسيد الحديد حمراء اللون مع مستويات كلسية مسيلسة رقيقة التطبيق (بثخانة تتراوح بين 10سم)، لوحظ في القسم الأعلى من هذه الوحدة حجر كلسي غضاري غلوكوني بلون بيج يحوي نسبة عالية من الغلوكونيت وتصل ثخانة هذه الوحدة في مقطع جبل الأربعين إلى 65م (شكل 3)، وتتناقص باتجاه الشمال في مقطع جبل زين العابدين لتسجل 18م (شكل 4).

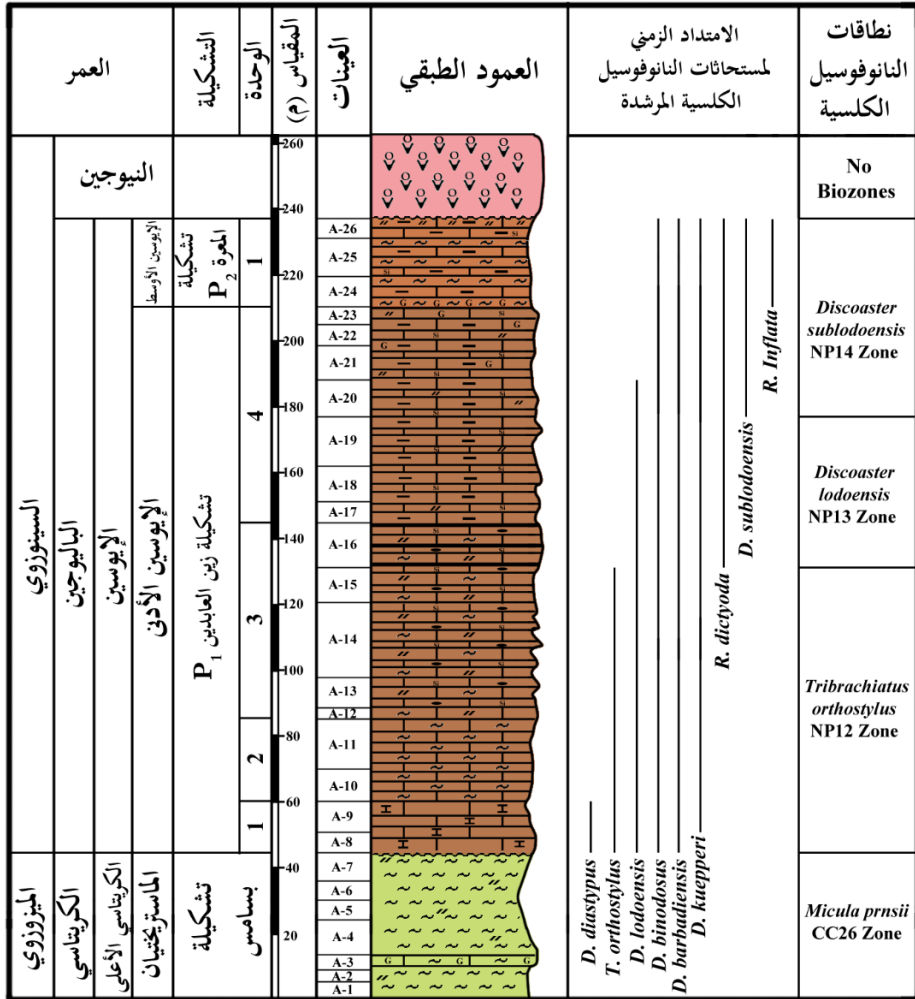
- **تشكيلة المعرة:** تتوضع تشكيلة المعرة بتوافق فوق تشكيلة زين العابدين في جبل الأربعين وجبل زين العابدين وتصل ثخانتها المكتشفة فيهما حوالي 27م و3م في جبل الأربعين وجبل زين العابدين (الشكلين 3 و4)، على التوالي. بينما في خان شيخون تتوضع صخور تشكيلة خان شيخون المكتشفة بعدم توافق فوق صخور الكامبانيان العائدة إلى تشكيلة بسامس وبثخانة تصل إلى 20م فقط (شكل 5). ليتولوجياً تتألف هذه التشكيلة من وحدتين:

الوحدة الأولى: تناوبات من طبقات مارلية طرية رقيقة إلى متوسطة التطبيق تتميز بوجود حبات من الغلوكونيت في القاعدة مع مستويات من الحجر الكلسي الغضاري متوسط التطبيق، مسيلس

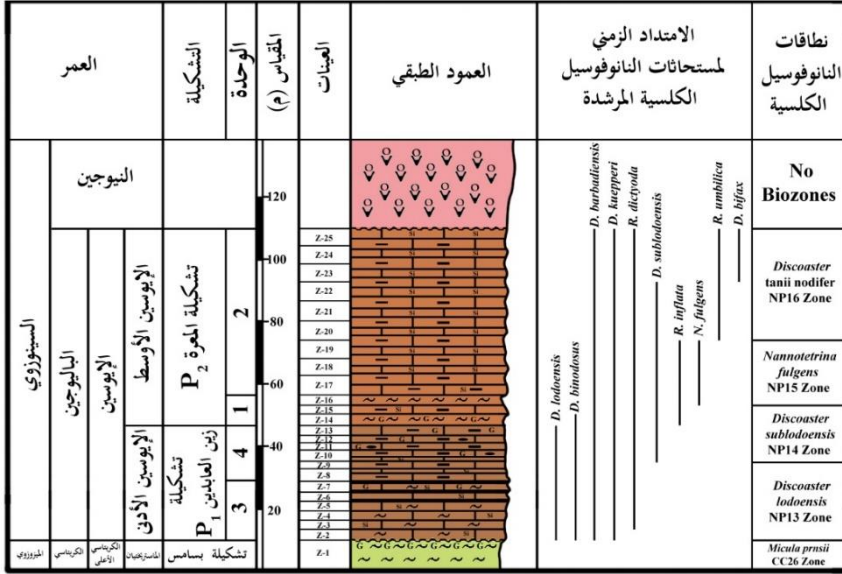
دراسة ستراتيجرافية وبيوستراتيجرافية لصخور الباليوسين والإيوسين في شمال غرب السلسلة التدمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب، سورية

جزئياً وتصل تخانة هذه الوحدة إلى 27م في جبل الأربعين (شكل 3) وحوالي 10م في جبل زين العابدين (شكل 4).

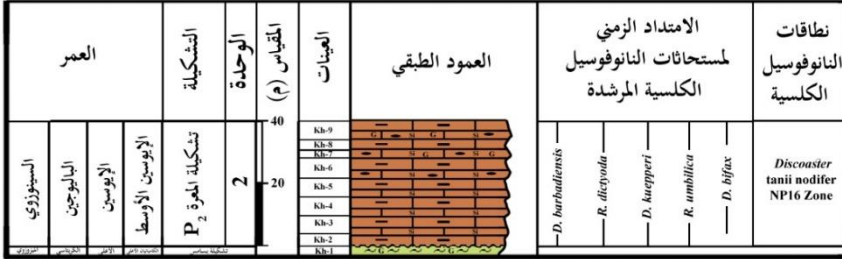
الوحدة الثانية: عبارة عن حجر كلسي غضاري مسيلس متوسط التطبق ذو لون رمادي فاتح، متوسط القساوة إلى قاسي وبثخانة تصل إلى 53م في جبل زين العابدين (شكل 4) وحوالي 20م في خان شيخون (شكل 5).



شكل 3: العمود الطبقي لتكشفات الإيوسين والامتداد الزمني للمستحاثات المرشدة ونطاقات النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل الأربعين، الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب، سورية (المصطلحات، انظر الشكل 2)



شكل 4: العمود الطبقي لتكشفات الإيوسين والامتداد الزمني للمستحاثات المرشدة ونطاقات النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل زين العابدين، الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب، سورية (المصطلحات، انظر الشكل 2)



شكل 5: العمود الطبقي لتكشفات الإيوسين والامتداد الزمني للمستحاثات المرشدة ونطاقات النانوفوسيل الكلسية في مقطع خان شيخون، الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب، سورية (المصطلحات، انظر الشكل 2)

2- البيوستراتيغرافيا: تعتبر الدراسات البيوستراتيغرافية باستخدام مستحاثات النانوفوسيل في سورية قليلة، وأول تلك الأبحاث التي تناولت بالتفصيل هذه المستحاثات أعمال كل من YAZBEK (1995, 1998, 2002, 2008 & 2020), SADEK & YAZBEK (1996), AL-KHATEIB *et al.* (2016), AL-ABDOUN (2019), AL-ABDOUN *et al.*

(2021), ABOUD (2021) & ABOUD *et al.*, (2019). من أجل وضع نطاقات النانوفوسيل الكلسية وحدودها فقد استخدم في هذه الدراسة مقياس (MARTINI, 1971)، والمعروفة بالاختصار NP، واستخدمت الاختصارات (FO (Frist Occurrence و LO (Last Occurrence) للظهور الأول والأخير للمستحاثات المرشدة المحددة للنطاقات.

2-1 نطاقات النانوفوسيل الكلسية للبالوسين:

1- نطاق *Heliolithus kleinpellii* Zone NP6:

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Heliolithus kleinpellii* إلى FO للنوع *Discoaster mohleri*.

المؤلف: (HAY & MOHLER (quoted in HAY *et al.*, 1967).

العمر: الباليوسين الأعلى.

الثخانة: 4م من الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b وهي الثخانة المتكشفة في جبل الحبلي.

التجمع المستحاثي: يشمل بالإضافة إلى النوع الدال *H. kleinpellii* الأنواع *Chiasmolithus consuetus*, *Ellipsolithus macellus*, *Pontosphaera plana*, *Sphenolithus primus*, *Thoracosphaera operculate* & *T. saxea* (جدول 1).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP6 فقط في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة. وتمت مقارنة هذا النطاق مع النطاق NP6 المحدد من قبل YAZBEK (1995) و SADEK & YAZBEK (1996) في السلسلة التدمرية والنطاق NP6 المحدد من قبل YAZBEK (2020) في سلسلة الجبال الساحلية.

2- نطاق *Discoaster mohleri* Zone NP7:

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Discoaster mohleri* إلى FO للنوع *Heliolithus riedelii*.

المؤلف: (HAY (1964).

العمر: الباليوسين الأعلى.

الثخانة: 6م من الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b في جبل الحبلى.

التجمع المستحاثي: يشمل بالإضافة الأنواع في النطاق السابق، النوع الدال *Heliolithus riedelii* والنوع *Chiasmolithus bidens* (جدول 1).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP7 فقط في جبل الحبلى (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة. وتمت مقارنة هذا النطاق مع النطاق NP7 المحدد من قبل YAZBEK (1995) و SADEK & YAZBEK (1996) في السلسلة التدمرية والنطاق NP7 المحدد من قبل YAZBEK (2020) في سلسلة الجبال الساحلية.

3- نطاق *Heliolithus riedelii* Zone NP8:

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Heliolithus riedelii* إلى FO

للنوع *Discoaster multiradiatus*.

المؤلف: BRAMLETTE & SULLIVAN (1961).

العمر: الباليوسين الأعلى.

الثخانة: 3م من الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b في جبل الحبلى.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للنوع المرشد *Heliolithus riedelii* (جدول 1).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP8 فقط في جبل الحبلى (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة. وتمت مقارنة هذا النطاق مع النطاق NP8 المحدد من قبل YAZBEK (1995) و SADEK & YAZBEK (1996) في السلسلة التدمرية والنطاق NP8 المحدد من قبل YAZBEK (2020) في سلسلة الجبال الساحلية.

4- نطاق *Discoaster multiradiatus* Zone NP9:

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Discoaster multiradiatus*

إلى FO للنوع *Tibrachiatus bramlettei*.

المؤلف: BRONNIMANN & STRADNER (1960).

العمر: الباليوسين الأعلى.

الثخانة: 13م من الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b في جبل الحبل.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للنوع المرشد

Discoaster multiradiatus و *Fasciculithus involutus* (جدول 1).

ملاحظات: قام HAY & MOHLER (quoted in HAY et al., 1967) بتحديد هذا

النطاق من FO للنوع *D. multiradiatus* حتى FO للنوع *T. bramlettei* وقد تم تثبيت هذا

التعريف لاحقاً من قبل (MARTINI, 1971). وتم تسجيل النطاق NP9 فقط في جبل الحبل

(الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة.

وتمت مقارنة هذا النطاق مع النطاق NP9 المحدد من قبل (YAZBEK و SADEK

(1996) & YAZBEK في السلسلة التدمرية والنطاق NP9 المحدد من قبل YAZBEK

(2020) في سلسلة الجبال الساحلية.

جدول 1: توزع وامتدادات مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل الحلبي، الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية، سورية

المعلم	الطبقات التانوفوسيلية الكلسية			
	اليوسين		الأوسط	الأعلى
	الأعلى	الأدنى		
التشكيلة	القسم الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP ^b		تشكيلة صوان الأرك P1	تشكيلة الأبيض P2
طبقات التانوفوسيل الكلسية	Discoster binodosus NP11 Tribachiatus orthostylus NP12 Tribrachiatus camorus NP10 D. multiradiatus NP9 H. riedeli NP8 D. mahleri NP7 H. deltingi NP6 Murch. pruvii C.13, 2km		Discoster lodoensis NP13 Tribachiatus orthostylus NP12 H23 H22 H21 H20 H19 H18 H17 H16 H15 H14 H13 H12 H11 H10 H9 H8 H7 H6 H5 H4 H3 H2	No Rhodoms H43 I. coronata / S. H41 Pteridolites NP H41 S. W. H. H. H41 C. r. r. r. r. NP8 H. r. r. r. NP7 N. fulgens NP8 H38 H37 H36 H35 H34 H33 H32 H31 H30 H29 H28 H27 H26 H25 H24
رقم العينة				
الاسم العلمي				
				Thoracosphaera operculata Sphenolithus primus Ellipsoolithus macellus Chiasmolithus concavus Pontosphaera plana Thoracosphaera saxea Helioolithus kleinpelli Discoaster mahleri Chiasmolithus bidens Helioolithus riedeli Discoaster multiradiatus Fasciculolithus involutus Tribachiatus bramlettei Neochiastocyclus distentus Neochiastocyclus junctus Sphenolithus anarthopus Ericsonia robusta Discoaster diastypus Rhabdosphaera solus Transversopontis rectipons Lophodolithus nascens Pontosphaera multipora Campylosphaera dela Chiasmolithus solius Cocolith pelagicus Zygrhablithus bijugatus Cocolith eopelagicus Pontosphaera pectinata Discoaster binodosus Tribachiatus contortus Neococolithes protenus Discoaster barbadiensis Sphenolithus edius Tribachiatus orthostylus Sphenolithus radians Ericsonia formosa Rhabdosphaera pinguis Chiasmolithus eograndis Imperiaster obscurus Neococolithes dubius Towetus gammation Discoaster lodoensis Towetus callosus Chiasmolithus grandis Sphenolithus moriformis Helicosphaera lophota Transversopontis pulcher Discoaster kuepperi Reticulofenestra dictyoda Discoaster deflandrei Chiasmolithus expansus Discoaster sublodoensis Sphenolithus spiniger Discoaster gemmifer Helicosphaera seminulum Discoaster strictus Transversopontis obliquipons Braarudosphaera bigelowii Discoaster germanicus Rhabdosphaera inflata Pontosphaera punctosa Sphenolithus orphanknollensis Nannotrina fulgens Reticulofenestra umbilica Sphenolithus obtusus Cribo centrum reticulatum Dietyococites bisectus Discoaster saipanensis Chiasmolithus oamaruensis Isthmolithus recurvus

2-2 نطاقات النانوفوسيل الكلسية للإيوسين:

1- نطاق *Tribrachiatu s contortu s* Zone NP10:

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Tribrachiatu s bramlettei* إلى

LO للنوع *Tribrachiatu s contortu s*.

المؤلف: (HAY 1964).

العمر: الإيوسين الأدنى.

الثخانة: 72م من الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b في جبل الحبلي.

التجمع المستحاثي: يظهر في هذا النطاق بالإضافة إلى النوع *Tribrachiatu s*

bramlettei، الأنواع *Campylosphaera dela*، *Chiasmolithu s solitu s*،

Coccolithu s eopelagicu s، *C. pelagicu s*، *Discoaster barbadien s*، *D.*

binodosu s، *Ericsonia robusta*، *Lophodolithu s nascen s*، *Neochiastozygu s*

distentu s، *N. junctu s*، *Neococcolithu s protenu s*، *Pontosphaera*

multi pora، *Pontosphaera pectinata*، *Rhabdosphaera solu s*، *Sphenolithu s*

anarrhopu s، *Transversopontis rectipon s*، *Tribrachiatu s contortu s*،

Zygrhablithu s bijugatu s (جدول 1).

ملاحظات: في الدراسة الحالية استخدم FO للنوع *T. bramlettei* و FO للنوع *D.*

diastypu s لوضع الحد الأسفل للنطاق NP10، ويعتبر FO للنوع الأخير الحد الأدنى للنطاق

Zone CP9 *Discoaster diastypu s* في مناطق العروض الدنيا (OKADA &)

(1975 & 1973, BUKRY). تم تسجيل النطاق NP10 فقط في جبل الحبلي (الجزء الشمالي

الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة، و تمت مقارنته مع

النطاق NP10 المحدد من قبل (1998 & 2008, YAZBEK) في السلسلة التدمرية والنطاق

NP10 المحدد من قبل (2020, YAZBEK) في سلسلة الجبال الساحلية.

2- نطاق *Discoaster binodosu s* Zone NP11:

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من LO للنوع *Tribrachiatu s contortu s* إلى

FO للنوع *Discoaster lodoen s*.

المؤلف: (1967, HAY et al., quoted in HAY & MOHLER).

العمر: الإيوسين الأدنى.

الثخانة: 62م من الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b في جبل الحبلي.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للأنواع التالية *Ericsonia formosa*, *Sphenolithus editus*, *Sphenolithus radians* & *Tribrachiatus orthostylus* (جدول 1).

ملاحظات: يتميز هذا النطاق بظهور النوع المرشد *Tribrachiatus orthostylus*. وقد تم تسجيل النطاق NP11 في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة، و تمت مقارنته مع النطاق NP11 المحدد من قبل (1998 & 2008) YAZBEK في السلسلة التدمرية والنطاق NP11 المحدد من قبل (2020) YAZBEK في سلسلة الجبال الساحلية.

3- نطاق NP 12 *Tribrachiatus orthostylus* Zone

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Discoaster lodoensis* إلى LO

للنوع *Tribrachiatus orthostylus*.

المؤلف: (1960) BRONNIMANN & STRADNER.

العمر: الإيوسين الأدنى.

الثخانة: 68م من الجزء الباليوجيني من تشكيلة الباردة KP^b في جبل الحبلي، و 87م من تشكيلة زين العابدين P₁ في جبل الأربعين.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للنوع المرشد *Chiasmolithus consuetus*, الأنواع التالية *Discoaster lodoensis*, *Chiasmolithus eograndis*, *Ch. grandis*, *Discoaster distinctus*, *D. germanicus*, *D. kuepperi*, *Helicosphaera lophota*, *Imperiaster obscurus*, *Lophodolitus reniformis*, *Markalius inversus*, *Neococcolithes dubius*, *Rhabdosphaera pinguis*, *Sphenolithus moriformis*, *Toweius callosus* & *T. gammation*, *Transversopontis pulcher* (جدول 1 و 2).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP12 في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) وفي جبل الأربعين ويتوضع بعدم توافق فوق النطاق CC26 *Micula prinsii* التابع للأعلى الماستريختيان، ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة، و تمت مقارنته مع النطاق NP12 المحدد من قبل (1998 & 2008) YAZBEK في السلسلة التدمرية والنطاق NP12 المحدد من قبل (2020) YAZBEK في سلسلة الجبال الساحلية.

4- نطاق *Discoaster lodoensis* Zone NP 13

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من LO للنوع *Tribrachiatos orthostylus*

إلى FO للنوع *Discoaster sublodoensis*.

المؤلف: BRONNIMANN & STRADNER (1960).

العمر: الإيوسين الأدنى.

الثخانة: 52م من الجزء الأسفل من تشكيلة صوان الأرك P₁ في جبل الحبل، و46م من تشكيلة

زين العابدين P₁ في جبل الأربعين، و25م من تشكيلة زين العابدين P₁ في جبل زين العابدين.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة إلى

Braarudosphaera bigelowii, *Chiasmolithus expansus*, *Discoaster cruciformis*, *D. deflandrei*, *D. gemmifer*, *Helicosphaera seminulum*, *Lophodolithus reniformis*, *Neococcolithes minutus*, *Reticulofenestra dictyoda*, *Sphenolithus orphanknollensis*, *S. spiniger* & *Transversopontis obliquipons* (جدول 1، 2 و3).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP13 في جبل الحبل (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال

التمدرية) وفي جبل الأربعين وجبل زين العابدين حيث يتوضع في المقطع الأخير بعدم توافق

فوق النطاق CC26 *Micula prinsii* التابع لقمة الماستريختيان، ولم يسجل في مقطع خان

شيخون، وتمت مقارنته مع النطاق NP13 المحدد من قبل (YAZBEK 1998 & 2008)

في السلسلة التدمرية والنطاق NP13 المحدد من قبل (YAZBEK 2020) في سلسلة الجبال

الساحلية.

5- نطاق *Discoaster sublodoensis* Zone NP 14

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Discoaster sublodoensis* إلى

FO للنوع *Nannotetrina fulgens*.

المؤلف: HAY (1964).

العمر: الجزء الانتقالي من الإيوسين الأدنى إلى الإيوسين الأوسط.

