

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 11

1443 هـ . 2022 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://www.albaath-univ.edu.sy)

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

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:  
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

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

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

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

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة, اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد ( 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 الف 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		
32-11	أ. د. وليد صهيوني د. علاء ناصيف أمانى العكاري	تأثير اختلاف العدد الذري على مردود الأشعة السينية اللينة في جهاز البلازما المحرقة الكثيفة PF400
56-33	أريج يوسف إبراهيم أسعد اسماعيل	اصطناع مركب كوبالتات الزنك $ZnCo_2O_4$ بطريقة الـ Sol-Gel ودراسة خصائصه البنوية
88-57	د. باسل حمدو العرنوس	التلثيات الفيثاغورية في مجموعة أعداد ليبشتر الصحيحة
106-88	اسيل الكرجوسلي منصور أحمد محمد الصالح	مقارنة خصائص النمو الجريبي عند نجاج العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة بـ Ovsynchi – fiMG





# تأثير اختلاف العدد الذري على مردود الأشعة السينية اللينة في جهاز البلازما المحرقة الكثيفة PF400

طالبة الدراسات العليا: أماني العكاري كلية العلوم - جامعة البعث  
بإشراف أ. د. وليد مصطفى صهيوني كلية العلوم - جامعة البعث  
ومشاركة: د. علاء ناصيف كلية الهندسة - الجامعة الوطنية الخاصة

## ملخص

دُرس في هذا البحث تأثير اختلاف نوع الغاز (ذري أو جزيئي) وضغطه على مردود الأشعة السينية اللينة الصادرة عن جهاز البلازما المحرقة الكثيفة PF400. تم إجراء الدراسة على غازي النيون والأزوت حيث تم أولاً إيجاد وسطاء البلازما المحرقة: مجال درجة الحرارة المناسب لإصدار الأشعة السينية اللينة وعدد الشحنات الفعالة للغازين المدروسين وذلك باستخدام نموذج الهالة (Corona Model) ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مرجعياً ثم إيجاد مردود الأشعة السينية اللينة الصادرة عن بلازما الغازين المدروسين من خلال إجراء سلسلة من التجارب العددية باستخدام برنامج Lee. أظهرت النتائج أن أعلى قيمة لمردود الأشعة السينية اللينة في حالة غاز النيون ل 0.148 عند الضغط 3.2 Torr بينما في حالة غاز الأزوت كانت ل 0.0634 عند الضغط 4.4 Torr وذلك بسبب القيمة المرتفعة للعدد الذري والشحنة الفعالة لغاز النيون مقارنة بغاز الأزوت.

الكلمات المفتاحية: قبضة البلازما، جهاز البلازما PF400، مردود الأشعة السينية اللينة، نموذج Lee. نموذج الهالة

## The effect of the difference of atomic number on soft X-rays yield in the dense plasma focus device PF400

### Abstract

In this paper, the effect of difference gas type (atomic or molecular) and its pressure on the yield of soft X-rays emitted by the dense plasma focus device PF400 is studied. The study was conducted on neon and nitrogen gases, where the plasma focus parameters were first found: the appropriate temperature range for soft X-ray emission and the number of effective charge of the two studied gases, using the Corona Model and comparing the results that were obtained. It is used as a reference and then finds soft X-rays yield emitted from the plasma of the two studied gases by conducting a series of numerical experiments using the Lee code. The results showed that the highest value of the soft X-ray yield in the case of neon gas was 0.148 J at a pressure of 3.2 Torr, while in the case of nitrogen gas it was 0.0634 J at a pressure of 4.4 Torr, due to the value the higher atomic number and effective charge of neon gas compared to nitrogen gas.

**Key words:** Plasma pinch, PF400 plasma focus device, soft X-ray yield, Lee model. Corona Model

## مقدمة:

تعدّ البلازما المحرّقة أحد أنواع البلازما التي تم تطويرها خلال اوائل الستينات في القرن العشرين من أجل أبحاث الاندماج النووي من قبل العالمين W. Mather. J في الولايات المتحدة الأمريكية و N . V . Filippov في الاتحاد السوفيتي [1].

جهاز البلازما المحرّقة شبيه بجهاز قبضة البلازما وهو مؤهل لإنتاج بلازما ذات عمر قصير وكثافة الكترونية ودرجة حرارة الكترونية عالية (  $T_e > 500eV$  ) وإمكانية إصدار نبضات قصيرة وعالية الشدة من الأشعة السينية (إن طيف إشعاع البلازما المحرّقة في مجال الأشعة السينية يغطي مجالاً من 1keV الى 500keV) والنترونات السريعة وحزم الجسيمات المشحونة (الأيونات - الإلكترونات) [2,3].