الثخانة: 100م من الجزء العلوي من تشكيلة صوان الأرك P₁ والجزء الأسفل من القسم الأسفل

من تشكيلة الأبيض P₂^a في جبل الحبل، و60م من الجزء الأعلى لتشكيلة زين العابدين P₁

والجزء الأسفل من تشكيلة المعرة P₂ في جبل الأربعين، و18م من الجزء الأعلى لتشكيلة زين

العابدين P₁ والجزء الأسفل من تشكيلة المعرة P₂ في جبل زين العابدين.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة لأنواع المرشدة *Discoaster strictus*, *D. sublodoensis*, *Pontosphaera punctosa* & *Rhabdosphaera inflata* (جدول 1، 2 و3).

جدول 2: توزيع وامتدادات مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل الأربعين، الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب، سورية

الميزوزوي	السينوزوي		العمر																	
	الكرييتاسي	الباليوجين																		
الكرييتاسي الأعلى	الإيوسين		التشكيلة																	
الماستريختيان	الإيوسين الأدنى																			
تشكيلة بسامس	تشكيلة زين العابدين P ₁		ت. المعرة																	
Mfouda prnsii CC26 Zone	Tribachiatus orthoastylus NP12 Zone	Discoaster lodoensis NP13 Zone	Discoaster sublodoensis NP14 Zone	التشكيلة النانوفوسيل الكلسية																
					رقم العينة															
A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	
																				<i>Chiasmolithus consuetus</i>
																				<i>Neochiastozygus junctus</i>
																				<i>Lophodolithus reniformis</i>
																				<i>Discoaster diastypus</i>
																				<i>Tribachiatus orthostylus</i>
																				<i>Transversopontis pulcher</i>
																				<i>Pontosphaera multipora</i>
																				<i>Discoaster lodoensis</i>
																				<i>Pontosphaera plana</i>
																				<i>Discoaster barbadiensis</i>
																				<i>Ericsonia formosa</i>
																				<i>Sphenolithus radians</i>
																				<i>Transversopontis rectipons</i>
																				<i>Thoracosphaera saxea</i>
																				<i>Sphenolithus moriformis</i>
																				<i>Zygrhablithus bijugatus</i>
																				<i>Discoaster binodosus</i>
																				<i>Campylosphaera dela</i>
																				<i>Coccolith pelagicus</i>
																				<i>Coccolith eopelagicus</i>
																				<i>Chiasmolithus solitus</i>
																				<i>Ellipsolithus macellus</i>
																				<i>Lophodolithus nascens</i>
																				<i>Rhabdosphaera solus</i>
																				<i>Discoaster kuepperi</i>
																				<i>Helicosphaera lophota</i>
																				<i>Toweius callosus</i>
																				<i>Toweius gammation</i>
																				<i>Neococcolithes dubius</i>
																				<i>Chiasmolithus grandis</i>
																				<i>Markalius inversus</i>
																				<i>Discoaster germanicus</i>
																				<i>Discoaster distinctus</i>
																				<i>Helicosphaera seminulum</i>
																				<i>Reticulofenestra dictyoda</i>
																				<i>Discoaster deflandrei</i>
																				<i>Neococcolithes minutus</i>
																				<i>Sphenolithus orphanknollensis</i>
																				<i>Braarudosphaera bigelowii</i>
																				<i>Sphenolithus spiniger</i>
																				<i>Discoaster gemmifer</i>
																				<i>Transversopontis obliquipons</i>
																				<i>Discoaster sublodoensis</i>
																				<i>Rhabdosphaera inflata</i>
																				<i>Discoaster strictus</i>

دراسة ستراتيجرافية وبيوستراتيغرافية لصخور الباليوسين والإيوسين في شمال غرب السلسلة التدمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب، سورية

جدول 3: توزع وامتدادات مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل زين العابدين، الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب، سورية

العصر	السينوزوي		رقم العينة																								
	الباليوجين																										
	الإيوسين																										
التشكيلة	الإيوسين الأوسط						الإيوسين الأدنى						مناطق النانوفوسيل الكلسية														
	تشكيلة المعرة P ₂						تشكيلة زين العابدين P ₁																				
مناطق النانوفوسيل الكلسية	Discoaster tanii nodifer NP16		Nannotrinita fulgens NP15 Zone		Discoaster subloedenis NP14 Zone		Discoaster lodoensis NP13 Zone																				
	Z-25	Z-24	Z-23	Z-22	Z-21	Z-20	Z-19	Z-18	Z-17	Z-16	Z-15	Z-14	Z-13	Z-12	Z-11	Z-10	Z-9	Z-8	Z-7	Z-6	Z-5	Z-4	Z-3	Z-2	Z-1		
Lophodolichus reniformis																											
Ellipsolithus macellus																											
Sphenolithus orphanknollensis																											
Coccolith pelagicus																											
Coccolith eopelagicus																											
Discoaster lodoensis																											
Discoaster binodosus																											
Campylosphaera dela																											
Toweius gammation																											
Thoracosphaera saxea																											
Braarudosphaera bigelowii																											
Chiasmolithus grandis																											
Transversopontis rectipons																											
Pontosphaera multipora																											
Pontosphaera plana																											
Discoaster barbadiensis																											
Ericsonia formosa																											
Chiasmolithus solitus																											
Zygrhablithus bijugatus																											
Sphenolithus moriformis																											
Sphenolithus radians																											
Discoaster kuepperi																											
Transversopontis obliquipons																											
Helicosphaera seminulum																											
Transversopontis pulcher																											
Toweius callosus																											
Discoaster distinctus																											
Discoaster germanicus																											
Helicosphaera lophota																											
Reticulofenestra dictyoda																											
Discoaster deflandrei																											
Discoaster cruciformis																											
Neococcolithes minutus																											
Chiasmolithus consuetus																											
Neococcolithes dubius																											
Lophodolichus nascens																											
Discoaster subloedenis																											
Sphenolithus spiniger																											
Rhabdosphaera inflata																											
Nannotrinita fulgens																											
Chiasmolithus gigas																											
Discoaster saipanensis																											
Reticulofenestra umbilica																											
Discoaster bifax																											

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP14 في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) وفي جبل الأربعين وفي جبل زين العابدين، ولم يسجل في مقطع خان شيخون. يتميز النطاق NP14 بأنه يغطي الفترة الانتقالية من الجزء الأعلى للإيوسين الأدنى والجزء الأسفل من الإيوسين الأوسط وأن الحد بين الإيوسين الأدنى والإيوسين الأوسط محدد بظهور النوعين *MOLINA et al.,) Rhabdosphaera inflata & Pontosphaera punctosa* (2011; KING, 2016). وتمت مقارنة النطاق الحالي مع النطاق NP14 المحدد من قبل YAZBEK (1998 & 2008) في السلسلة التدمرية والنطاق NP14 المحدد من قبل YAZBEK (2020) في سلسلة الجبال الساحلية.

6- نطاق NP 15 Zone *Nannotetrina fulgens*:

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Nannotetrina fulgens* إلى LO للنوع *Rhabdosphaera gladius*.

المؤلف: (HAY in HAY et al., 1967).

العمر: الإيوسين الأوسط.

الثخانة: 6م من الجزء الأسفل من تشكيلة الأبيض P₂^a في جبل الحبلي، و21م من تشكيلة المعرة P₂ في جبل زين العابدين.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للنوعين *Chiasmolithus gigas & Discoaster saipanensis*. (جدول 1 و3).

ملاحظات: إن النوع *Rhabdosphaera gladius* لم يسجل في المقاطع المدروسة وقد أشارت (PERCH-NIELSEN, 1985) إلى أن الجنس *Nannotetrina* يختفي بالقرب من LO النوع *Rhabdosphaera gladius*. لذلك، فإن LO للجنس *Nannotetrina* يمكن أن يستخدم بشكل تقريبي لوضع الحد بين النطاقين NP15/NP16 في المقاطع المدروسة حيث يغيب النوع *Rhabdosphaera gladius*. إضافة إلى ذلك فقد استخدم FO للنوع *Reticulofenestra umbilica* في الدراسة الحالية لرسم الحدود بين النطاقين NP15/NP16، وقد أوضحت (PERCH-NIELSEN, 1985) أن استخدم FO لهذا النوع لوضع الحد الأعلى للنطاق NP 15 *Nannotetrina fulgens* لن يغير الوضع الستراتيغرافي للنطاق NP 15 لأن ظهوره الأول قد سجل عند الحد بين النطاقين NP 15/NP 16. سجل النطاق NP15 في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) وفي جبل زين العابدين، ولم يسجل في جبل الأربعين وخان شيخون. تمت مقارنة النطاق الحالي مع

النطاق NP15 المحدد من قبل (YAZBEK 1998 & 2008) في السلسلة التدمرية والنطاق NP15 المحدد من قبل (YAZBEK 2020) في سلسلة الجبال الساحلية.

7- نطاق *Discoaster tanii nodifer* Zone NP16

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من LO للنوع *Rhabdosphaera gladius* إلى LO للنوع *Chiasmolithus solitus*.

المؤلف: (MARTINI 1971).

العمر: الإيوسين الأوسط.

الثخانة: 7م من الجزء الأسفل من تشكيلة الأبيض P_2^a في جبل الحبل، و36م من تشكيلة المعرة P_2 في جبل زين العابدين، و40م من تشكيلة المعرة P_2 في خان شيخون.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للنوعين *Discoaster bifax*, *Reticulofenestra umbilica* & *Sphenolithus obtusus* (جدول 1، 3 و4).

ملاحظات: في الدراسة الحالية وضع الحد بين NP15/NP16 عند LO للجنس *Nannotetrina* و FO للنوع *Reticulofenestra umbilica*. ويتميز هذا النطاق بظهور *Sphenolithus obtusus*. سجل النطاق NP16 في جبل الحبل (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) وفي جبل زين العابدين وخان شيخون حيث يتوضع في المقطع الأخير بعدم توافق فوق رسوبات الكامبانيان العائدة لتشكيلة بسامس، ولم يسجل في جبل الأربعين. تمت مقارنة النطاق الحالي مع النطاق NP16 المحدد من قبل (YAZBEK 1998 & 2008) في السلسلة التدمرية.

8- نطاق *Discoaster saipanensis* Zone NP 17

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من LO للنوع *Chiasmolithus solitus* إلى FO للنوع *Chiasmolithus oamaruensis*.

المؤلف: (MARTINI 1970).

العمر: الإيوسين الأوسط.

الثخانة: 8م من الجزء الأسفل من تشكيلة الأبيض P_2^a في جبل الحبل.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للنوعين *Cribozentrum reticulatum* & *Dictyococcites bisectus* (جدول 1).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP17 فقط في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة. تمت مقارنة النطاق الحالي مع النطاق NP17 المحدد من قبل (1998 & 2008) YAZBEK في السلسلة التدمرية.

9- نطاق NP 18 *Chiasmolithus oamaruensis* Zone

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Chiasmolithus oamaruensis*

إلى FO للنوع *Isthmolithus recurvus*

المؤلف: (1970) MARTINI.

العمر: الإيوسين الأعلى.

الثخانة: 3م من الجزء الأوسط من تشكيلة الأبيض P₂^b في جبل الحبلي.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق بالإضافة للنوع المرشد *Chiasmolithus oamaruensis* (جدول 1).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق NP18 فقط في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة. تمت مقارنة النطاق الحالي مع النطاق NP18 المحدد من قبل (1998 & 2008) YAZBEK في السلسلة التدمرية.

جدول 4: توزع وامتدادات مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في مقطع خان شيخون، الجزء

الجنوبي الغربي من نهوض حلب، سورية

العمر	التشكيلة	نطاقات النانوفوسيل الكلسية	رقم العينة	<i>Toweius gammation</i>	<i>Thoracosphaera saxea</i>	<i>Campylospira dela</i>	<i>Reticulofenestra dictyoda</i>	<i>Discoaster barbadensis</i>	<i>Coccolith pelagicus</i>	<i>Ericsonia formosa</i>	<i>Sphenolithus radialis</i>	<i>Reticulofenestra umbilica</i>	<i>Discoaster kuepperi</i>	<i>Chiasmolithus solitus</i>	<i>Zygrrhablithus bijugatus</i>	<i>Discoaster saipanensis</i>	<i>Sphenolithus moriformis</i>	<i>Discoaster deflandrei</i>	<i>Pontospira plana</i>	<i>Coccolith eopelagicus</i>	<i>Dietyococites bisectus</i>	<i>Chiasmolithus grandis</i>	<i>Discoaster germanicus</i>	<i>Helicosphaera lophota</i>	<i>Sphenolithus furcatolithoides</i>	<i>Discoaster bifax</i>	<i>Chiasmolithus coarsuetus</i>	<i>Pontospira multipora</i>			
				السينوزوي	تشكيلة المعرة P ₂	<i>Discoaster tanii nodifer</i> NP16	Kh-9																								
اليوجين		Kh-8																													
الإيوسين		Kh-7																													
الإيوسين الأوسط		Kh-6																													
		Kh-5																													
		Kh-4																													
		Kh-3																													
		Kh-2																													
		Kh-1																													

10- النطاق المدمج *Isthmolithus recurvus*-*Sphenolithus*

:*pseudoradians* Zone (NP 19/NP 20 zone)

التعريف: يغطي هذا النطاق الفترة الزمنية من FO للنوع *Isthmolithus recurvus* إلى

LO للنوعين *Discoaster saipanensis* و *Discoaster barbadiensis*.

العمر: الإيوسين الأعلى.

الثخانة: 9م من الجزء الأوسط من تشكيلة الأبيض P₂^b في جبل الحبلي.

التجمع المستحاثي: يشمل الأنواع المسجلة في النطاق السابق (جدول 1).

ملاحظات: تم تسجيل النطاق (NP 19/NP 20 zone) فقط في جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية) ولم يسجل في باقي المقاطع المدروسة. إن الحد الأعلى للنطاق *Isthmolithus recurvus* NP19 وحسب تعريف النطاق تم وضعه عن FO للنوع *Sphenolithus pseudoradians* (MARTINI, 1971) ولكن هذا النوع لم يسجل في المقاطع المدروسة ولذلك تم دمج النطاقين NP19 & NP20 مع بعض في نطاق واحد، وقد تم تسجيل هذا النطاق في عدد من المناطق في ألمانيا، هنغاريا، إيطاليا، روسيا والمحيطين الأطلسي والهادي (MARTINI, 1971). اقترحت (PERCH-NIELSEN, 1972) النطاق *Isthmolithus recurvus* Zone من FO للنوع *Isthmolithus recurvus* إلى LO للنوعين *Discoaster saipanensis* و *Discoaster barbadiensis*. كذلك اقترح (OKADA & BUKRY, 1980) تحت النطاق *Isthmolithus recurvus* subzone CP 15b من FO للنوع *Isthmolithus recurvus* إلى LO للنوع *Discoaster saipanensis*. وبالتالي يمكن مقارنة النطاق NP 19/NP 20 zone المدمج في دراستنا مع النطاق *Isthmolithus recurvus* Zone (PERCH-NIELSEN, 1972)، وتحت النطاق CP 15b (OKADA & BUKRY, 1980)، و النطاق NP 19/NP 20 zone المحدد من قبل (YAZBEK (1998 & 2008) في جبل الباردة في السلسلة التدمرية الجنوبية.

3- المناقشة:

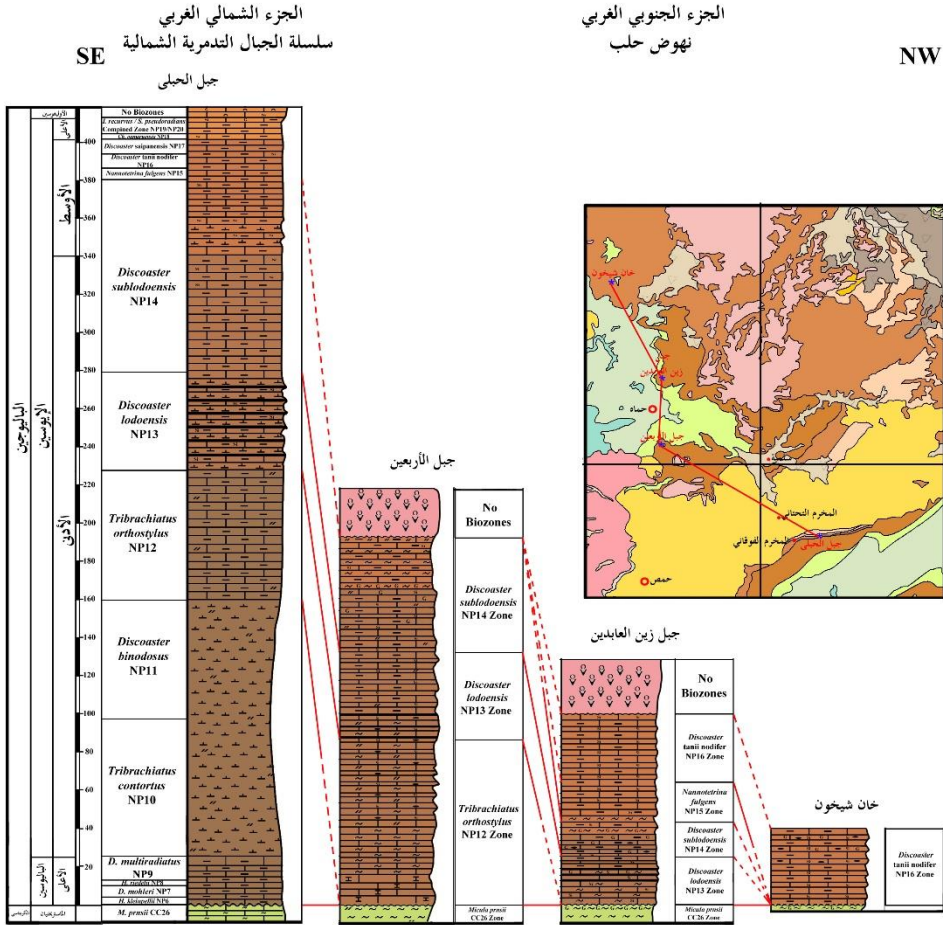
بينت الدراسة الستراتيجرافية والبيوستراتيجرافية أن توضعات الباليوجين تتوضع بعدم توافق فوق توضعات الكريتاسي، حيث تتواجد ثغرة ستراتيجرافية على الحدود K/P. ففي جبل الحبلي (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية) فإن رسوبات الجزء الأعلى من تشكيلة الباردة KP^b والعائدة إلى الباليوسين الأعلى النطاق NP6 تتوضع بعدم توافق فوق رسوبات الجزء الكريتاسي من تشكيلة الباردة KP^a، حيث لم يسجل تواجد للجزء المتبقي من الباليوسين الأعلى النطاق NP5 والباليوسين الأسفل "النطاقات NP1-NP4" (الشكلين 2 و 6).

وبالانتقال نحو الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب نجد أن الثغرة الستراتيغرافية أكثر أهمية وتشمل فترة زمنية كبيرة تتضمن كامل الباليوسين والجزء الأسفل من الإيوسين الأسفل، ففي جبل الأربعين تتوضع رسوبات تشكيلية زين العابدين P₁ النطاق NP12 فوق رسوبات تشكيلية بسامس والعائدة إلى الكريتاسي الأعلى (الشكلين 3 و6)، وفي جبل زين العابدين، تتوضع رسوبات تشكيلية زين العابدين P₁ النطاق NP13 فوق رسوبات تشكيلية بسامس والعائدة إلى الكريتاسي الأعلى (الشكلين 4 و6). بينما في خان شيخون، فإن الثغرة الستراتيغرافية تكبر لتشمل كامل الباليوسين والإيوسين الأسفل والجزء الأسفل من الإيوسين الأوسط، حيث تتوضع رسوبات تشكيلية المعرة P₂ النطاق NP16 فوق رسوبات تشكيلية بسامس والعائدة إلى الكريتاسي الأعلى (الشكلين 5 و6). إن غياب بعض رسوبات الباليوجين وتواجد الثغرة الستراتيغرافية بين الكريتاسي والباليوجين يدل على حركات تكتونية عمودية متباينة الشدة أدت إلى انحسار البحر عن منطقة الدراسة تلاها عملية تعرية وأكد (KRASHENINIKOV *et al.*, 1996) أن الحد بين الكريتاسي الأعلى والباليوجين في سورية يتميز بعدم توافق والذي يعكس مرحلة انحسارية وتعرية على حدود الميزوزوي/السينوزوي، وأن الباليوسين الأسفل غائب والباليوسين الأعلى إما غائب أو متواجد جزئياً وذلك في البنات الناهضة في سورية. وقد سجل غياب كامل للباليوسين وجزء من الإيوسين الأسفل في بعض مواقع سلسلة الجبال الساحلية (YAZBEK, 2020).

أشارت (PERCH-NIELSEN, 1985) إلى أن حدود الباليوسين/الإيوسين باستخدام مستحاثات النانوفوسيل الكلسية وُضع في قمة النطاق NP 9 *D. multiradiatus* Zone استخدم كل من (BUKRY & BRAMLETTE, 1970; BUKRY, 1973; OKADA & BUKRY, 1980) (الظهور الأول FO للمستحاثات *D. diastypus* لوضع الحد بين الباليوسين/الإيوسين. في الدراسة الحالية وفي جبل الحبلي فقط (الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية "الشكلين 2 و6") استخدم FO للنوع *T. bramlettei* وFO للنوع *D. diastypus* لوضع حدود الباليوسين/الإيوسين (NP9/NP10)، ويعتبر FO للنوع الأخير الحد الأدنى للنطاق *D. diastypus* CP9 Zone في مناطق العروض الدنيا (OKADA & BUKRY, 1973 & 1975). بين (SHACKLETON *et al.*, 1984) أن بعض أجناس من مستحاثات النانوفوسيل الكلسية تختفي في نهاية الباليوسين مثل *Fasciculithus*, *Hornibrookina*, *Placozygus* and *Rhombaster* ومن ناحية أخرى سجل *F. involutus* and (ROMEIN, 1979; PERCH-NIELSEN, 1985) تواجدهم للنوعين *D. multiradiatus* في الجزء الأسفل من النطاق الإيوسيني الأول NP10. في جبل الحبلي

دراسة ستراتيجرافية وبيوستراتيجرافية لصخور الباليوسين والإيوسين في شمال غرب السلسلة التدمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب، سورية

حيث الحدود بين الباليوسين والإيوسين واضحة، فقد سجل تواجد للنوعين *F. involutus* and *D. multiradiatus* في النطاق NP10، حيث سجل تراكب لتواجد هذين النوعين مع الجنس *Tribrachiatos*.



شكل 6: مقارنة بيوستراتيجرافية لتتابعات الباليوسين والإيوسين في الجزء الشمالي الغربي لسلسلة الجبال التدمرية والجزء الجنوبي الغربي لنهوض حلب، سورية (المصطلحات، انظر الشكل 2)

توجد عدة فرضيات لوضع الحد بين الإيوسين الأسفل/الإيوسين الأوسط وذلك حسب مفهوم مستحاثات النانوفوسيل الكلسية، فبعض العاملين في هذا المجال (MARTINI, 1971; HAZEL et al., 1984; PERCH-NIELSEN, 1985; MARTINI & MÜLLER, 1986) وضع هذا الحد عن حدود النطاقين NP13/NP14، وآخرون (BOLLI et al.,)

هذا الحد. في الدراسة الحالية، واستناداً إلى مستحاثات النانوفوسيل الكلسية فإن الحد بين الإيوسين الأسفل والإيوسين الأوسط قد وضع عند الظهور الأول FO للنوع *Blackites inflatus* (*Rhabdosphaera inflata* = *Blackites inflatus*) (CP12a/b boundary)، في الجزء الأعلى للنطاق NP14 وذلك عند نهاية تشكيلة صوان الأرك في جبل الحبلي وعند نهاية تشكيلة زين العابدين في جبل الأربعين وجبل زين العابدين، حيث قام (MOLINA *et al.*, 2016; KING, 2011) بوضع الحد بين الإيوسين الأسفل (طابق الايبيريان Ypresian Stage)/الإيوسين الأوسط (طابق الليتوتيان Lutetian Stage) في المقطع النموذجي GPPS في اسبانيا للحد بين الطابقين عند الظهور الأول *R. inflata*.

تتميز توضعات الإيوسين الأوسط في الجزء الجنوبي من نهوض حلب بأنها غير كاملة حيث يتكشف فقط الجزء القاعدي منه في جبل الأربعين، أما في جبل زين العابدين فتتكشف رسوبات الجزء الأعلى من النطاق NP14 وكامل النطاق NP15 وجزئياً النطاق NP16 حيث تتغطى رسوبات الإيوسين الأوسط بالانسكابات البركانية المكونة من الصخور البازلتية الأوليفينية والعائدة لعمر النيوجين (SHARKOV *et al.*, 1994; SALLOUM, & MAKHOUL, 2009; AL-MONAJED & WOBY, 2009). في خان شيخون يتكشف الإيوسين الأوسط جزئياً وممثل بالنطاق NP16. وقد بين (AL-MONAJED & WOBY, 2009) أنه في منطقة حماه بدأ البحر بالانسحاب في نهاية الإيوسين الأوسط حيث لا يوجد في المنطقة رسوبات للإيوسين الأعلى والأوليغوسين والميوسين، حيث تتشكل ثغرة ترسيبية استمرت حتى المسينيان حيث انتشرت التوضعات البازلتية وتوجت القمم الجبلية حيث غطت التوضعات البازلتية من الإيوسين الأسفل حتى الإيوسين الأوسط. وأوضح (SALLOUM & MAKHOUL, 2009) في منطقة خان شيخون أنه قبل نهاية الماستريختيان الأعلى حصل انحسار لمياه البحر نتيجة نهوض قاع الحوض الترسبي (بنية جبل الزاوية) بفعل الحركات البنوية النشيطة المؤثرة على المنطقة وانحسر البحر عن المنطقة وسادت شروط قارية خلال الباليوسين والإيوسين الأسفل، وأن رسوبيات الباليوسين - الإيوسين الأسفل تتمثل بسوية من الرمال الغلوكونية والغضار الكلسي الغني بالغلوكوني التي تتراوح سماكتها تتراوح من 1 - 5 كم. وفي زمن الإيوسين الأوسط حصل تجاوز بحري واستمر الترسيب فوق السطح الحثي للتوضعات الأقدم وخاصة الكريتاسية.

في الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية، استمر الترسيب البحري خلال الإيوسين الأوسط مع تغيير ملحوظ لمعالم السحنة الترسيبية المتغيرة أيضاً عمودياً والناجم عن فعل القوى البنيوية آنذاك حيث ترسب تنوع ليتولوجي من الغضار الكلسي والحجر الكلسي الغضاري المسيلس والعائد للقسم الأسفل من تشكيلة الأبيض P_2^a ، تلاها توضع الحجر الكلسي الغضاري والحجر الكلسي ناعم التبلور المسيلس والعضوي مع تواجد لحبيبات الغلوكوني الخضراء اللون والعائد للجزء الأسفل من القسم الأوسط من تشكيلة الأبيض P_2^b من عمر الإيوسين الأعلى والجزء الأسفل من الأوليغوسين حيث سيطر خلال هذه الفترة رسوبات بحرية قليلة العمق إلى شاطئية ممثلة بالحجر الكلسي العضوي. وبالاستناد إلى مستحاثات النانوفوسيل فقد وضع الحد بين الإيوسين الأوسط والإيوسين الأعلى عند قاعدة النطاق NP18 (ROTH *et al.*, 1971; HARDENBOL & BERGGREN, 1978; PERCH-NIELSEN, 1985).

4- النتائج والتوصيات:

4-1 النتائج:

1- أظهرت الدراسة الستراتيجرافية أن توضعات الباليوجين في الجزء الشمالي الغربي من السلسلة التدمرية الشمالية وجنوب غرب نهوض حلب أنها تتوضع بعدم توافق فوق توضعات الكريتاسي، حيث تتواجد ثغرة ستراتيجرافية على الحدود K/P، حيث تكون هذه الثغرة بسيطة في الجزء الشمالي الغربي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية. بينما في الجزء الجنوبي الغربي من نهوض حلب نجد أن الثغرة الستراتيجرافية أكثر أهمية وتشمل فترة زمنية كبيرة تتضمن كامل الباليوسين والجزء الأسفل من الإيوسين الأسفل وأحياناً الجزء الأسفل من الإيوسين الأوسط.

2- استناداً إلى الدراسة التفصيلية لمستحاثات النانوفوسيل الكلسية والتي تجرى لأول مرة للباليوسين والإيوسين في منطقة الدراسة، فقد تم الباليوسين والإيوسين إلى عدد من نطاقات النانوفوسيل الكلسية، نطاقات الباليوسين الأعلى *H. kleinpellii* NP 6, *D. mohleri* NP 7, *H. riedelii* NP 8, *D. multiradiatus* NP 9, *T. contortus* NP 10, *D. binodosus* NP 11, *T. orthostylus* NP 12, *D. lodoensis* NP 13, *D. sublodoensis* NP 14, *N. fulgens* NP15, *D. tanii nodifer* NP16, *D. saipanensis* NP 17, *Ch. oamaruensis* NP 18, *I. recurvus-S. pseudoradians* (NP 19/NP 20 Zone)

3- في الدراسة الحالية، واستناداً إلى مستحاثات النانوفوسيل الكلسية فإن الحد بين الإيوسين الأسفل والإيوسين الأوسط قد وضع عند الظهور الأول FO للنوع *Blackites inflatus* (CP12a/b boundary) (*Rhabdosphaera inflata* = *Blackites inflatus*) في الجزء الأعلى للنطاق NP14 وذلك عند نهاية تشكيلة صوان الأرك في جبل الحبلى وعند نهاية تشكيلة زين العابدين في جبل الأربعين وجبل زين العابدين

4-2 التوصيات:

- 1- القيام بإجراء دراسات ميكروبيونتولوجية وبيوستراتيغرافية استناداً إلى مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في باقي مناطق سورية.
- 2- مقارنة الدراسات البيوستراتيغرافية لمستحاثات النانوفوسيل الكلسية مع مقابلاتها من نطاقات المنخرات لما لها من أهمية لتحديد دقيق للأعمار.
- 3- القيام بإجراء دراسات باليوايكولوجية بالاعتماد على أنواع مستحاثات النانوفوسيل الكلسية لتحديد التغيرات المناخية والبيئية القديمة في باقي مناطق سورية.
- 4- إجراء دراسات نظائرية للكربون C^{14} والأوكسجين O^{18} وربطها مع الدراسات الباليوايكولوجية

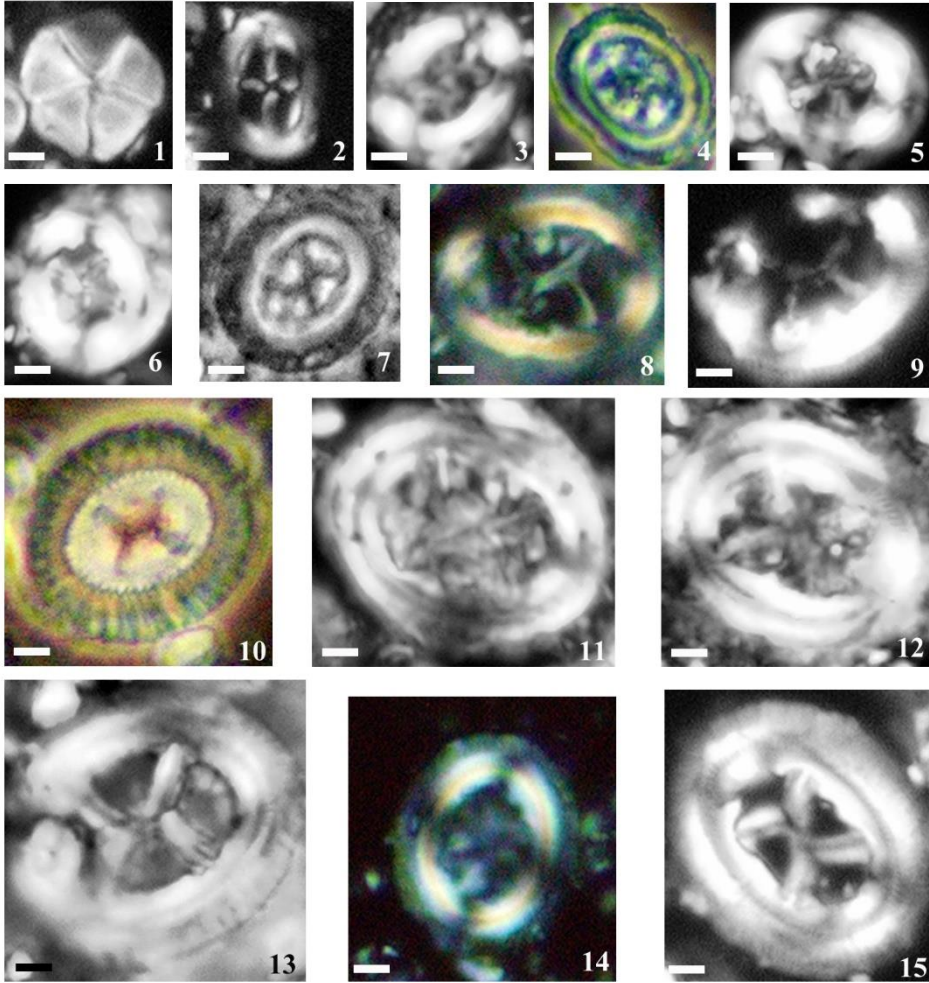
- ABOUD, L., 2021- **Nannobiostratigraphical Study of Coniacian-Santonian - Campanian of Southern Palmyridian Chain, Syria.** Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. Sci., Damascus Univ., Syria, 84 p.
- ABOUD, L., MA`ALOULEH, K. & YAZBEK, M. KH. 2021- **Biostratigraphy and Paleocology Study of the Coniacain, Santonian and Campanian Sediments by Using the Calcareous Nannofossils in the Southern Palmyridian Chain, Syria.** Vol. 37, No. 3, pp.177 – 222.
- AL-ABDOUN, Y., 2019- **Calcareous nannofossil zonation of Coniacian-Santonian - Campanian of North-Eastern part of the Palmyridian Chain, Syria.** Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. Sci., Damascus Univ., Syria, 91 p.
- AL-ABDOUN, Y., MALOULA, K. & YAZBEK, M. Kh. 2019- **Nannobiostratigraphy of Coniacain, Santonian and Campanian Sediments in the Northeastern part of Palmyridian Chain.** Damascus Univ. Magazine (In Press).
- AL-KHATEIB, N.; MALOULA, K. & YAZBEK, M. Kh. 2016- **Facies characteristics and depositional environments of the Lower Senonian sediments in the Southern Palmyridian Chain, Syria.** Damascus Univ. Magazine (In Press).
- AL-MONAJED, Z. & WOBY, N. 2009- **The geological map of Syria: Explanatory notes on the geological map of Syria East Hama Sheet, Scale 1: 50000.** General Establishment of Geology and Mineral Resources (GEGMR), Damascus, Syrian Arab Republic, p 96.
- BOLLI, H. M.; SAUNDERS, J. B. & PERCH-NIELSEN, K. 1985- **Comparison of zonal schemes for different fossil groups.** In: H. M. Bolli, J. B. Saunders and K. Perch-Nielsen (eds.), Plankton Stratigraphy, Planktic foraminifera, Calcareous nannofossils and Calpionellids, Vol. 1, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 3-10.
- BRAMLETTE, M. N. & SULLIVAN, F. R. 1961- **Coccolithophorids and related nannoplankton of the Early Tertiary in California.** Micropaleont., 7 (2): 129-188.
- BRONNIMANN, P. & STRADNER, H. 1960- **Die Foraminiferen- und Discoasteridenzonen von Kuba und ihre interkontinental Korrelation.** Erdoel-Z., 76: 364-369.
- BUKRY, D. 1973- **Low latitude coccolith biostratigraphic zonation.** Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 15: 685-703.
- BUKRY, D. 1975- **Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, northwestern Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg 32.** Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 32: 677-701.

- BUKRY, D. & BRAMLETTE, M. N. 1970- Coccolith age determinations, Leg 3, Deep Sea Drilling Project. Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 3: 589-611.
- CAVELIER, C. & POMEROL, C. 1986- Stratigraphy of the Paleogene. Bull. Soc. Géol. Fr., 8 (2/2) : 255-265.
- HARDENBOL, J. & BERGGREN, W. A. 1978- A new Paleogene numerical time scale. A.A.P.G., Studied in Geology, 6: 213-234.
- HAY, W. W. 1964- Utilisation stratigraphique des Discoastéridés pour la zonation du Paléocène et de l'Eocène inférieur. Bur. Réch. Géol. Min., Mém. 28, pt. 2, p. 885-889.
- HAY, W. W.; MOHLER, H. P.; ROTH, P. H.; SCHMIDT, R. R. & BOUDREAUX, J. E. 1967- Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean Area and transoceanic correlation. Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., 17: 428-480.
- HAZEL, J. E.; EDWARDS, L. E. & BYBELL, L. M. 1984- Significant unconformities and the hiatuses represented by them in the Paleogene of the Atlantic and Gulf coastal province. In J. Schlee (ed.), Interregional unconformities, A.A.P.G. Mem.; 36: 59-66.
- KING, C. 2016- A revised correlation of Tertiary rocks in the British Isles and adjacent areas of NW Europe. (Edited by Gale, A. S. and Barry, T. L.), Geological Society special Report No. 27, p 707.
- KRASHENINNIKOV, V. A.; GOLOVIN, D. I.; MOURAVYOV, V. I.; AL-HELOU, R.; NSIER, H. & SHWEKI, A. 1996- The Paleogene of Syria -Stratigraphy, Lithology, Geochronology. Geol. Jb., B 86: 1-136.
- MARTINI, E. 1970- Standard Paleogene calcareous nannoplankton zonation. Nature, 226 (5245): 560-561.
- MARTINI, E. 1971- Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: A. Farinacci (ed.), Proceeding of the II planktonic Conference, Roma, 2: 739-785.
- MARTINI, E. & MÜLLER, C. 1986- Current Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton stratigraphy and correlations. Newsl. Stratigr., 16 (2): 99-112.
- MOLINA, E.; ALEGRET, L.; APELLANIZ, E.; BERNAOLA, G.; CABALLERO, F.; DINARÈS-TURELL, J.; HARDENBOL, J.; HEILMANN-CLAUSEN, C.; LARRASOÑA, J. C.; LUTERBACHER, H.; MONECHI, S.; ORTIZ, S.; ORUEETXEBARRIA, X.; PAYROS, A.; PUJALTE, V.; RODRÍGUEZ-TOVAR, F. J.; TORI, F.; TOSQUELLA, J. & UCHMAN, A. 2011- The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Lutetian Stage at the Gorrondatxe section, Spain. Episodes 34 (2): 86-108.
- OKADA, H. & BUKRY, D. 1980- Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith

- biostratigraphic zonation (Bukry, 1973 & 1975).** Mar. Micropaleontol., 5 (3): 321-325.
- PERCH-NIELSEN, K. 1972- **Remarks on Late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic.** Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 12: 1003-1069.
- PERCH-NIELSEN, K. 1985- **Cenozoic calcareous nannofossils.** In: H. M. Bolli, J. B. Saunders and K. Perch-Nielsen (eds.), Plankton Stratigraphy, Planktic foraminifera, Calcareous nannofossils and Calpionellids, Vol. 1, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 427-554.
- PONIKAROV, V. P.; KAZMIN, V. G.; MIKHAILOV, I. A.; RAZVALIAYEV, A. V.; KRASHENINNIKOV, V. A.; KOZLOV, V. V.; SOULIDI-KONDRATIYEV, E. D. & FARADZHEV, V. A. (1966)- **The geological map of Syria, scale 1:1 000 000, Explanatory notes on the geological map.** Damascus, Syrian Arab Republic, Ministry of Industry, Dep. Geol. Min. Res., Published by Technoexport, Nedra, Moscow, 111p.
- ROMEIN, A. J. T. 1979- **Lineages in Early Paleogene calcareous nannoplankton.** Utrecht Micropaleontol. Bull., 22: 1-231.
- ROTH, P. H.; FRANZ, H. E. & WISE, S. W. 1971- **Morphological study of selected members of the genus *Sphenolithus Deflandre* (Incertae sedis, Tertiary).** In: A. Farinacci (ed.), Proceeding of the II Planktonic Conference, Roma, 1970, Vol. 2, p. 1099-1119.
- SADEK, A. & YAZBEK, M. Kh. 1996- **Calcareous nannoplankton zonation of the Maastrichtian-Paleocene sequence of Kasr Al-Heir and Turfa areas, Palmyridian region, Syria.** In M. El Sharkawi, A. M. Abou Khadrah and E. A. Youssef (eds.), Proceeding of the Third International Conference of the Geology of the Arab World, Cairo Univ., Vol. 2., p. 479-500.
- SALLOUM, I. & KHRATAH, O. 2009- **The geological map of Syria: Explanatory notes on the geological map of Syria Al-Mokhram Sheet, Scale 1: 50000.** General Establishment of Geology and Mineral Resources (GEGMR), Damascus, Syrian Arab Republic, p 83.
- SALLOUM, I. & MAKHOUL, I. 2006- **The geological map of Syria: Explanatory notes on the geological map of Syria West Hama Sheet, Scale 1: 50000.** General Establishment of Geology and Mineral Resources (GEGMR), Damascus, Syrian Arab Republic, p 70.
- SALLOUM, I. & MAKHOUL, I. 2009- **The geological map of Syria: Explanatory notes on the geological map of Syria Khan Cheikhoun Sheet, Scale 1: 50000.** General Establishment of Geology and Mineral Resources (GEGMR), Damascus, Syrian Arab Republic, p 86.
- SHACKLETON, N. J. & SHIPBOARD SCIENTIFIC PART 1984- **Accumulation rates in Leg 74 sediments.** Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 74: 621-644.

- SHARKOV, E.V., CHERNYSHEV, I.V., DEVYATKIN, E.V., DODONOV, A.E., IVANENKO, V.V., KARPENKO, M.I., LEONOV, YU.G., NOVIKOV, V.M., HANNA, S. & KHATIB, K. 1994- **Geochronology of Late Cenozoic basalts in Western Syria**. Petrology 2 (4), 385–394.
- YAZBEK, M. Kh. 1995- **Biostratigraphy of the Late Cretaceous-Early Tertiary of the Turfa and Kasr Al-Heir area by means of nannoplankton, Palmyridian region, Syria**. Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. Sci., Cairo Univ., Egypt, 266 p.
- YAZBEK, M. Kh. 1998- **Calcareous nannofossil zonation and microfacies studies on the Eocene sediments of the Palmyridian and Anti-Lebanon regions, Syria**. Unpublished Ph. D. Thesis, Fac. Sci., Cairo Univ., Egypt, 342p.
- YAZBEK, M. Kh. 2002- **Biostratigraphy of the Coniacian and Santonian sediments of Khan Sheikhoun area, Southwestern Aleppo Uplift, Syria**. In E. A. Youssef et al (eds.), Proceeding of the sixth International Conference of the Geology of the Arab World, Cairo Univ., Vol. 2., p. 501-512.
- YAZBEK, M. Kh. 2008- **Nannobiostratigraphy of the Eocene sediments in the Palmyridian region, Syria**. J. Geol. Syria, 1: 139-172.
- YAZBEK, M. KH. 2020- **Nannobiostratigraphy of the Paleogene rocks of Coastal Mountains, Syria**. AlBaath University Magazine, Vol. 42, No. 27, pp.127 – 160.