تعتبر أجهزة قبضة البلازما المحرّقة من المصادر الواعدة لنبضات الأشعة السينية اللينة لفترات زمنية تتراوح من نانو ثانية الى مئات نانو ثانية وتكون الأشعة السينية المتولدة خلال نبضة من اجهزة القبضة Z-Pinch ذات طاقة اعلى من الطاقة الناتجة عن منابع توليد اخرى [4].

يقوم مبدأ عمل اجهزة البلازما المحرّقة على نقل الطاقة الكهربائية المخزنة في بنك مكثفات التي تنقل بسرعة الى مجموعة أقطاب بوساطة القذح السريع ليبدأ تيار الانفراج من سطح العازل المحيط بأسفل المصعد وينتشر ليصل الى نهايته فتقوم قوة لورنتز  $J \times B$  المتشكلة من تأثير حقل التحريض المغناطيسي الذاتي على التيار المار في صفحة البلازما (plasma sheet) بتسريعها بدءاً من أسفل المصعد وحتى نهايته عند محور تناظره وعندها تتضغط صفحة التيار مغناطيسياً خلال زمن قدره 50ns وكثافة  $10^{19}m^{-3}$  في عمود البلازما او ما يعرف بقبضة (pinch) ومن ثم ينهار عمود البلازما بفعل اللااستقرارات البلازما [5,6].

تتميز قبضة البلازما بقدرتها على إصدار أنواع مختلفة من الإشعاعات والجسيمات نذكر منها: الأشعة السينية بأنواعها القاسية والمتوسطة واللينة، الأشعة فوق البنفسجية،

النيوترونات، الأيونات السريعة، الإلكترونات السريعة [7]، حيث تتعلق هذه الإصدارات بنوع الجهاز من الناحية الهندسية (طول وأنصاف أقطار الأقطاب) كما تتعلق بنوع الغاز أو المزيج الغازي المستخدم [8,9] في عملية التشغيل فمثلاً عند إنتاج النيوترونات يتم استخدام غاز الديتيريوم أما لإصدار الأشعة السينية تستخدم الغازات الخاملة [6].

### نموذج Lee:

صدرت أول نسخة عن هذا النموذج عام 1985 حيث كانت عبارة عن مرحلتين وبعد ذلك استخدم لوصف وتحسين أجهزة البلازما المحرقة ولاحقا طور بخمس مراحل عام 2000 حيث قدم محاكاة واقعية لخصائص البلازما المحرقة وذلك من خلال ربط بارامترات الدارة الكهربائية مع ديناميكيات وترموديناميك البلازما والإصدارات الإشعاعية [11,10,12]. يتم من خلال هذا النموذج حساب مردود الأشعة السينية اللينة عند استخدام غازات مختلفة والإصدار النيوتروني [13] و تحسين هذا المردود عند تغيير الضغط ونوع الغاز وبارامترات بنك المكثفات.

ان أهم ما يميز هذا النموذج:

- ✓ انه يقدم محاكاة لأي جهاز البلازما المحرقة وفق نموذج Mather .
- ✓ يتضمن ترموديناميكيات العديد من الغازات منها H, D, He, N, Ne..
- ✓ يمكن حساب المردود الإشعاعي لكل من الإصدارات: الكبح - إعادة الاتحاد - الخطي ومردود الإشعاع الكلي بالمرحلة القطرية.
- ✓ يضم بارامترات النموذج ( $f_{cr}, f_{mr}, f_c, f_m$ ) لمطابقة أزمنة المرحلتين المحورية والقطرية.

يتم في هذا النموذج تقسيم ديناميكيات البلازما المحرقة في الأجهزة وفق نموذج Mather إلى ثلاثة مراحل أساسية هي: مرحلة الانهيار (break-down phase)، المرحلة المحورية (axial phase) ومرحلة الانضغاط (compression phase)، كما

يتم تقسيم مرحلة الانضغاط إلى ثلاثة مراحل ثانوية هي: مرحلة الصدمة الداخلة القطرية (inward radial shockwave phase)، مرحلة موجة الصدمة المنعكسة الخارجة (outward reflected shock wave phase) ومرحلة الانضغاط البطيء (slow compression phase). [14]

### النتائج والمناقشة:

تم استخدام برنامج Lee الإصدار (RADPFV 5.15 dec1) على جهاز البلازما المحرقة PF400 وفق البارامترات الآتية:

(1) بارامترات بنك المكثفات: التحريض  $L_0 = 40 \text{ nH}$  السعة  $C_0 = 0.95 \mu\text{F}$