اللوحة - 1

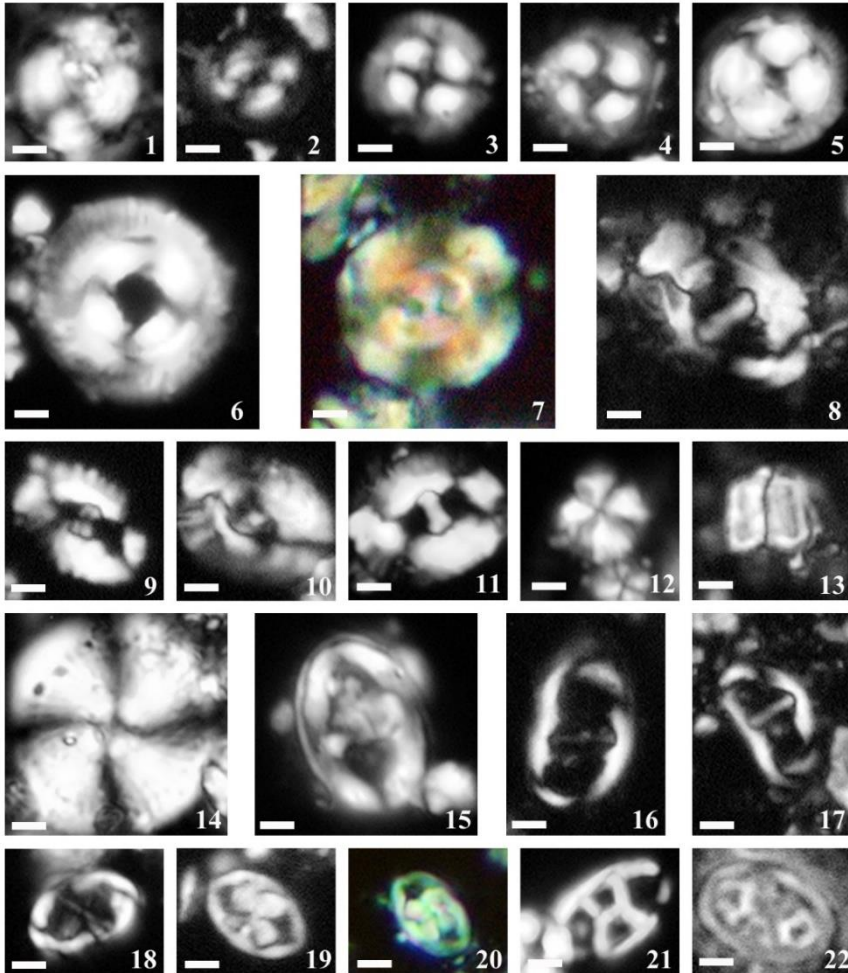


Scale bar = 2 μ m

1- *B. bigelowii* (Cross-polarized, A17). 2- *Ca. dela* (Cross-polarized, Z2). 3-4 *Ch. bidens* (3- Cross-polarized, H3, 4- Phase-contrast, H8). 5-7 *Ch. consuetus* (5 & 6- Cross-polarized, H3 & Kh5, 7- Phase-contrast, Z5). 8-9 *Chi. eograndis* (Cross-polarized, H19 & H22). 10- *Ch. expansus* (Phase-contrast, H28). 11-12 *Ch. grandis* (Cross-polarized, H24 & A10). 13- *Ch. gigas* (Cross-polarized, Z19). 14- *Ch. oamaruensis* (Cross-polarized, H40). 15- *Ch. solitus* (Cross-polarized, H12).

B.: *Braarudosphaera*, *Ca.*: *Campylosphaera*, *Ch.* *Chiasmolithus*

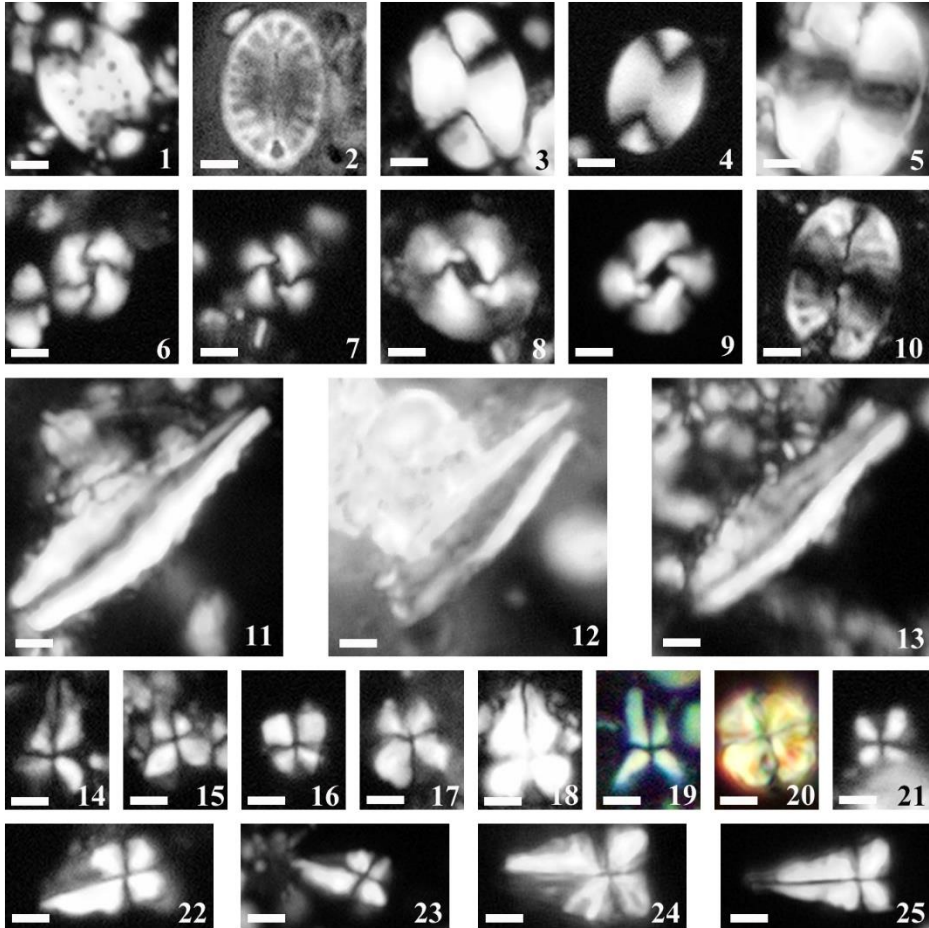
اللوحة - 2

Scale bar = 2 μ m

1- *C. eopelagicus* (Cross-polarized, Kh6). 2- *C. pelagicus* (Cross-polarized, H8). 3-4 *E. robusta* (Cross-polarized, H8 & H15). 5-6 *E. formosa* (Cross-polarized, H24 & A17). 7- *Di. bisectus* (Cross-polarized, H39). 8- *H. lophota* (Cross-polarized, Z19). 9-11 *H. seminulum* (Cross-polarized, H31, A17 & Z5). 12- *He. riedelii* (Cross-polarized, H5). 13- *F. involutus* (Cross-polarized, H6). 14- *He. kleinpellii* (Cross-polarized, H5). 15- *L. nascens* (Cross-polarized, H8). 16-17 *L. reniformis* (Cross-polarized, A10 & Z9). 18- *Ne. distentus* (Cross-polarized, H8). 19-20 *N. dubius* (Cross-polarized, H22 & A16). 21- *N. minutus* (Cross-polarized, A17). 22- *N. protenus* (Phase-contrast, H22).

C.: *Coccolith*, *E.*: *Ericsonia*, *Di.*: *Dictyococcites*, *H.*: *Helicosphaera*, *He.*: *Heliolithus*, *F.*: *Fasciculithus*, *L.*: *Lophodolithus*, *Ne.*: *Neochiastozygus*, *N.*: *Neococcolithes*.

اللوحة - 3

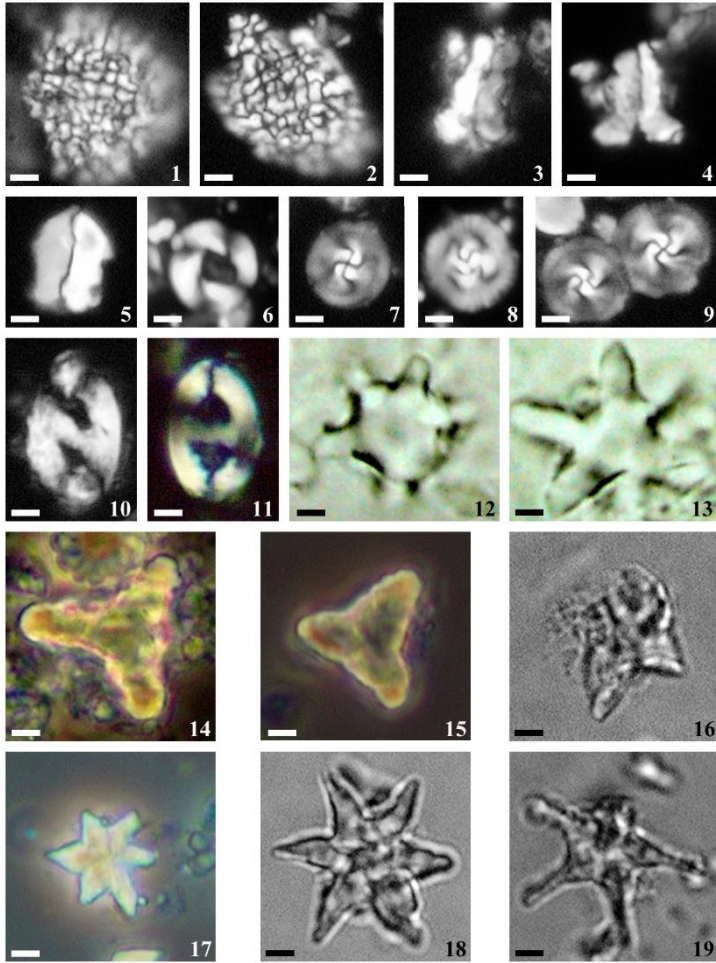


Scale bar = 2µm

1- *P. multipora* (Cross-polarized, H19). 2- *P. pectinate* (Cross-polarized, Z11). 3-5 *P. plana* (Cross-polarized, H9, A16 & Kh 6). 6-9 *R. dictyoda* (Cross-polarized, H30, A20, Z19 & Kh6). 10- *P. punctosa* (Cross-polarized, Z14). 11-13 *Rh. inflata* (Cross-polarized, H34, A24 & Z14). 14- *S. anarrhopus* (Cross-polarized, H8). 15- *S. editus* (Cross-polarized, H15). 16- *S. furcatolithoides* (Cross-polarized, Kh4). 17- *S. moriformis* (Cross-polarized, H24). 18- *S. obtusus* (Cross-polarized, Z20). 19- *S. orphanknollensis* (Cross-polarized, A17). 20- *S. primus* (Cross-polarized, H8). 21- *S. spiniger* (Cross-polarized, H31). 22-25 *S. radians* (Cross-polarized, H15, A10, Z19 & Kh5).

P.: *Pontosphaera*, *R.:* *Reticulofenestra*, *Rh.:* *Rhabdosphaera*, *S.:* *Sphenolithus*

اللوحة - 4

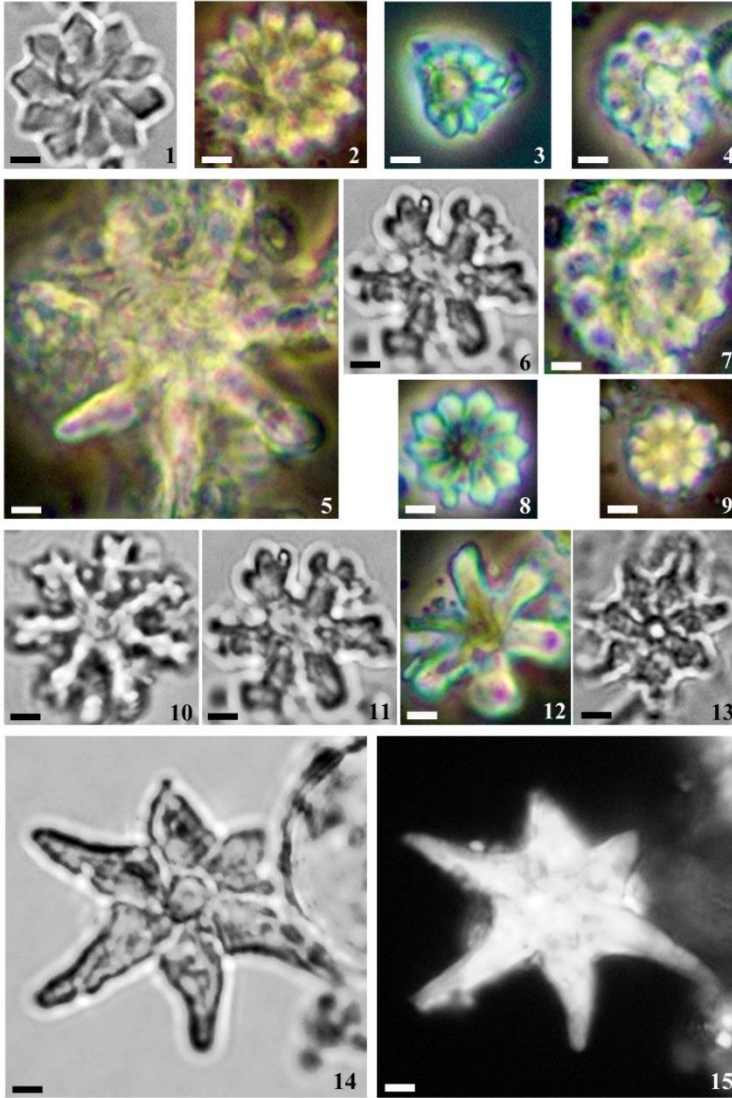


Scale bar = 2µm

1- *Th. operculata* (Cross-polarized, H8). 2- *Th. saxea* (Cross-polarized, Kh6). 3-5 *Z. bijugatus* (Cross-polarized, H8, A17 & Z20). 6- *T. callosus* (Cross-polarized, H19). 7-9 *T. gammation* (Cross-polarized, H22, A24 & Z11). 10- *Tr. obliquipons* (Cross-polarized, Z5). 11- *Tr. rectipons* (Cross-polarized, A24). 12- *Tri. bramlettei* (Normal Light, H8). 13- *Tri. contortus* (Normal Light, H12). 14-15 *Tri. orthostylus* (Phase-contrast, H22 & A10). 16- *Na. fulgens* (Normal Light, H37). 17- *D. strictus* (Phase-contrast, H37). 18- *D. lodoensis* (Normal Light, Z2). 19- *D. sublodoensis* (Normal Light, H31).

Th.: *Thoracosphaera*, *Z.*: *Zygrhablithus*, *T.*: *Toweius*, *Tr.*: *Transversopontis*, *Tri.*: *Tribrachiatus*, *Na.*: *Nannotetrina*, *D.*: *Discoaster*

اللوحة - 5



Scale bar = 2 μ m

1-2 *D. barbadiensis* ("1" Normal Light H22, "2" Phase-contrast A17). 3-4 *D. bifax* (Phase-contrast Z23 & Kh4). 5- *D. binodosus* (Phase-contrast H22). 6- *D. deflandrei* (Normal Light Z5). 7- *D. diastypus* (Normal Light A8). 8- *D. kuepperi* (Phase-contrast H24). 9- *D. mohleri* (Phase-contrast H3). 10- *D. distinctus* (Normal Light Z19). 11- *D. gemmifer* (Normal Light H34). 12- *D. germanicus* (Phase-contrast A24). 13- *D. saipanensis* (Normal Light Kh6). 14- 15 *D. lodoensis* ("14" Normal Light "15" Cross-polarized H19).

D.: *Discoaster*

وجود الحل المستمر لمعادلة مونج . أمبير العقدية من أجل قياس يحقق بعض الشروط

الدكتور: محمد شراباتي
كلية العلوم - جامعة البعث

المخلص

ندرس في هذا البحث مسألة وجود الحل المستمر لمعادلة مونج - أمبير العقدية في ساحة محدودة من n ، في حالة كون الطرف الثاني من المعادلة هو قياس محدود بقياس مونج - أمبير لتابع متعدد تحت توافقي ومستمر وبمعامل استمرار من نمط معين . كما نؤكد على أن هذا القياس محدود بواسطة سعة بيدفورد - تايلور وكذلك نثبت مبرهنة تتعلق بمكاملة التوابع المتعددة تحت توافقية بالنسبة لهذا القياس .

الكلمات المفتاحية. معادلة مونج . أمبير العقدية، سعة بيدفورد وتايلور، مبدأ المقارنة، التابع المتعدد تحت توافقي .

The existence of continuous solution to the complex Monge-Ampere equation for a measure satisfying some conditions

Dr. Mohamad Charabati
Faculty of Science / Al-Baath University

Abstract

We study in this paper the problem of the existence of continuous solution to the complex Monge-Ampere equation in a bounded domain in \mathbb{C}^n , in the case that the right-hand side is a measure dominated by the Monge-Ampere measure of a continuous plurisubharmonic function with special modulus of continuity.

We ensure that such a measure is well dominated by Bedford-Taylor capacity and also obtain a theorem for the integrability of plurisubharmonic function with respect to this measure.

Key Words: Complex Monge-Ampere equation, Bedford-Taylor capacity, comparison principle, plurisubharmonic function.

المقدمة.

تعد معادلة مونج - أمبيرر العقدي واحدة من أهم المسائل البحثية في الرياضيات وبشكل أخص في التحليل العقدي والتي يتم دراستها منذ عدة سنوات وحتى وقتنا الحالي. ويعود الفضل الرئيس في دراستها إلى العالم ياو Yau الذي درس وجود الحل الأملس لمعادلة مونج - أمبيرر العقدي فوق متنوعة كالير المتراسة، وكذلك إلى أبحاث العالمين بيدفورد Bedford وتيلور Taylor واللذين أثبتا وجود حل ضعيف لهذه المعادلة، كما عرفا مؤثر مونج - أمبيرر العقدي لتتابع متعددة تحت توافقية محدودة محلياً.

سنعرض في هذا البحث مسألة ديرخليه من أجل معادلات مونج - أمبيرر العقدي في ساحة محدودة $\Omega \subset \mathbb{C}^n$. ليكن φ تابع مستمر على حدود الساحة $\partial\Omega$ و μ هو قياس بوريل على Ω بحيث $\mu(\Omega) < \infty$ ، إن مسألة ديرخليه هنا تمثل وجود تابع u متعدد تحت توافقي في الساحة Ω ومستمر على $\bar{\Omega}$ بحيث يكون:

$$\begin{cases} (dd^c u)^n = \mu & \text{in } \Omega \\ u = \varphi & \text{on } \partial\Omega \end{cases} \quad (1)$$

هنا $(dd^c)^n$ يشير إلى مؤثر مونج - أمبيرر العقدي.

لقد تمت دراسة هذه المسألة من قبل عدة باحثين وهنا نشير إلى المراجع [2] و [6] و [9] و [12] وذلك لمزيد من المعلومات حول الموضوع.

في بادئ الأمر، تم إثبات وجود الحل المستمر للمسألة من قبل Taylor و Bedford في [2] من أجل قياس ليببيغ في \mathbb{C}^n على ساحة ذات حدود ملساء.

كما تمكن Kolodziej في [11] من الوصول إلى وجود حل مستمر للمسألة في حال كون القياس μ محدوداً بالسعة أي

$$\mu(K) \leq ACap(K, \Omega)^{1+\alpha}$$

حيث A و α توابت موجبة.

كما تم دراسة وجود الحل واستمرارية هولدر له في [5] وذلك على ساحة ذات حدود غير ملساء والطرف الثاني من المعادلة هو قياس هاوسدورف - ريس، كما تمت دراسة المسألة في حال وجود حل جزئي مستمر ويحقق شرط هولدر في [13] و [14].

الهدف من البحث.

إن الهدف من هذا البحث هو دراسة وجود الحل المستمر لمسألة ديرخليه (1) على ساحة ذات حدود غير ملساء وذلك من أجل قياس بوريل موجب μ (أي القياس المعروف على المجموعات البوريلية) يحقق:

$$\mu \leq (dd^c w)^n$$

حيث w هو تابع متعدد تحت توافقي في الساحة Ω ومستمر على $\bar{\Omega}$ (لصاقه Ω) ومعامل استمراره w يحقق العلاقة:

$$\int_0^1 \frac{\omega(t)}{t^{1+\delta}} dt < \infty \quad (2)$$

حيث $\delta > 0$ ثابت.

بعض المفاهيم الأساسية.

تعريف.

نقول عن التابع $u: \Omega \rightarrow \mathbb{R} \cup \{-\infty\}$ إنه متعدد تحت توافقي plurisubharmonic على Ω إذا كان هذا التابع تحت توافقي على تقاطع المجموعة Ω مع أي مستقيم عقدي من الشكل $\{a + b\xi; \xi \in \mathbb{C}\}$ حيث $a, b \in \mathbb{C}^n$.

نرمز عادة بـ $PSH(\Omega)$ لمجموعة جميع التوابع المتعددة تحت التوافقية على Ω .

سنورد هنا بعض الخصائص الأساسية لهذه التوابع ويمكن الرجوع إلى إثباتها في المرجع [10].

1. إذا كان $u, v \in PSH(\Omega)$ فإن $\lambda u + \mu v \in PSH(\Omega)$ حيث $\lambda, \mu \geq 0$.

2. إذا كان $u \in PSH(\Omega)$ و $\chi: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ تابع محدب متزايد فإن
 $\chi \circ u \in PSH(\Omega)$.

3. إذا كانت $\{u_j\}$ متتالية متناقصة من التوابع من $PSH(\Omega)$ فإن $u := \lim_{j \rightarrow \infty} u_j$
هو تابع متعدد تحت توافقي في Ω .

4. إذا كان $u \in PSH(\Omega)$ فإن $u_\varepsilon = u * \rho_\varepsilon$ هو تابع متعدد تحت توافقي في
الساحة $\Omega_\varepsilon := \{z \in \Omega | \text{dist}(z, \partial\Omega) > \varepsilon\}$ ، حيث إن (ρ_ε) أسرة النوى
الملساء ذات الدعامات المترابطة $\text{supp} \rho_\varepsilon \subset B(0, \varepsilon)$ بحيث
 $\int_{B(0, \varepsilon)} \rho_\varepsilon dv = 1$ ويكون $u_\varepsilon \searrow u$ عندما $\varepsilon \searrow 0$ و يسمى u_ε التنظيم
القياسي standard regularization للتابع u .

5. لتكن U مجموعة جزئية مفتوحة من Ω ، إذا كان $u \in PSH(\Omega)$ و $v \in PSH(U)$
و $\limsup_{z \rightarrow y} v(z) \leq u(y)$ من أجل أي $y \in \partial U \cap \Omega$ ، عندئذ يكون التابع

$$\omega = \begin{cases} \max\{u, v\} & \text{in } U \\ u & \text{in } \Omega \setminus U \end{cases}$$

متعدد تحت توافقي في Ω .

6. لتكن $\{u_\alpha\} \subset PSH(\Omega)$ أسرة من التوابع المحدودة محلياً و بانتظام من الأعلى،
وليكن $u = \sup u_\alpha$ عندها يكون التابع

$$u^*(x) = \limsup_{\substack{y \rightarrow x \\ y \in \Omega}} u(y)$$

متعدد تحت توافقي ويساوي u تقريباً في كل مكان.

لنعرف الآن المؤثرين التفاضليين $d = \partial + \bar{\partial}$ و $d^c = i/4(\bar{\partial} - \partial)$ عندها يكون

$$dd^c = i/2 \partial \bar{\partial}$$

إذا كان التابع u أملكساً في الساحة Ω فإنه من الواضح أن

$$dd^c u = i/2 \sum_{j,k=1}^n \frac{\partial^2 u}{\partial z_j \partial \bar{z}_k} dz_j \wedge d\bar{z}_k$$

وبذلك يمكن تعريف مؤثر مونج - أمبيرر العقدي للتتابع الملساء كما يلي:

$$(dd^c u)^n = \det \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z_j \partial \bar{z}_k} \right) \beta^n$$

حيث

$$\beta = i/2 \sum_{j=1}^n dz_j \wedge d\bar{z}_j$$

وتمكن بيدفورد وتايلور في بحثهما [2] من تعميم تعريف هذا المؤثر إلى توابع متعددة تحت توافقية محدودة محلياً وإثبات أن $(dd^c u)^n$ يشكل قياساً على المجموعة Ω . سنحتاج في بحثنا إلى مفهوم السعة لمجموعة بمفهوم بيدفورد وتايلور وBedford-Taylor capacity ولذلك سنورد التعريف التالي:

تعريف.

لتكن K مجموعة جزئية من المجموعة Ω نعرف السعة وفق بيدفورد وتايلور، والتي سنرمز لها $Cap(K, \Omega)$ ، بالعلاقة:

$$Cap(K, \Omega) = \sup \left\{ \int_K (dd^c u)^n ; u \in PSH(\Omega); -1 \leq u \leq 0 \right\}$$

سنورد الآن مبدأ المقارنة المتعلق بمؤثر مونج - أمبيرر العقدي والذي يساعدنا في إثبات وحدانية الحل لمسألة ديرخليه المدروسة.

مبرهنة (مبدأ المقارنة) [12].

ليكن $u, v \in PSH(\Omega)$ بحيث $\liminf_{z \rightarrow \partial\Omega} (u(z) - v(z)) \geq 0$ ، وإذا كان $(dd^c u)^n \leq (dd^c v)^n$ بمعنى القياس على Ω ، عندئذ فإن $v \leq u$ في Ω .

سنتعامل في بحثنا هذا مع نمط من المجموعات المحدودة وذات حدود ليست بالضرورة أن تكون ملساء كما في التعريف التالي:

تعريف.

نقول عن الساحة المحدودة $\Omega \subset \mathbb{C}^n$ إنها ساحة ليبشتز فوق محدبة بقوة إذا وجدت مجموعة مفتوحة Ω' تحوي $\bar{\Omega}$ وتابع متعدد تحت توافقي يحقق شرط ليبشتز $\rho: \Omega' \rightarrow \mathbb{R}$ بحيث يكون:

$$\bullet \partial\Omega = \{\rho = 0\} \text{ و } \Omega = \{\rho < 0\}$$

$$\bullet dd^c \rho \geq \beta \text{ في } \Omega .$$

مثال.

1. كل ساحة محدبة بقوة هي ساحة ليبشتز فوق محدبة بقوة، وذلك يعود لوجود تابع تعريف للساحة المحدبة بقوة ρ وهو تابع ليبشتز يحقق $\rho - c|z|^2$ محدب حيث c ثابت موجب.
2. كل ساحة شبه محدبة بقوة strictly pseudoconvex هي ساحة ليبشتز فوق محدبة بقوة.
3. تقاطع أي عدد منتهٍ من ساحات ليبشتز فوق محدبة بقوة هو أيضاً ساحة ليبشتز فوق محدبة بقوة.

النتائج ومناقشتها.

بداية نذكر بتعريف معامل الاستمرار للتابع w والذي نرمز له بالرمز $\omega(t)$ والمعروف بالعلاقة:

$$\omega(t) = \sup_{|x-y| \leq t} |w(x) - w(y)|$$

نريد في هذا البحث الوصول إلى إثبات المبرهنة الآتية التي تضمن لنا وجود الحل المستمر لمسألة ديرخليه من أجل قياس بوريل محدود بقياس مونج . أمبير لتابع مستمر وذلك على ساحة ذات حدود غير ملساء.

مبرهنة 1.

ليكن φ تابع مستمر على $\partial\Omega$ أي $\varphi \in C(\partial\Omega)$ ، ليكن μ قياس بوريل الموجب على ساحة ليبنتز فوق محدبة بقوة $\Omega \subset \mathbb{C}^n$ ويحقق $\mu \leq (dd^c w)^n$ حيث w تابع متعدد تحت توافقي على Ω ومستمر على $\bar{\Omega}$ ومعامل استمراره يحقق العلاقة (2)، عندئذ يوجد حل وحيد ومستمر لمسألة ديرخليه (1).

ولإثبات هذه المبرهنة سنتبع الخطوات التالية:

1. إيجاد حد أعلى لتكاملات جميع التوابع $\varphi \in PSH(\Omega)$ السالبة والمحدودة في Ω والتي من أجلها يكون $\int_{\Omega} (dd^c \varphi)^n \leq 1$ ، وذلك بالنسبة للقياس μ المعرف آنفاً.

2. الحصول على محدودية للقياس μ بدلالة سعة مونج - أمبير وذلك لأي مجموعة متراسة $K \subset \Omega$.

3. إثبات المبرهنة المساعدة والتي تضمن وجود الحل المستمر لمسألة ديرخليه من أجل أي قياس محدود بالسعة مع افتراض وجود حل جزئي لها.

4. تشكيل الحل الجزئي المناسب للمسألة ومن ثم الاستفادة مما تم إثباته للوصول إلى وجود حل مستمر ووحيد لمسألة ديرخليه المعطاة.

في المرحلة الأولى نحتاج إلى تقدير التكاملات لتتابع متعددة تحت توافقية بالنسبة للقياس μ ، وهذا ما يستدعي إثبات المبرهنة التالية:

مبرهنة 2.

ليكن μ قياس بوريل على الساحة Ω ، كما في المبرهنة 1، من أجل أي مجموعة متراسة $K \subset \Omega_\varepsilon$ ، وأي عدد موجب λ يوجد عدد موجب c بحيث يتحقق:

$$\int_K (-\varphi)^{n+\lambda} d\mu \leq \frac{c}{\varepsilon^{2n}} \quad (4)$$

حيث $\varphi \in PSH(\Omega)$ تابع سالب ومحدود في Ω بحيث يحقق $\int_\Omega (dd^c \varphi)^n \leq 1$. البرهان.

لنضع $a := 3/\delta$ ، حيث δ ثابت موجب كما في العلاقة (2)، ولنثبت بالاستقراء صحة العلاقة الآتية:

$$\int_K (-\varphi)^{(n+\lambda)a^{2n-2j}} (dd^c w)^j \wedge \beta^{n-j} \leq \frac{c}{\varepsilon^{2j}} B^j \quad (5)$$

حيث $B = 2(n!)^{1/2} (4\|w\|^2 + n\|w\| + n)^{n/2}$ و $j = 0, 1, \dots, n$. لقد تم الإثبات في [1] أن:

$$\int_\Omega e^{-2\varphi} dV \leq \left(\pi^n + \frac{a_n}{(n-1)^n} \right) (\text{diam}(\Omega))^{2n}$$

حيث a_n ثابت يتعلق فقط بـ n .

ليكن $\chi: \Omega \rightarrow [0, 1]$ تابع أملس ذي دعامة متراسة في $\Omega_{\varepsilon/2}$ ويساوي الواحد على Ω_ε ولنعرّف التابعين $\varphi_M = \max\{\varphi, -M\}$ و $\psi_M = \varphi_{M-1} - \varphi_M$ حيث $M \geq 0$. من الواضح أن

$$0 \leq \psi_M \leq 1$$

كما أن ψ_M يساوي الواحد على المجموعة $\{\varphi < -M\}$ ودعامته محتواه في $\{\varphi < -M + 1\}$.

لنفرض أن العلاقة (5) صحيحة من أجل $j - 1$ أي أن

$$\int_K (-\varphi)^{(n+\lambda)a^{2n-2j+2}} (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j+1} \leq \frac{c}{\varepsilon^{2j-2}} B^{j-1}$$

الآن لدينا

$$I = \int_{K \cap \{\varphi < -M\}} (dd^c w)^j \wedge \beta^{n-j} \leq \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi \psi_M (dd^c w)^j \wedge \beta^{n-j}$$

باستخدام التمهيدية 2.3 في [7]، ينتج أن:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi \psi_M (dd^c w)^j \wedge \beta^{n-j} &= \\ &= - \int_{\Omega_{\varepsilon/2} \setminus \Omega_{\varepsilon}} w \psi_M dd^c \chi \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \\ &\quad - 2 \int_{\Omega_{\varepsilon/2} \setminus \Omega_{\varepsilon}} \psi_M d\chi \wedge d^c w \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \\ &\quad + \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi w dd^c \psi_M \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \end{aligned}$$

إن التكامل الأول يمكن تقديره كما يلي:

$$\begin{aligned} I_1 &\leq \frac{c \|w\|}{\varepsilon^2} \int_{\{\varphi < -M+1\}} (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j+1} \\ &\leq \frac{c \|w\| B^{j-1}}{\varepsilon^{2j} (M-1) a^{2n-2j+2(n+\lambda)}} \end{aligned}$$

باستخدام متراجحة كوشي شوارتز، يمكن كتابة التكامل الثاني بالشكل:

$$\begin{aligned} I_2 &\leq \left(\int_{\Omega_{\varepsilon/2} \setminus \Omega_{\varepsilon}} \psi_M d\chi \wedge d^c \chi \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \right)^{1/2} \times \\ &\quad \left(\int_{\Omega_{\varepsilon/2} \setminus \Omega_{\varepsilon}} \psi_M dw \wedge d^c w \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \right)^{1/2} \end{aligned}$$

بما أن $dd^c(w + \|w\|)^2 \geq dw \wedge d^c w$ و Ω ساحة لبيشترز فوق محدبة بقوة،
يمكننا أن نستنتج

$$I_2 \leq \frac{cB^{(j-1)/2}}{\varepsilon^j (M-1)^{a^{2n-2j+2}(n+\lambda)/2}} \times \left(\int_{\{\varphi < -M+1\}} dd^c(w + \|w\|^2) \wedge (dd^c \rho)^{n-1} \right)^{1/2}$$

بما أن φ سالب ومحدود وبذلك يكون:

$$I_2 \leq \frac{cB^{(j-1)/2}}{\varepsilon^j (M-1)^{a^{2n-2j+2}(n+\lambda)/2}} \left(\int_{\Omega} \left(\frac{-\varphi}{M-1} \right)^n (dd^c v)^n \right)^{1/2};$$

حيث $v = (w + \|w\|)^2 + (n-1)\rho$

بالاستفادة من النتيجة 2.2 في [3] نحصل على:

$$I_2 \leq \frac{cB^{(j-1)/2}}{\varepsilon^j (M-1)^{(n+a^{2n-2j+2}(n+\lambda))/2}} (n!)^{1/2} \|v\|^{n/2} \left(\int_{\Omega} (dd^c \varphi)^n \right)^{1/2}$$

وبما أن التابع φ يملك كتلة موج - أمبير أقل من الواحد على Ω ، يكون:

$$I_2 \leq \frac{cB^{(j-1)/2}}{\varepsilon^j (M-1)^{(n+a^{2n-2j+2}(n+\lambda))/2}} (n!)^{1/2} \|v\|^{n/2}$$

أخيراً لندرس التكامل الثالث، لتبسيط الرموز نضع:

$$\varepsilon' := \frac{1}{(M-1)^{a^{2n-2j+1}(n+\lambda)}} \ll \varepsilon$$

وذلك من أجل قيم كبيرة لـ M .

لنضيف ونطرح التابع $w_{\varepsilon'}$ (التنظيم القياسي للتابع w) وذلك تحت إشارة التكامل الثالث، ولنكتب هذا التكامل على شكل مجموع تكاملين كما يلي:

$$I_3 = \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi w_{\varepsilon'} dd^c \psi_M \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} + \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi (w - w_{\varepsilon'}) dd^c \psi_M \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j}$$

يمكننا تقدير التكامل الأخير الذي نرمز له I_3'' مستفيدين من معامل استمرار w

$$I_3'' = \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi (w - w_{\varepsilon'}) dd^c \psi_M \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j}$$

$$\begin{aligned}
 &\leq \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi(w_{\varepsilon'} - w) dd^c \varphi_M \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \\
 &\leq \omega(\varepsilon') \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi dd^c \varphi_M \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \\
 &\leq \frac{c\omega(\varepsilon')}{\varepsilon^2} \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} (-\varphi)(dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j+1} \\
 &\leq \frac{c\omega(\varepsilon')}{\varepsilon^2} \left(\int_{\Omega_{\varepsilon/2}} (-\varphi)^{a^{2n-2j+2(n+\lambda)}} (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j+1} \right. \\
 &\quad \left. + \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j+1} \right) \\
 &\leq \frac{c\omega(\varepsilon')}{\varepsilon^2} \left(\frac{c}{\varepsilon^{2j-2}} B^{j-1} + \int_{\Omega} (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j+1} \right) \\
 &\leq \frac{c\omega(\varepsilon')}{\varepsilon^2} \left(\frac{c}{\varepsilon^{2j-2}} B^{j-1} \right. \\
 &\quad \left. + \left[\int_{\Omega} (dd^c w)^n \right]^{(j-1)/n} \left[\int_{\Omega} (dd^c \rho)^n \right]^{(n-j+1)/n} \right) \\
 &\leq \frac{c\omega(\varepsilon')}{\varepsilon^{2j}} B^{j-1}
 \end{aligned}$$

باستخدام التمهيدية 2.3 في [7] فإن التكامل :

$$I'_3 = \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi w_{\varepsilon'} dd^c \psi_M \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j}$$

يكتب بطريقة مشابهة لدراسة التكامل الأساسي في بداية البرهان لنحصل على

$$\begin{aligned}
 I'_3 &= \int_{\Omega_{\varepsilon/2} \setminus \Omega_{\varepsilon}} w_{\varepsilon'} \psi_M dd^c \chi \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \\
 &\quad + 2 \int_{\Omega_{\varepsilon/2} \setminus \Omega_{\varepsilon}} \psi_M d\chi \wedge d^c w_{\varepsilon'} \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j} \\
 &\quad + \int_{\Omega_{\varepsilon/2}} \chi \psi_M dd^c w_{\varepsilon'} \wedge (dd^c w)^{j-1} \wedge \beta^{n-j}
 \end{aligned}$$

وهكذا يكون بنفس الطريقة :

$$I'_3 \leq \frac{c||w||B^{j-1}}{\varepsilon^{2j-2}(M-1)a^{2n-2j+2(n+\lambda)}} \left(\frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{2}{\varepsilon\varepsilon'} + \frac{1}{\varepsilon'^2} \right)$$

$$\leq \frac{c||w||B^{j-1}}{\varepsilon^{2j}(M-1)a^{2n-2j+1(n+\lambda)}}$$

وبالنتيجة يكون التكامل الأساسي محدود بالمقدار الآتي:

$$I \leq \frac{CB^{j-1}}{\varepsilon^{2j}} \left(\frac{2||w|| + (n!)^{1/2}||v||^{n/2}}{(M-1)a^{2n-2j+1(n+\lambda)}} + \omega(\varepsilon') \right)$$

لنلاحظ أن $||v|| \leq 4||w||^2 + n||w|| + n$ وبالتالي فإن المتراجحة الأخيرة تؤول إلى العلاقة التالية :

$$I \leq \frac{CB^j}{\varepsilon^{2j}} \left(\frac{1}{(M-1)a^{2n-2j+1(n+\lambda)}} + \omega(\varepsilon') \right)$$

وبالتالي نجد :

$$\int_K (-\varphi)^{a^{2n-2j}(n+\lambda)} (dd^c w)^j \wedge \beta^{n-j} \leq$$

$$\leq \frac{CB^j}{\varepsilon^{2j}} \int_2^{+\infty} t^{a^{2n-2j}(n+\lambda)-1} \left(\frac{1}{(t-1)^{a^{2n-2j+1}(n+\lambda)}} + \omega \left(t^{-a^{2n-2j+1}(n+\lambda)} \right) \right) dt$$

$$\leq \frac{CB^j}{\varepsilon^{2j}} \int_2^{+\infty} t^{a^{2n-2j}(n+\lambda)-1} \left(t^{-a^{2n-2j+1}(n+\lambda)} + \omega \left(t^{-a^{2n-2j+1}(n+\lambda)} \right) \right) dt$$

وبتغيير المتحول نحصل على الصيغة الأخيرة لهذا التكامل :

$$\int_K (-\varphi)^{(n+\lambda)a^{2n-2j}} (dd^c w)^j \wedge \beta^{n-j} \leq \frac{CB^j}{\varepsilon^{2j}} \left(C + \int_0^1 \frac{\omega(s)}{s^{1+\delta/3}} ds \right)$$

وبحسب العلاقة (2) فإن التكامل :

$$\int_0^1 \frac{\omega(s)}{s^{1+\delta/3}} ds \leq C$$

وبالتالي

$$\int_K (-\varphi)^{(n+\lambda)} a^{2n-2j} (dd^c w)^j \wedge \beta^{n-j} \leq \frac{CB^j}{\varepsilon^{2j}}$$

وهذا ما يثبت صحة المبرهنة.

ولنتقل الآن إلى إثبات الخطوة الثانية المشار إليها سابقاً تمهيداً للوصول إلى إثبات المبرهنة الأساسية (1).

نتيجة.

ليكن μ قياس بوريل الموجب على ساحة ليبشتر فوق محدبة بقوة Ω ويحقق $\mu \leq \bar{\Omega}$ حيث w تابع متعدد تحت توافقي على Ω ومستمر على $\bar{\Omega}$ ومعامل استمراره يحقق العلاقة (2)، عندئذٍ من أجل أي عدد موجب ε وأي عدد موجب τ يوجد ثابت موجب A متعلق بـ τ و $\|w\|_\infty$ ، بحيث يكون من أجل أي مجموعة متراسة $K \subset \Omega_\varepsilon$ يكون:

$$\mu(K) \leq \frac{A}{\varepsilon^{2n}} \text{Cap}(K, \Omega)^{1+\tau} \quad (3)$$

البرهان.

لنأخذ التابع :

$$\varphi := \frac{h_K^*}{\text{Cap}(K, \Omega)^{1+\tau}}$$

حيث :

$$h_K(z) = \sup\{u(z) ; u \in PSH(\Omega), u \leq 0, u|_K \leq -1\}$$

وبالتالي ينتج من المبرهنة 3 ما يلي:

$$\mu(K) \leq \text{Cap}(K, \Omega)^{1+\tau} \int_{\Omega_\varepsilon} |\varphi|^{n(1+\tau)} d\mu \leq \frac{C}{\varepsilon^{2n}} \text{Cap}(K, \Omega)^{1+\tau}$$

وهي العلاقة المطلوب إثباتها.

مبرهنة 3:

ليكن $\varphi \in C(\partial\Omega)$ وليكن μ مقياس بوريل الموجب على ساحة Ω ويحقق $\mu \leq$
 $\cdot \lim_{z \rightarrow \partial\Omega} w(z) = \varphi$ و $w \in PSH(\Omega) \cap L^\infty(\Omega)$ حيث $(dd^c w)^n$
 إذا كان هذا القياس محدوداً بسعة بيدفورد وتايلور، عندئذ فإن مسألة ديرخليه (1) تملك
 حلاً مستمراً.

البرهان.

بما أن القياس بالفرض محدود بالسعة فإنه بحسب المبرهنة C في [11] أو وفق خطوات
 الإثبات في [4] (الصفحة 59) من أجل الساعات غير الملساء، ينتج وجود حل محدود
 u لمسألة ديرخليه (1).

ولإثبات استمرارية هذا الحل، نأخذ مجموعة ما $\Omega \subset K$ ولتكن u_j التنظيم القياسي للتابع
 u . من أجل أي $d > 0$ صغير نستطيع إيجاد مجموعة مفتوحة K_d بحيث $K_d \supset K$
 و $j_0 > 0$ بحيث يكون :

$$\varphi < u + d$$

وكذلك

$$u_j < \varphi + d/2$$

وذلك في جوار ما للمجموعة ∂K_d ومهما تكن $j \geq j_0$.

وبالتالي يكون في ذلك الجوار $u_j < u + d$ مهما تكن $j \geq j_0$ ، منه نستنتج أن

$$\liminf_{z \rightarrow \xi} (u(z) + d - u_j(z)) \geq 0$$

من أجل أي $\xi \in \partial K_d$.

لنثبت الآن أن المجموعة $\{u_j - u > 2d\}$ خالية من أجل أي $j \geq j_0$ ، وسنتبع
 طريقة نقض الفرض للوصول إلى هذه النتيجة.

لنعرف التابع :

$$g(s) := \text{Cap}(\{u_j - u > s + d\})$$

من أجل $s \geq 0$.

ولنعرف المتتالية المتزايدة $\{k_m\}$ بحيث يكون $k_0 = 0$ والحد العام لهذه المتتالية يعطى
 بالعلاقة:

$$k_m = \sup\{k > k_{m-1}; g(k) > g(k_{m-1})/e\}$$

من الواضح أنّ :

$$g(k_m) \leq g(k_{m-1})/e$$

نلاحظ أنّ $g(d) \neq 0$ لأننا فرضنا جدلاً أنّ المجموعة $\{u_j - u > 2d\}$ ليست خالية

الآن إذا فرضنا أنّ $k_m < d$ مهما تكن m ، هذا سيقودنا إلى العلاقة :

$$g(d) \leq g(k_m) \leq g(0)/e^m ; \forall m \in \mathbb{N}$$

وبأخذ النهاية يكون $g(d) = 0$ وهذا لا يمكن .

لذلك لابد من وجود عدد طبيعي N بحيث يكون $k_N \leq d < k_{N+1}$ ، وبحسب علاقة

الحد العام للمتتالية $\{k_m\}$ يكون :

$$g(d) \geq g(k_N)/e$$

وبحسب التمهيدية 1.3 في [8] وبما أنّ القياس μ محدود بالسعة على المجموعة K_d ،

نحصل على

$$(d - k_N)^n g(d) \leq \mu(\{u_j - u > k_N + d\}) \leq Ae^{1+\tau} g(d)^{1+\tau}$$

حيث الثابت A يعتمد على d .

ومنه نحصل على المتراجحة الآتية :

$$d - k_N \leq A^{1/n} e^{(1+\tau)/n} g(d)^{\tau/n} \quad (6)$$

الآن لنستخدم مجدداً التمهيدية 1.3 في [8] وذلك بعد أخذ $t := k - k_{m-1}$ و $0 <$

$k_{m-1} < k \leq d$ بحيث يكون $g(k) > g(k_{m-1})/e$ لنحصل على

$$t^n g(k) \leq \mu(\{u_j - u > k_{m-1} + d\}) \leq Aeg(k)g(k_{m-1})^\tau$$

وبالاختصار نحصل على

$$t \leq (Ae)^{1/n} g(k_{m-1})^{\tau/n}$$

لنأخذ النهاية عندما $k \rightarrow k_m^-$ ، نجد :

$$t_m := k_m - k_{m-1} \leq (Ae)^{1/n} g(k_{m-1})^{\tau/n}$$

وبالتالي

$$k_N = \sum_{m=1}^N t_m \leq (Ae)^{1/n} \sum_{m=1}^N g(k_{m-1})^{\tau/n} \leq (Ae)^{1/n} Ng(0)^{\tau/n}$$

وبحسب تعريف التقارب بالسعة، من أجل $j \geq j_0$ يكون $g(0)$ صغير جداً وهذا يقود

إلى أنّ k_N صغير جداً أيضاً ويصح أنّ نكتب $k_N \leq d/2$.

عندئذ فإن العلاقة (6) تصبح بالشكل :

$$d/2 \leq A^{1/n} e^{(1+\tau)/n} g(d)^{\tau/n}$$

بما أن $d > 0$ عدد ثابت و $g(d) = \text{Cap}(\{u_j - u > 2d\})$ يسعى نحو الصفر عندما يسعى z نحو $+\infty$ ، يقتضي ذلك التناقض في المتراجحة الأخيرة.

برهان المبرهنة 1:

إن وحدانية حل مسألة ديرخليه (1) ينتج مباشرة من مبدأ المقارنة، لنوضح ذلك ولنفرض وجود حلين u_1 و u_2 لهذه المسألة وبالتالي يكون :

$$\begin{aligned} (dd^c u_1)^n &= (dd^c u_2)^n = \mu \\ u_1 &= u_2 = \varphi \quad \text{on } \partial\Omega \end{aligned}$$

وبحسب مبدأ المقارنة يكون $u_1 = u_2$ على Ω .

إن القياس μ والذي يحقق $\mu \leq (dd^c w)^n$ هو قياس محدود بالسعة وذلك بحسب النتيجة التي توصلنا إليها سابقاً أي أن :

$$\mu(K) \leq \frac{A}{\varepsilon^{2n}} \text{Cap}(K, \Omega)^{1+\tau}$$

مهما تكن $\tau > 0$.

لنشكل الآن حل جزئي لمسألة ديرخليه المفروضة (1)، لنضع

$$v := w + h_{\varphi-w}$$

حيث إن $h_{\varphi-w}$ هو حل لمسألة ديرخليه المتجانسة (حالة القياس معدوم)، هذا يعني

$$\begin{aligned} (dd^c h_{\varphi-w})^n &= 0 \quad \text{in } \Omega \\ h_{\varphi-w} &= \varphi - w \quad \text{on } \partial\Omega \end{aligned}$$

إن التابع $h_{\varphi-w}$ مستمر على $\bar{\Omega}$ بحسب المبرهنة 2.3.3 في [4].

من الواضح أن $v \in PSH(\Omega) \cap C(\bar{\Omega})$ كما أن

$$(dd^c v)^n \geq \mu$$

ويحقق $v = \varphi$ على $\partial\Omega$.

بحسب المبرهنة 3 فإن مسألة ديرخليه تملك حلاً مستمراً على $\bar{\Omega}$ ، وبالتالي تحققنا من وجود ووحدانية التابع u الذي من أجله

$$\begin{aligned} u &\in PSH(\Omega) \cap C(\bar{\Omega}) \\ (dd^c u)^n &= \mu \quad \text{in } \Omega \\ u &= \varphi \quad \text{on } \partial\Omega \end{aligned}$$

المقترحات والتوصيات.

1. دراسة مسألة ديرخليه في حال وجود حل جزئي وبدون شروط على معامل الاستمرار لهذا الحل الجزئي.
2. دراسة انتظام الحل الذي تم إثبات وجوده وإيجاد صيغة دقيقة لمعامل استمرار هذا الحل.

المراجع العلمية.

- [1] – P. Ahag, U. Cegrell, S. Kolodziej, H. H. Pham and A. Zeriahi, "Partial pluricomplex energy and integrability exponents of plurisubharmonic functions", Adv. Math. 222 (2009), no. 6.
- [2] – E. Bedford and B. A. Taylor, "The Dirichlet problem for a complex Monge-Ampere equation", Invent. Math. 37 (1976), 1-44.
- [3] – Z. Blocki, "Estimates for the complex Monge-Ampere operator", Bull. Pol. Acad. Sci. Math 41 (1993), 151-157.
- [4] – M. Charabati, "The Dirichlet problem for Complex Monge-Ampere equations", PhD Thesis, <http://www.theses.fr/19271614X>
- [5] – M. Charabati, "Regularity of solutions to the Dirichlet problem for Monge-Ampere equations", Indiana University Mathematics Journal 66 (2017), no.6, 2187-2204.
- [6] – J.-P. Demailly, S. Dinew, V. Guedj, H. H. Pham, S. Kolodziej and A. Zeriahi, "Holder continuous solutions to Monge-Ampere equations", J. Eur. Math. Soc.(JEMS) 16 (2014), 619-647.
- [7] – T.C. Dinh, V.A. Nguyen and N. Sibony, " Exponential estimates for plurisubharmonic functions and stochastic dynamics", J. Differential Geom. 84 (2010), no. 3, 465-488.
- [8] – V. Guedj, S. Kolodziej and A. Zeriahi, "Holder continuous solutions to Monge-Ampere equations", Bull. Lond. Math. Soc. 40 (2008), 1070-1080.
- [9] – V. Guedj and A. Zeriahi, "Degenerate complex Monge-Ampere equations", EMS Tracts in mathematics 26, European Mathematical Society, (2017).

- [10] –M. Klimek, " Pluripotential theory", London mathematical Society Monographs,6, Clarendon Press, Oxford, (1991).
- [11] – S. Kolodziej, "The complex Monge-Ampere equation", Acta Math. 180 (1998), 69-117.
- [12] – S. Kolodziej, "The complex Monge-Ampere equation and pluripotential theory", Mem. Amer. Math. Soc. 178 (2005), no. 840, x+64 pp.
- [13] – N.C. Nguyen, "On the Holder continuous subsolution problem for the complex Monge-Ampere equation", Calc. Var. (2018), no. 1, Art. 8, 15 pp.
- [14] – N.C. Nguyen, "On the Holder continuous subsolution problem for the complex Monge-Ampere equation II ", Analysis and PDE, Vol. 13, No 2 (2020), 435-453.

الانتقال الطوري من النظام البلوري رباعي الأضلاع إلى المكعبي والخصائص البنيوية لمركبات نانوية من تيتانات الباريوم المشابة بالسترونسيوم

محمد محسن محمد¹ أ.د. بدر الأعرج² أ.د. ناصر سعد الدين³

الملخص:

حضرت عينات مساحيق من المحلول الصلب $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ بطريقة تفاعل الحالة الصلبة من أجل النسب (0.30, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10, 0.05, 0), ودرست خصائصها البنيوية، والانتقالات الطورية باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية XRD. استخدمت طريقة طريقة وليامسون هول وطريقة مخططات الحجم والانفعال لتحليل أنماط الحيود وحساب حجم التبلور والانفعال. أظهرت القياسات البنيوية النقاوة العالية للمحاليل الصلبة المتشكلة، وامتلاك النسب $x \leq 0.15$ النظام البلوري رباعي الأضلاع. وتبدأ البنية البلورية بالانتقال إلى النظام البلوري المكعبي من النسبة $x=0.20$ ، حيث يتواجد كلا النظامين البلوريين رباعي الأضلاع والمكعبي في البنية من أجل النسب $x \geq 0.20$ ويكون النظام السائد عند النسبة $x=0.3$. تتناقص أبعاد وحدة الخلية، ويزداد نسبة تبلور النظام البلوري المكعبي في البنية البلورية للمحلول الصلب المتشكل بزيادة نسب الإشابة. تتقارب نتائج الطرق المستخدمة في تحليل حجم التبلور والانفعال، حيث بينت أن حجم التبلور ضمن المقياس النانوي، ويتناقص بتزايد انحلال Sr^{2+} مكان Ba^{2+} في الشبكة البلورية.

الكلمات المفتاحية: تيتانات الباريوم، نقطة كوري، الفيروكهربائية، الانتقالات الطورية، الاستقطاب التلقائي.

¹ طالب دكتوراه - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين. inthislife77@gmail.com

² أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين. Badr.alaaraj@yahoo.com

³ أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة البعث. nsaadaldin@yahoo.com

Tetragonal–Cubic Phase Transition and Structural Properties of strontium doped barium titanate Nanocomposites

Mohammad Mohseen Mohammad ¹

Badr Al-Araj ²

Nasser Saad Al-Din ³

Abstract:

Powder samples were prepared from solid solution $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ by solid state reaction method for the ratios ($x=0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30$). X-ray diffraction (XRD) technique was used to study the phase transition and structural properties. Diffraction patterns were analyzed using the Williamson-Hall method and the Size-Strain plot method to calculate the crystallite size and strain. Structural measurements showed high purity of the formed solid solutions, and the ratio $x \leq 0.15$ crystallizes in the tetragonal crystal system. The transition of the crystal structure to the cubic crystal system starts from the ratio $x=0.20$, where both the tetragonal and the cubic crystal systems are present in the structure for the ratio $x \geq 0.20$ and the cubic crystal system is dominant at the ratio $x=0.3$. The dimensions of the unit cell decrease, and the percentage of crystallization of the cubic crystal system in the crystal structure of the formed solid solution increases with increasing doping ratios. The results of the methods used to analyze the crystallite size and strain converge, which showed that the crystallite size is within the nanoscale, and it decreases with increasing dissolution of Sr^{2+} in place of Ba^{2+} in the crystal lattice.

Keyword: Barium Titanat, Curie Point, Ferroelectric, transition phase, Spontaneous Polarization.

¹ Professor, Department of Physics –Faculty of science–Tishreen University.

E-mail: Badr.alaaraj@yahoo.com

² Professor, Department of Physics–Faculty of science–Al-Baath University.

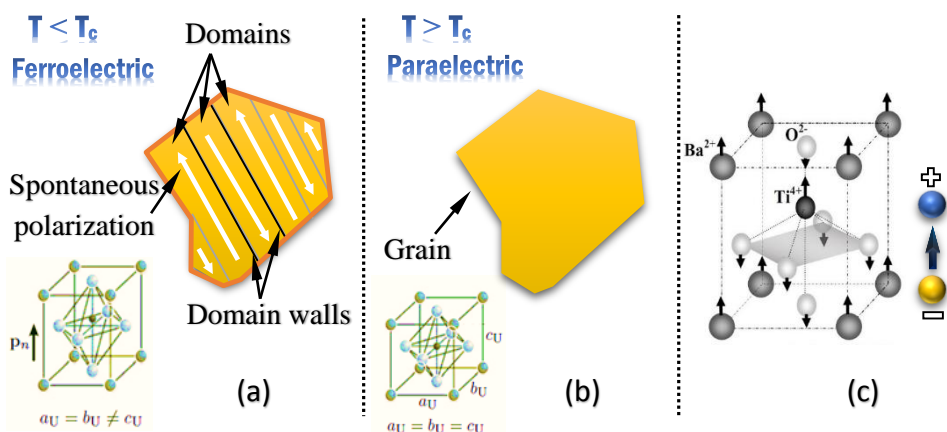
E-mail: nsaadaldin@yahoo.com

³ PhD student, Department of Physics–Faculty of science–Tishreen University.

E-mail: inthislife77@gmail.com

1. المقدمة: Introduction

من أهم الخصائص الفريدة لبعض العوازل الكهربائية Dielectrics وأكثرها إبهاماً وتميزاً هي الخاصية الفيروكهربائية Ferroelectric، والتي تتمثل بالاستقطاب التلقائي Spontaneous Polarization للمادة بغياب حقل كهربائي خارجي، والإمكانية التي تبديها بعكس اتجاه عزوم ثنائيات الأقطاب الكهربائية Dipole Moment باستخدام حقول خارجية مناسبة. تتعلق هذه الخصائص بالبنية البلورية للمادة Crystal Structure، فيجب انعدام مراكز التناظر Noncentrosymmetric واحتوائها على مواقع ذرية بديلة أو متجهات جزئية للتمكن من عكس الاستقطاب، والاحتفاظ به بعد إزالة الحقل المطبق. ينتج عن عكس اتجاه الاستقطاب باستخدام حقل كهربائي مناسب تشكل دورة بطء فيروكهربائية Ferroelectric Hysteresis Loops. تمتلك المواد الفيروكهربائية مناطق ذات استقطاب موحد تدعى بالدومينات Domain [1]. بالإضافة إلى امتلاكها درجة حرارة معينة في حال تجاوزها تفقد خاصيتها الفيروكهربائية، تعرف بنقطة كوري Curie Point الشكل (1) [2].



الشكل (1): a: الطور الفيروكهربائي، b: الطور الباراكهربائي، c: آلية تشكل الاستقطاب التلقائي. تعتبر تيتانات الباريوم BaTiO₃ واحدة من أشهر المواد الفيروكهربائية، وأكثرها استخداماً، ودراسة بسبب خصائصها الفريدة وبنيتها البسيطة المتمثلة ببنية البيروفسكايت Perovskite بصيغتها العامة ABO₃، وتعتبر أول سيراميك بيزوكهربائي مكتشف [3,4]. تعتمد بنيتها

البلورية على درجة الحرارة. فعند نقطة كوري، تصبح البنية الدقيقة لوحدة الخلية غير مستقرة، ويجب أن تتحول إلى أكثر الحالات استقراراً. لذلك تهتز ذرات التيتانيوم Ti^{4+} حول مركز التناظر لجعل وحدة الخلية تحافظ على استقرار بنيتها المكعبة Cubic المتناظرة [5,4].

عند انخفاض درجة الحرارة دون نقطة كوري $T < T_c$ تتمدد وحدة الخلية المكعبة على طول أحد الحواف نتيجة انتقال أيونات الباريوم Ba^{2+} إلى الأعلى بمقدار 0.05 \AA عن مواقعها الأصلية في النظام البلوري المكعبي، وتنتقل أيونات التيتانيوم Ti^{4+} إلى الأعلى بمقدار 0.1 \AA ، وتزاح أيونات الأكسجين O^{2-} للأسفل بمقدار 0.04 \AA لتشكل النظام البلوري رباعي الأضلاع Tetragonal كما يبين الشكل (c-1) [5]. ونتيجة للانتقالات الأيونية، لا ينطبق طويلاً مركز كتلة الشحنات الموجبة على السالبة، فتصبح خلايا الوحدة مستقطبة بشكل دائم وتتصرف كثنائيات أقطاب كهربائية، مشكلةً الاستقطاب التلقائي. يمتلك تيتانات الباريوم عدة أنظمة بلورية تبعاً لدرجة الحرارة. فهو يأخذ تركيب البيروفسكايت الأصلي (النظام البلوري المكعبي) فوق نقطة كوري T_c وتعرف المادة على أنها في الطور الباراكهربائي Paraelectric. عند تبريد المادة تحت نقطة كوري تتحول المادة إلى ثلاثة أطوار فيروكهربائية مختلفة على التوالي وهي رباعي الأضلاع، والمعيني القائم Orthorhombic، والموشور السداسي Rhombohedral، حيث أنها عملية قابلة للعكس من خلال التسخين، [6-8]. تنتج هذه التشوهات عن انزياح أيون التيتانيوم Ti^{4+} على طول المحاور البلورية في $\langle 100 \rangle$ ، $\langle 110 \rangle$ ، و $\langle 111 \rangle$ على التوالي، عندما تبرد البلورة من درجات الحرارة العالية (النظام البلوري المكعبي) إلى درجات الحرارة المنخفضة (نظام الموشور السداسي). يكون الانتقال بين الأشكال العديدة على شكل إزاحة ماعدا الانتقال بين النظام البلوري السداسي والمكعبي يتم من خلال إعادة بناء وحدة الخلية [8-10]. عند الوصول إلى درجة حرارة الانصهار أثناء عملية تليد تيتانات الباريوم تتحول البنية البلورية إلى النظام السداسي وتحافظ على هذه البنية عند انخفاض درجة حرارتها إلى درجة حرارة الغرفة، ولا ينتقل إلى النظام الرباعي أو الأنظمة البلورية الأخرى [4].

تتأثر الخصائص البنيوية والكهربائية لمركبات البيروفسكايت بكل من ظروف التحضير (الإعداد الميكانيكي للمساحيق، زمن ودرجة حرارة التكليل $Calcination$ ، والتلبيد $sintering$ ،...)، وعملية استبدال الذرات في البنية البلورية بأيونات ذرات أخرى. استقرار بنية البيروفسكايت لتيتانات الباريوم وإمكانية السيطرة على نظامها البلوري وعملية انتقاله من طور إلى آخر من خلال استبدال ذراتها في الشبكة البلورية بذرات مواد أخرى أو عن طريق التحكم بظروف التحضير فتح الباب واسعاً لدراسات عديدة قامت على تطوير هذه المواد، وتحسين خصائصها البنيوية والكهربائية وتحديد شروط العمل الأمثل لها الذي ساهم في تطور عدد كبير من التقانات في المجال العلمي والطبي والصناعي [12,11].

2. هدف البحث وأهميته: Aim of research and its importance

➤ تحضير مساحيق عالية النعومة والنقاوة من المحلول الصلب $BST_x] Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ اختصاراً بطريقة تفاعل الحالة الصلبة (الطريقة السيراميكية) من أجل نسب الإشابة: $(x= 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30)$ عند درجة حرارة تكليل $1200^\circ C$ وزمن 2h.

➤ استخدام تقنية XRD للتحقق من اكتمال التفاعل وتشكل المحلول الصلب BTS_x ودراسة خصائصه البنيوية.

➤ دراسة تأثير الإشابة على النظام البلوري لتيتانات الباريوم النقية وآلية الانتقال من نظام بلوري رباعي (فيروكهربائي) إلى مكعبي (باراكهربائي).

➤ دراسة تأثير الإشابة على حجم التبلور، والكثافة، ونسبة تبلور المادة، ومقدار التشوه في البنية البلورية والأبعاد الذرية.

تكمّن أهمية البحث بالتعريف بأهم المواد الفيروكهربائية وآلية تعديل خصائصها البنيوية والكهربائية من خلال الإشابة وظروف التحضير. يساهم البحث تفسير آلية انتقال البنية من نظام بلوري رباعي الأضلاع إلى مكعبي بتأثير نصف القطر الأيوني والانفعالات والتشوهات المتشكلة في البنية نتيجة الإشابة، وتأثيرها على حجم ونسبة التبلور.

3. طرائق البحث ومواد: Methods and materials of research

1.3. تحضير العينات: Preparation of Samples

يحضر المحلول الصلب Solid Solution من مادتين في الطور الصلب على الأقل يتم التعامل معه على أنه مادة صلبة بلورية، أو كشبكة بلورية جديدة حيث تستبدل ذرات أو أيونات أو جزيئات مادة ما بذرات أو أيونات أو جزيئات مادة أخرى في حالتها البلورية. حضرت العينات المدروسة للمحلول الصلب $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ بطريقة تفاعل الحالة الصلبة Solid-State Reaction من أجل ($x=0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3$) باستخدام مواد أولية من كربونات الباريوم $BaCO_3$ (99% Prolabo)، وثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 (99.97% Sisco Research Laboratories)، وكربونات السترونسيوم $SrCO_3$ (99.9% Merck). حضرت العينات من خلال وزن النسب المطلوبة لكل مادة بالاعتماد على وزنها الجزيئي باستخدام ميزان إلكتروني عالي الحساسية ($0.0001g$). تعتبر عملية الإعداد الميكانيكي للنسب المحضرة بعد عملية الوزن من أساسيات هذه الطريقة في التحضير وذلك من خلال عملية طحن وخلط المواد الأولية باستخدام طاحونة الكرات المعدنية عالية الطاقة لمدة قدرها 14hr بعد غمرها بالكحول النقي، بسرعة دوران 150rpm. في المرحلة الثانية جرى التخلص من الكحول عن طريق تجفيف العينات بفرن التجفيف عند درجة الحرارة $100^\circ C$ لمدة 3h. يحدث التفاعل بين المواد الأولية بعملية معالجة حرارية تدعى بالتكليس وهي عملية تسخين المادة لدرجات حرارة مرتفعة دون نقطة الانصهار وذلك عند درجة الحرارة $1150^\circ C$ لمدة 2h بمعدل ارتفاع وانخفاض $5^\circ C/min$ باستخدام المرمدة الكهربائية (Lenton, AWF 12/12). ونتيجة لهذه العملية تتشكل العينات المدروسة وفقاً لمعادلة التفاعل التالية:



تم الإعداد الميكانيكي للمساحيق بعد عملية التكليس من خلال الخلط والطحن لمدة 8h، للحصول على مساحيق متجانسة، وعالية النعومة ومن ثم جففت عند $100^\circ C$ لمدة 3h.

2.3. توصيف البنية البلورية: Crystal Structural Characterization

أجريت عملية تحليل أنماط XRD باستخدام برنامج Xpert High Score، المزود بقواعد البيانات (PDF2، ICSD، و COD) والذي يعالج البيانات من خلال تحديد موقع وشدة وعرض القمة عند المنتصف بدقة عالية. وبعدها يبحث على أفضل تطابق مع قاعدة البيانات المرجعية، ومن ثم استخدام طريقة ريتفيلد Rietveld لتحديد بارامترات وحدة الخلية، والنظام البلوري والمجموعة الفراغية ومواقع الذرات في البنية البلورية وقرائن ميلر. كما تستخدم طريقة نسبة الكثافة المرجعية (RIR) Reference Intensity Ratio في التحليل الكمي التلقائي لتحديد نسبة التراكيب المؤلفة للعينة في حال اختيار إدخالين على الأقل من قاعدة البيانات المرجعية للمطابقة مع مخطط XRD للعينة وتظهر النسبة المئوية المقابلة لكل ملف ادخال. استخدام برنامج Origin 2022 للتحقق من دقة القياس من خلال تعويض علاقة براغ ($2d\sin\theta = \lambda$) في العلاقة التي تربط البعد بين مستويين بلوريين d في النظام البلوري المكعبي وقرائن ميلر hkl المقابلة لهذه المستويات وفق التالي [14,13]:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} = \frac{4\sin^2\theta}{\lambda^2} \quad (1)$$

من هذه العلاقة نستنتج بارامترات وحدة الخلية للنظام البلوري المكعبي:

$$a = \frac{\lambda}{2\sin\theta} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (2)$$

يعطى البعد بين مستويين بلوريين متتاليين في النظام البلوري الرباعي التي تمتلك قرائن ميلر hkl بالعلاقة [15,14]:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} = \frac{4\sin^2\theta}{\lambda^2} \quad (3)$$

نحصل على أبعاد وحدة الخلية للنظام رباعي الأضلاع من المستويات $(hk0)$ ، و $(00l)$:

$$a^2 = \frac{\lambda^2}{4\sin^2\theta} [h^2 + k^2] \quad (4)$$

$$c^2 = \frac{\lambda^2 l^2}{4\sin^2\theta} \quad (5)$$

3.3. حجم التبلور والانفعالات الشبكية: Crystallite Size & Lattice Strain

طورت علاقة شيرر عام 1918 لحساب حجم التبلور D باستخدام تقنية XRD من خلال قياس عرض منتصف الشدة β الموجودة عند الموقع 2θ في نمط الحيود. إن العلاقة بين حجم التبلور، وعرض القمة عند المنتصف هي علاقة عكسية كما تبين علاقة شيرر [16]:

$$D(nm) = \frac{k\lambda(nm)}{\beta_D \cos\theta} \rightarrow \cos\theta = \frac{k\lambda}{D} \left(\frac{1}{\beta_D} \right) \quad (6)$$

λ : طول موجة الأشعة المستخدمة 1.78901 \AA ، k : ثابت الشكل يأخذ القيمة 0.94 ، β_D : عرض منتصف القمة العظمى. برسم تحويلات $\cos\theta$ بتابعية $\frac{1}{\beta}$ نحصل على قيمة D من ميل الخط البياني كما يبين الشكل (a-2). لا يتجاوز حجم التبلور المقاس المجال $(100-200nm)$ ، ويعتمد ذلك على أداة القياس، والعينة، ونسبة التشويش في الإشارة [17]. حيث ينتج عرض القمة عن ثلاثة عوامل رئيسية: أداة القياس، حجم التبلور D ، وانفعال الشبكية ε [18]. يتم قياس حجم التبلور وانفعال الشبكة البلورية بعد طرح التأثير الآلي من العرض الزاوي β ومن ثم يستخدم واحدة من الطرق التالية:

❖ طريقة وليامسون هول: Williamson– Hall Method (W–H)

تسمح هذه الطريقة بتمييز التوسع في القمة β_{hkl} المساوي إلى مجموع التعرض الناتج عن حجم التبلور β_D الذي يحسب بطريقة شيرر، وحجم التبلور الناتج عن الانفعال المجهرى β_S الذي يأخذ القيمة $4\varepsilon \cdot \tan\theta$ ، فنحصل على العلاقة [19-22]:

$$\beta_{hkl} = \left(\frac{k\lambda}{D \cdot \cos\theta} \right) + 4\varepsilon \cdot \tan\theta \rightarrow \beta_{hkl} \cdot \cos\theta = \left(\frac{k\lambda}{D} \right) + 4\varepsilon \cdot \sin\theta \quad (7)$$

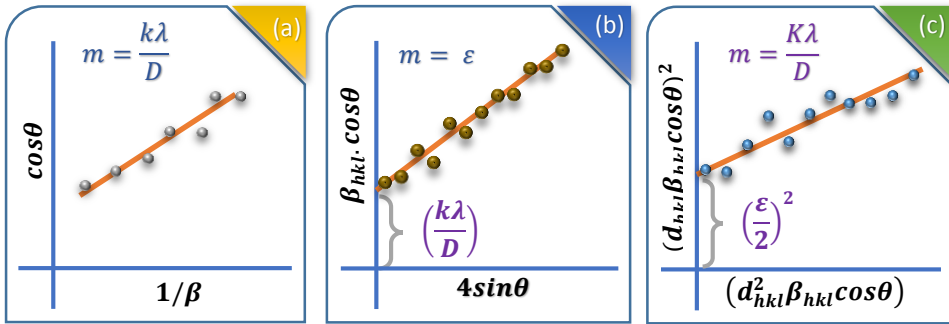
برسم تغيرات $\beta_{hkl} \cdot \cos\theta$ بتابعية $4\varepsilon \sin\theta$ نحصل على مستقيم، معادلته من الشكل $y=ax+b$ ، حيث $a=\varepsilon$ ، $b=k\lambda/D$ كما في الشكل (b-2). تمثل المعادلة (5) نموذج التشوه الموحد (UDM) Uniform Deformation Model، الذي يفترض أن الانفعال موحد في جميع الاتجاهات، وبالتالي مراعات الطبيعة المتناحية للبلورة [22].

❖ طريقة مخطط الحجم والانفعال: The Size-Strain Plot Method (SSP)

يمكن الحصول على تقييم أفضل لبارامترات الحجم والانفعال من خلال النظر في متوسط الحجم والانفعال، الذي يعطي وزن أقل للبيانات الناتجة عن قمم الحبيود المقابلة لزوايا كبيرة، حيث تكون الدقة أقل عادةً. تفترض هذه الطريقة أن ملف تعريف الحجم البلوري يوصف بتابع لورنتز، والملف التعريفي للانفعال يوصف بتابع غوص. فنجد [22-25]:

$$(d_{hkl}\beta_{hkl}\cos\theta)^2 = \frac{K\lambda}{D} (d_{hkl}^2\beta_{hkl}\cos\theta) + \left(\frac{\varepsilon}{2}\right)^2 \quad (8)$$

حيث K ثابت يعتمد على شكل الجسيمات، ويأخذ القيمة $\frac{3}{4}$ بالنسبة للجسيمات الكروية. برسم تحولات $(d_{hkl}\beta_{hkl}\cos\theta)^2$ بتابعة $(d_{hkl}^2\beta_{hkl}\cos\theta)$ لجميع القمم نحصل على حجم الحبيبات من ميل الخط البياني وعلى الانفعال من تقاطع المستقيم مع المحور y.



الشكل (2): طرق تحديد D، وε من بيانات XRD: (a) شيرر. (b) طريقة W-H. (c) طريقة SSP.

4.3 التبلور وكثافة الانخلاعات: Crystallization & Density of Dislocations

تستخدم مساحة القمة للقياس الحقيقي لشدة القمة، ونسبة التبلور، وكمية الطور في حال مزيج من الأطوار. تعطى نسبة تبلور العينة باستخدام مخططات XRD بالعلاقة [26]:

$$\%C = \frac{A_{cryst}}{A_{total}} \times 100 \quad (7)$$

A_{cryst} : مجموع مساحات القمم البلورية، A_{total} : كامل مساحة أنماط الحبيود.

الانخلاعات هي الاسم الشائع للعيوب الخطية في المواد المتبلورة المتمثلة في اختلال انتظام التوزيع الهندسي للذرات. ويعرف خط الانخلاع على أنه الخط الفاصل بين شطري انخلاع البلورة. أما كثافة الانخلاعات فهي درجة تركيز خطوط الانخلاع في البلورة، ويعبر عنها

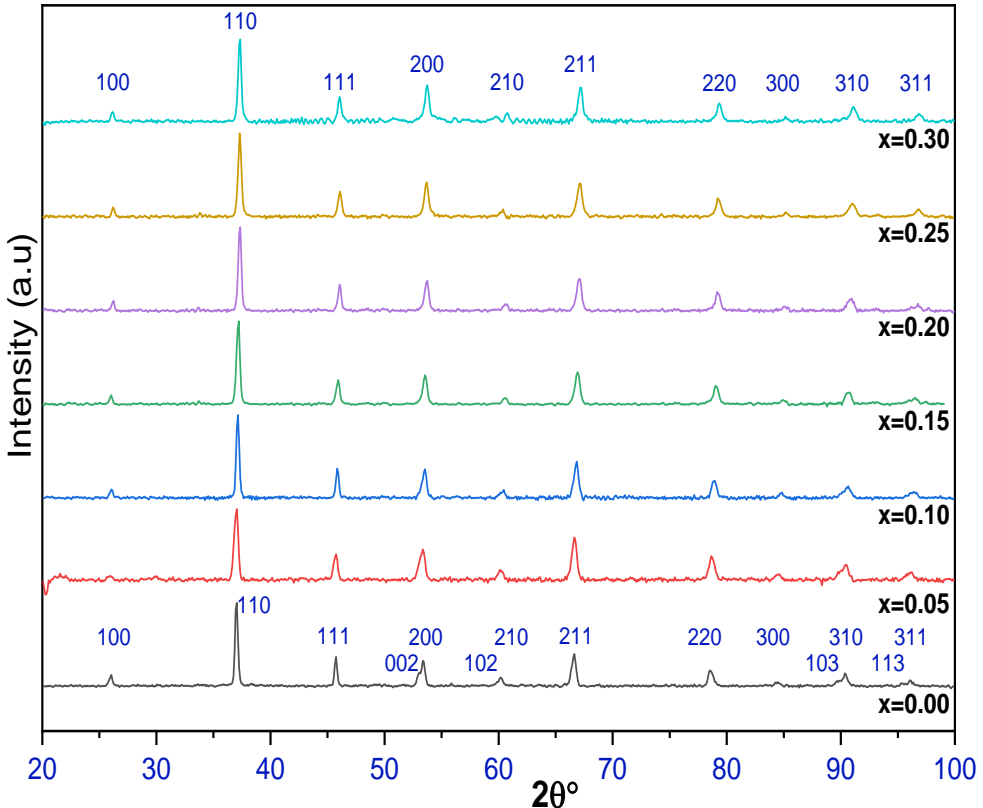
بعدد خطوط الانحلال التي تتقاطع مع وحدة المساحة. تعطى كثافة الانحلال بالاعتماد على علاقة *Williamson and Smallman* [27]:

$$\delta = \frac{1}{D^2} \text{ (lines/m}^2\text{)} \quad (8)$$

4. النتائج والمناقشة: Results and Discussion

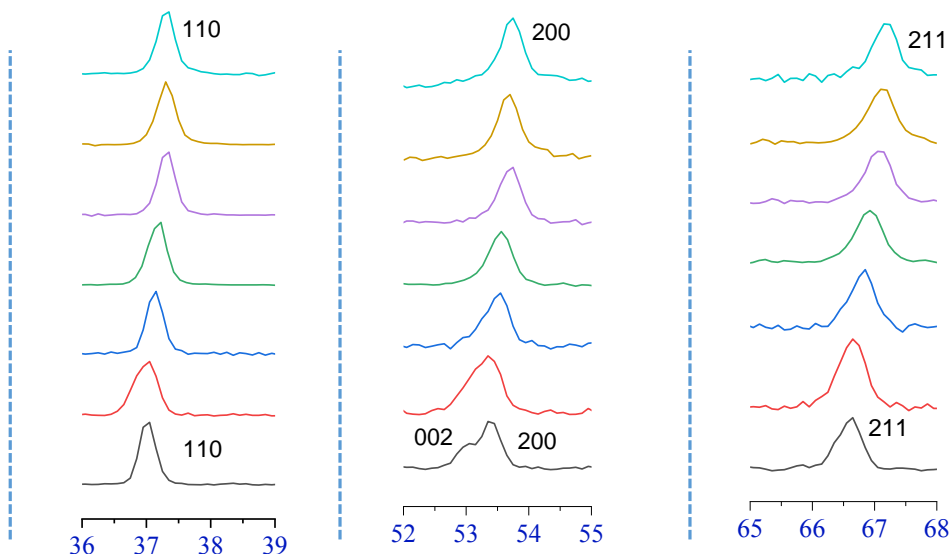
1.4 دراسة الخصائص البنيوية: Study of structural properties

درست الخصائص البنيوية للعينات باستخدام جهاز قياس الحيود PHILIPS PW 1840، الذي يستخدم الشعاع CoK_α ($\lambda = 1.78901\text{nm}$)، وكمون تسريع 40kV، وخطوة 0.05° للحصول على بيانات XRD ضمن مجال الزوايا ($100^\circ - 20^\circ$) كما يبين الشكل (3).



الشكل (3): أنماط حيود الأشعة السينية عن المحلول الصلب $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$

تم التحقق من تشكل بنية $BaTiO_3$ النقية، اعتماداً على قاعدة البيانات المرجعية حيث تطابق نمط الحيود المتشكل مع الطور المرجعي ذو الرقم المتسلسل JCPDS-50626. وهو ما يتفق مع دراسات سابقة استخدمت نفس طريقة التحضير عند درجة حرارة تكليس أعلى [28]. تتشكل بنية $BaTiO_3$ المشابهة بالسترونسيوم من أجل باقي النسب حيث أظهرت مخططات XRD النقاوة العالية للبنية المحضرة، واكتمال التفاعل بين المواد الأولية عند زمن، ودرجة حرارة التكليس، الذي يؤكد على أهمية الإعداد الميكانيكي للعينات قبل التكليس باستخدام طاحونة الكرات المعدنية، التي ساهمت في تجانس طور المواد المتشكلة، وخفضت من زمن، ودرجة حرارة التكليس مقارنة مع دراسات سابقة [29-32]. يبين الشكل (4) التغيرات التي طرأت على قمم الحيود بتأثير انحلال Sr^{2+} في البنية البلورية لتيتانات الباريوم مكان Ba^{2+} . يحدث تغير في شكل وشدة قمم الحيود، وتتزاح القمم باتجاه الزوايا الكبيرة بتزايد قيم x نتيجة تناقص البعد بين المستويات البلورية بتأثير نصف القطر الأيوني الصغير للسترونسيوم ($r_i=1.18\text{\AA}$) مقارنة بالباريوم ($r_i=1.38\text{\AA}$)، وبالتالي تناقص ابعاد وحدة الخلية. أظهرت الدراسة والتحليل الكمي لمخططات XRD باستخدام برنامج Origin 2022، و High Score Plus، تناقص ابعاد وحدة الخلية بتزايد نسب الإشابة وتبلور العينات ذات النسب $x \leq 0.15$ بالنظام البلوري رباعي الأضلاع، ومن أجل النسب الأعلى تبدأ البنية البلورية بالانتقال إلى النظام البلوري المكعبي كما يبين الجدول (1)، حيث يلاحظ تزايد نسبة النظام البلوري المكعبي بزيادة نسب الإشابة بتأثير نصف القطر الأيوني للذرات المؤلفة للبنية، وميل النظام إلى الاستقرار، باعتبار أن النظام البلوري المكعبي الأكثر استقراراً.



الشكل (4): التغيرات التي تطرأ على مخطط XRD للمحلول الصلب BST_x بتأثير الإشابة.

x	Phase ratio %T,%C	a=b (Å)	c(Å)	V(Å ³)	Crystal System	Space group	%C
0	100%T	3.992	4.015	64.357	Tetragonal	P4mm	98.31
0.05	100%T	3.989	4.006	64.027	Tetragonal	P4mm	96.11
0.10	100%T	3.984	4.003	63.832	Tetragonal	P4mm	93.87
0.15	100%T	3.978	3.999	63.638	Tetragonal	P4mm	92.74
0.20	59.8%T	3.975	3.996	63.473	Tetragonal	P4mm	90.26
	40.2%C	3.981	3.981	63.086	Cubic	Pm-3m	
0.25	53%C	3.976	3.976	62.856	Cubic	Pm-3m	90.12
	47%T	3.977	3.986	63.123	Tetragonal	P4mm	
0.30	90.9%C	3.969	3.969	62.537	Cubic	Pm-3m	87.35
	9.1%T	3.966	3.975	62.685	Tetragonal	P4mm	

الجدول (1): بارامترات وحدة الخلية ونسبة الأطوار في البنية البلورية للمحلول الصلب BST_x

2.4. حجم التبلور : Crystallization Size

تعتمد الخصائص الفيزيوكهربائية الفريدة للمواد متعددة التبلور على بنيتها البلورية التي تؤثر على تشكل عزوم ثنائيات الأقطاب الكهربائية وحجم الاستقطاب في المادة، كما تؤثر على حجم الدومينات الفيروكهربائية وحركة جدرانها [2]. تم حساب متوسط حجم التبلور للمساحيق المحضرة بالاعتماد على طريقة وليامسون هول (W-H) من خلال رسم تغيرات $\beta \cdot \cos\theta$ بتابعية $4 \cdot \sin\theta$ كما يبين الشكل (5)، وطريقة مخطط الانفعال والحجم (SSP) من خلال رسم تغيرات $(d_{hkl}\beta_{hkl}\cos\theta)^2$ بتابعية $(d_{hkl}^2\beta_{hkl}\cos\theta)$ لجميع النسب المحضرة من المحلول الصلب BST_x المبينة في الشكل (6). نظمت النتائج في الجدول (2). أظهرت القياسات التجريبية التقارب الكبير في القيم التي تم الحصول عليها بالاعتماد على كل من طريقة (W-H) وطريقة (SSP)، باعتبار كلا الطريقتين تفصلان تأثير حجم التبلور، وتأثير الانفعالات الشبكية على عرض قمم حيود الأشعة السينية عند المنتصف. أما طريقة شيرر فهي تربط بين عرض القمة عند منتصف الشدة مع ابعاد حبيبات التبلور فقط، وبالتالي فإن طرق القياس المتبعة من قبل (W-H)، وطريقة (SSP) أكثر دقة في تحديد حجم حبيبات التبلور باعتبار توسع القمة ينتج عن حجم الحبيبات البلورية، والانفعالات في الشبكة البلورية المؤلفة للحبيبة. أظهرت القياسات بكلا الطريقتين تناقص حجم التبلور بزيادة النسب المنحلة من السترونسيوم مكان الباريوم في الشبكة البلورية لأن نصف القطر الأيوني للسترونسيوم أصغر منه للباريوم، بالإضافة إلى أن عملية الإثابة تنقل نقطة انصهار المحلول الصلب نحو درجات حرارة أعلى وبالتالي تحتاج البنية إلى درجة حرارة أو زمن تكليس أعلى حتى تكتمل التفاعلات بين المواد الأولية خلال عملية المعالجة الحرارية، ونمو البلورات في البنية المتشكلة، ويتبين ذلك من خلال تناقص نسبة تبلور المحلول الصلب C% بزيادة نسب السترونسيوم كما يبين الجدول (1)، وذلك لأن نقطة انصهار المركب $SrTiO_3$ مساوية إلى $2080^\circ C$ [33]، وهي أعلى من نقطة انصهار $BaTiO_3$ المساوية إلى $1625^\circ C$ [28]، حيث تتعلق عملية نمو حبيبات التبلور بشكل مباشر بدرجة حرارة وزمن التكليس. تقدم طريقة SSP تقييم أفضل لبارامترات الحجم والانفعال من خلال قياس متوسط الحجم والانفعال، الذي يعطي وزن أقل

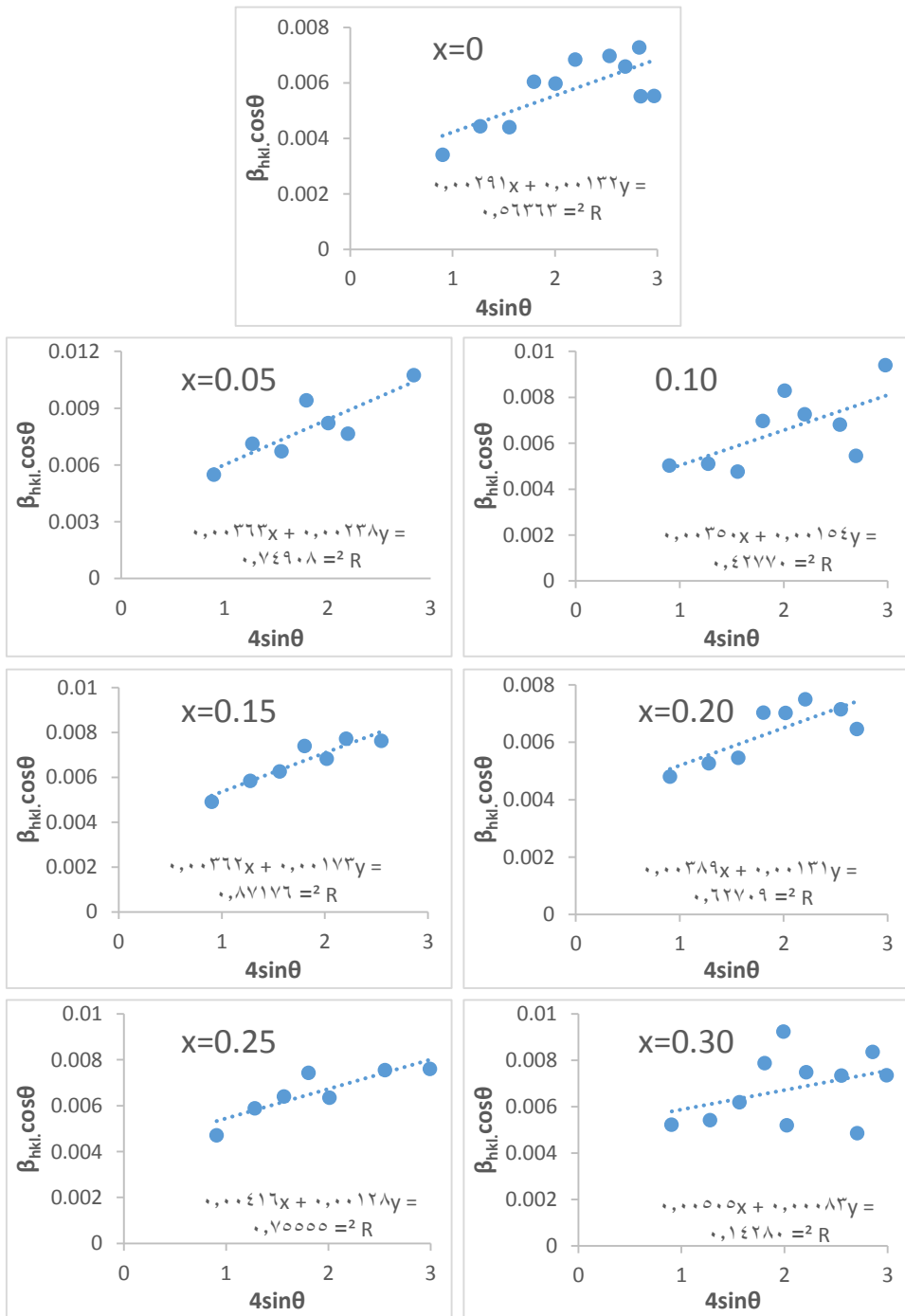
للبيانات الناتجة عن القمم المقابلة لزوايا كبيرة، حيث تكون الدقة أقل عادةً. أجمعت الطرق المتبعة في قياس حجم التبلور على تشكل البنية النانوية للمحلول الصلب BST_x من أجل النسب المدروسة.

3.4. الانفعال: Strain

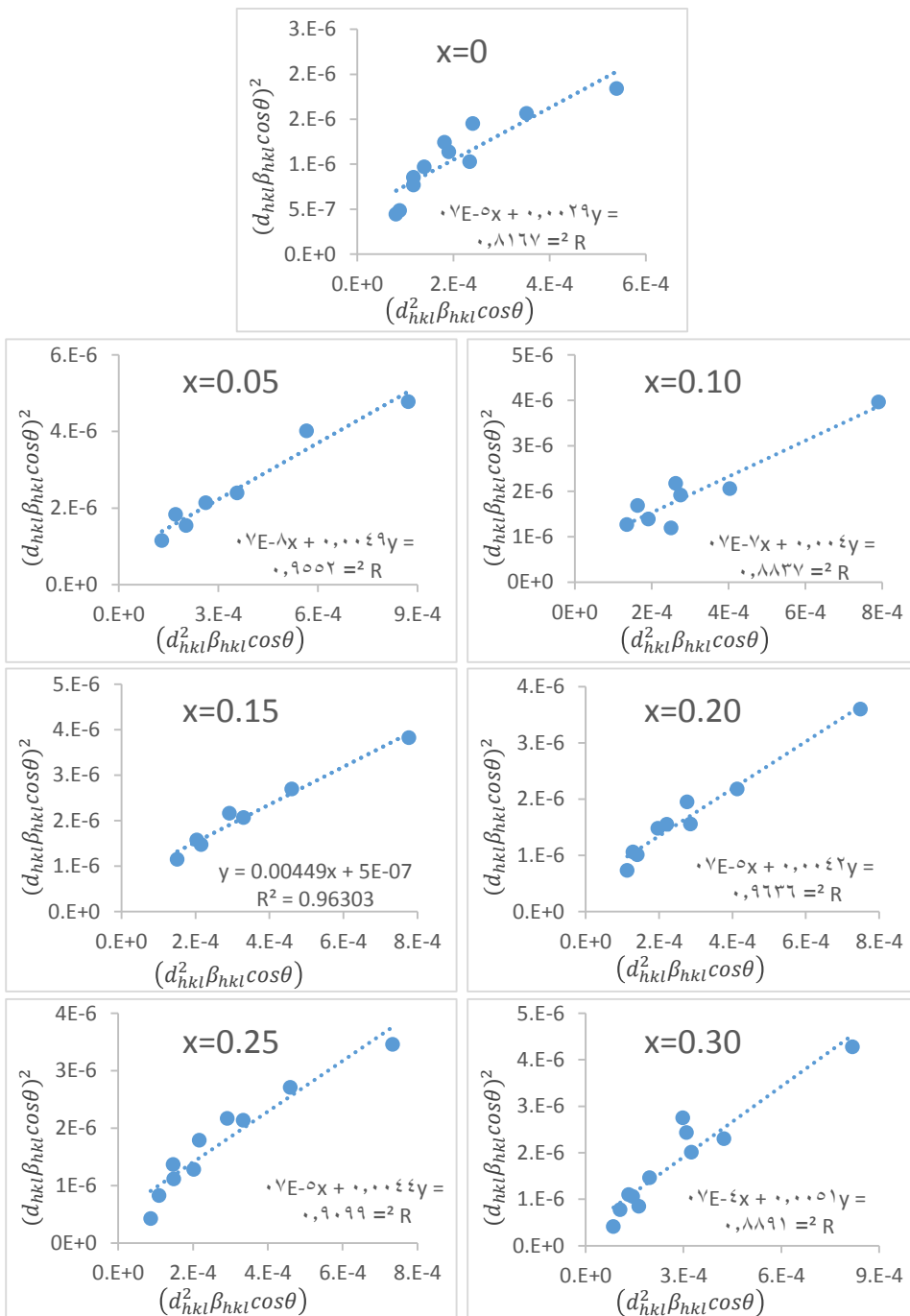
يعتبر الانفعال الميكروي مقياس لدرجة التشوه في ترتيب البنية الذرية بسبب الاجهادات ضمن الشبكة البلورية للمادة. تكون هذه التشوهات على شكل تغير في ثوابت الشبكية، بسبب الانخلاعات في البنية، والشواغر، واختلال في الترتيب الذري. تشمل مصادر الإجهاد الأخرى نقاط اتصال حدود الحبيبات البلورية، التي ترتفع فيها الاجهادات بسبب تلامس وتراص الحبيبات البلورية المتشكلة خلال عملية المعالجة الحرارية (التكليس، والتليد) [24]. ومهما كان سبب الإجهاد المتبقي في البلورات، فإن تأثيره سيؤدي إلى توزيع قيم d حول قيمة d_{hkl} في الحالة المثالية، وتأخذ القيمة δd . حيث تمثل النسبة $\delta d/d$ قيمة الانفعال الميكروي ε ، و d التباعد بين المستويات البلورية (hkl) . وفقاً لعلاقة براغ في الحيود $n \cdot \lambda = 2(d \mp \delta d) \cdot \sin(\theta \mp \delta \theta)$. فإن التقلبات في قيمة δd تسبب تعرض القمم. تكون هذه التقلبات ضمن الحبيبة البلورية أو كتقلب من حبيبة إلى أخرى. حيث يختلف الإجهاد المطبق على البنية البلورية من حبيبة إلى أخرى فهو يتعلق بحجم الحبيبة، والاتجاه البلوري السائد، وسطح التماس مع الحبيبات الأخرى. استخدم في تحديد قيمة الانفعال الميكروي مخططات وليامسون هول $(W-H)$ ، ومخططات الحجم والانفعال (SSP) ، ونظمت النتائج التجريبية في الجدول (2). أظهرت النتائج التجريبية تناقص الانفعالات في البنية البلورية بزيادة نسب السترونسيوم حيث تبين أن أعلى قيمة للانفعالات المتشكلة في البنية كانت عند النسبة $x=0.05$ ويعود السبب بأن النسبة المنخفضة من الشائبة ساهمت في نشوء خلل في انتظم ابعاد التبلور، وزيادة سطح التماس بسبب زيادة السطح النوعي للحبيبات البلورية، واختلال الانتظام الذري في الشبكة، والتغيرات التي تطرأ على ابعاد وحدة الخلية بسبب استبدال أيونات الباريوم واختلاف نصف القطر فتنشأ إجهادات على طول الشبكة البلورية عند هذه النسبة. تتناقص الانفعالات في البنية من أجل النسب الأعلى بسبب عودة الانتظام والتجانس إلى البنية البلورية وانخفاض الاجهادات المتشكلة بسبب نصف القطر الأيوني الصغير للسترونسيوم، وبدء تحول

البنية إلى النظام البلوري المكعبي الأكثر استقراراً الذي يصل إلى 90.9% من تركيب المادة عند النسبة $x=0.30$ والتي تقابل اخفض قيمة للانفعال كما يبين الجدول (2). تبين كلا الطريقتين وبالاعتماد على العلاقة (8) تزايد كثافة الانخلاعات بزيادة نسب الإشابة نتيجة اختلاف انصاف الأقطار الأيونية وتواجد بنية النظام البلوري المكعبي والرباعي معا من أجل النسب $x \geq 0.2$

x	Williamson–Hall method			The Size–Strain plot method		
	D(nm)	$\delta(l/m^2) \times 10^{14}$	$\epsilon \times 10^{-4}$	D(nm)	$\delta(l/m^2) \times 10^{14}$	$\epsilon \times 10^{-4}$
0.00	57.989	2.974	3.3	58.169	2.955	13.711
0.05	46.327	4.659	5.95	34.250	8.525	17.436
0.10	48.048	4.332	3.825	42.466	5.545	17.088
0.15	46.429	4.639	4.325	40.587	6.071	16.733
0.20	43.257	5.344	3.25	40.055	6.233	14.142
0.25	40.376	6.134	3.205	38.174	6.862	14.560
0.30	33.319	9.008	2.086	33.228	9.057	12.490



الشكل (5): مخططات وليامسون هول للمحلول الصلب $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$.



الشكل (6): مخططات الحجم والانفعال للمحلول الصلب $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$

5. الاستنتاجات والتوصيات: Conclusions & Recommendations

1. حضرت عينات مساحيق من المحلول الصلب BST_x بطريقة تفاعل الحالة الصلبة ودرست خصائصها البنيوية باستخدام تقنية XRD.
2. أظهرت مخططات XRD تشكل البنية البلورية للمركب BST_x ، واكتمال عملية التفاعل بين المواد الأولية باستخدام طريقة التحضير المستخدمة.
3. أظهرت قياسات XRD تبلور النسب $x \leq 0.15$ بالنظام البلوري رباعي الأضلاع بالكامل والذي يكسب المادة خاصتها الفيروكهربائية لانعدام مراكز التناظر، وتواجد كلا النظامين البلوريين الرباعي والمكعبي في البنية من أجل النسب $x \geq 0.20$.
4. تزداد نسبة النظام البلوري المكعبي في البنية بتزايد نسب Sr^{2+} وبسيطر على البنية عند النسبة $x=0.3$ ، الذي يدل على انتقال المادة إلى الطور الباراكهربائي.
5. تتناقص ابعاد وحدة الخلية للأنظمة البلورية المتشكلة في العينات بتزايد نسبة Sr^{2+} في البنية، بسبب نصف قطره الأيوني الصغير مقارنة بالباريوم الذي يحل مكانه.
6. استخدم كل من طريقة وليامسون هول وطريقة مخططات الحجم والانفعال في تحليل مخططات الحيود وحساب كل من أبعاد التبلور، والانفعال في البنية البلورية.
7. تتناقص أبعاد التبلور بزيادة نسب Sr^{2+} بسبب نصف قطره الأيوني الصغير مقارنة بالباريوم، وانزياح نقطة انصهار المركب إلى درجات حرارة أعلى وبالتالي الحاجة إلى زمن أو درجة حرارة تكليس أكبر لنمو ابعاد التبلور إلى حجوم أكبر والذي أثر مباشرة على نسبة تبلور العينات الذي يتناقص عند النسب العالية.

اعتماداً على ما سبق يوصى بدراسة تأثير نسبة النظام البلور رباعي الأضلاع والمكعبي على الخصائص الفيروكهربائية والبيزوكهربائية، وربطها مع الخصائص البنيوية، ودرجة حرارة المادة. ودراسة تأثير طرق وظروف التحضير على الخصائص البنيوية والكهربائية، كما يوصى بدراسة استخدامها كمكثفات سيراميكية، ومولدات فولطية، وأمواج فوق صوتية، وغيرها من التطبيقات التي تعتمد على الخصائص الفيروكهربائية أو البيزوكهربائية.

6. المراجع: References

1. Guyonnet J. *FERROELECTRIC DOMAIN WALLS : Statics, Dynamics, and Functionalities Revealed by Atomic Force ... Microscopy.*; 2016.
2. Sidorkin AS. *Domain Structure in Ferroelectrics and Related Materials.* Viva Books; 2008.
3. Mattur MN, Nagappan N. *Prediction of nature of band gap of perovskite oxides (ABO₃) using a machine learning approach.* Journal of Materiomics. Published online April 2022.
4. KAO, C. K., *Dielectric Phenomena in Solids: With Emphasis on Physical Concepts of Electronic Processes.* Elsevier, Amsterdam, 2004.
5. Xiao CJ, Jin CQ. *Crystal structure of dense nanocrystalline BaTiO₃ ceramics.* Materials Chemistry and Physics. 2008;111(2-3):209-212.
6. Bush AA, Ivanov SA. *Cubic and Tetragonal Modifications in BaTiO₃ Ceramic Samples: X-Ray Diffraction Analysis by the Rietveld Method.* Crystallography Reports. 2020;65(6):1025-1032.
7. Feng Z, Ren X. *Striking similarity of ferroelectric aging effect in tetragonal, orthorhombic and rhombohedral crystal structures.* Physical Review B. 2008;77(13). doi:10.1103/physrevb.77.134115
8. Yurtseven H. *Critical behavior of the spontaneous polarization and the dielectric susceptibility close to the cubic-tetragonal transition in BaTiO₃.* Journal of Advanced Dielectrics. 2015;05(03):1550024.
9. JU, L., *Synthesis and Investigation on Phase Transition of BaTiO₃ and Cr³⁺-Doped BaTiO₃ Nanocrystals.* Ph.D Thesis, Waterloo University, Canada, 2009.
10. Puli VS, Li P. *Crystal structure, dielectric, ferroelectric and energy storage properties of La-doped BaTiO₃ semiconducting ceramics.* Journal of Advanced Dielectrics. 2015;05(03):1550027.
11. Bell JG. *Tuning of the microstructural and electrical properties of undoped BaTiO₃ by spark plasma sintering.* Open Ceramics. 2022;9:100244.
12. Gurpreet Singh, Mahmoud MM, et al. *Processing, Properties, and Design of Advanced Ceramics and Composites.* Wiley; 2016.
13. He BB. *Two-Dimensional X-Ray Diffraction.* Wiley; 2018.
14. Zolotoyabko E. *Basic Concepts of X-Ray Diffraction.* Wiley-Vch; 2014.
15. Dyson DJ, And M. *X-Ray and Electron Diffraction Studies in Materials Science.* Maney For The Institute Of Materials, Minerals, And Mining; 2004.
16. Abdulrahman NA. *Braggs, Scherre, Williamson–Hall and SSP Analyses to Estimate the Variation of Crystallites Sizes and Lattice Constants for ZnO Nanoparticles Synthesized at different Temperatures.* NeuroQuantology. 2020;18(1):53-63.
17. Puli VS, Li P. *Crystal structure, dielectric, ferroelectric and energy storage properties of La-doped BaTiO₃ semiconducting ceramics.* Journal of Advanced Dielectrics. 2015;05(03):1550027.
18. Mittemeijer EJ, P Scardi. *Diffraction Analysis of the Microstructure of Materials.* Springer; 2010.
19. Mittemeijer E, Udo We. *Modern Diffraction Methods.* Wiley-Vch; 2013.

20. Endla P. *Preparation and characterization of zinc nanoparticles: Ball milling and Hall-Williamson method*. Materials Today: Proceedings. 2021;47:5391-5394.
21. Pelleg J, Elish E, Mogilyanski D. *Evaluation of average domain size and microstrain in a silicide film by the Williamson-Hall method*. Metallurgical and Materials Transactions A. 2005;36(11):3187-3194.
22. Dey PCh, Das R. *Impact of Silver Doping on the Crystalline Size and Intrinsic Strain of MPA-Capped CdTe Nanocrystals: A Study by Williamson–Hall Method and Size–Strain Plot Method*. Journal of Materials Engineering and Performance. 2021;30(1):652-660.
23. Sangeetha T, Elangovan A. *XRD structural studies on cobalt doped zinc oxide nanoparticles synthesized by coprecipitation method: Williamson-Hall and size-strain plot approaches*. Physica B: Condensed Matter. 2020;595:412342.
24. Anu Krishna PG. *Temperature dependent micro strain analysis of Lanthanum oxide nanoparticle using Williamson-Hall and size-strain plot methods*. Materials Today: Proceedings. Published online June 2022.
25. Sapna, Budhiraja N, Kumar V, Singh SK. *X-ray Analysis of NiFe2O4 Nanoparticles by Williamson-Hall and Size-Strain Plot Method*. Journal of Advanced Physics. 2017;6(4):492-495.
26. Panigrahi, R. *On the Structure and Dielectric Study of Iso- and Alio-Valent Modified BaTiO₃ Ceramics*. Ph.D Thesis, NIT Rourkela, India, 2010.
27. Richards, D. Angelis, R., *Shock-Induced Deformation of Tungsten Powder*. International Centre for Diffraction Data, Advances in X-ray Analysis, Volume 47. 2004.
28. Rahangdale KK, Ganguly S. *Structure, dielectricity and ferroelectricity measurement of new perovskite ceramics (1-x)BaTiO₃-xBiMnO₃ synthesized by solid-state reaction*. Materials Chemistry and Physics. 2021;260:124114.
29. Yu Y, Wang X. *Dielectric properties of Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ ceramics prepared by microwave sintering*. Ceramics International. 2013;39:S335-S339.
30. Curecheriu LP, Mitoseriu L. *Nonlinear dielectric properties of Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ ceramics*. Journal of Alloys and Compounds. 2009;482(1-2):1-4.
31. Pandey S, Parkash O. *Structural, dielectric, ferroelectric and impedance spectroscopic studies on Ba_{1-x}Sr_xTiO₃(0.15 ≤ x ≤ 0.35)*. Modern Physics Letters B. 2019;33(17):1950193.
32. Zhang J, Zhai J. *Microwave and infrared dielectric response of tunable Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ ceramics*. Acta Materialia. 2009;57(15):4491-4499.
33. Bera J, Rout SK. *SrTiO₃-SrZrO₃ solid solution: Phase formation kinetics and mechanism through solid-oxide reaction*. Materials Research Bulletin. 2005;40(7):1187-1193.