المقاومة  $r_0 = 10 \text{ m}\Omega$

(2) الأبعاد الهندسية: نصف قطر المهبط  $b = 1.6 \text{ cm}$  نصف قطر المصعد

$a = 0.6 \text{ cm}$  طول المصعد  $z_0 = 1.7 \text{ cm}$

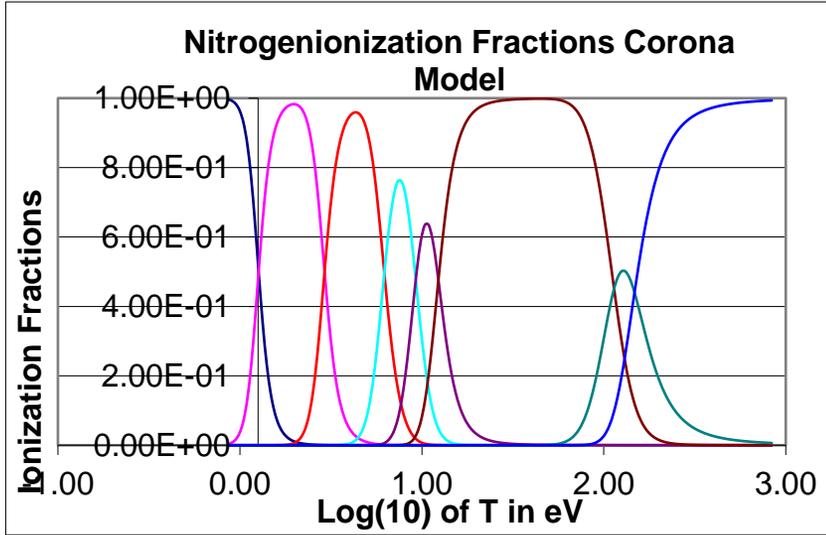
(3) طاقة التشغيل  $E_0 = 0.4 \text{ kJ}$  الجهد  $V_0 = 28 \text{ kV}$  الضغط  $P_0 \dots \dots$

### حساب الوسطاء البلازما المحرقة لغاز الازوت:

تم اعتماد نموذج الهالة (Corona Model) من أجل إيجاد وسطاء البلازما المحرقة والبيانات الترموديناميكية وذلك بالاستفادة من مجموعة البرمجيات (soft wares) والكودات (Codes) تم الحصول عليها من الجمعية الآسيوية الإفريقية لتدريبات البلازما (AAAPT).

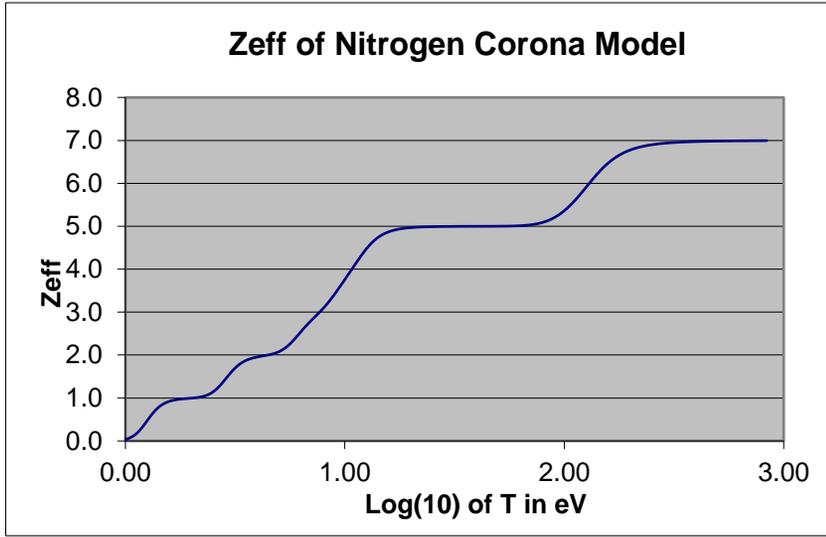
تم الحصول على النتائج التالية:

تم استخدام الكود (C4coronaNitrogen) من أجل الحصول على حالات تأيين غاز النروجين وعدد الشحنة الفعالة ونسبة الحرارة النوعية وفق نموذج الهالة (Corona Model) ضمن مجال درجة الحرارة ( $10^4\text{K} - 10^6\text{K}$ ) أو  $0.86 - 837.63\text{ eV}$  وفق الأشكال الآتية (النتائج كبيرة جدا ولا يمكن إدراجها):



الشكل (1): حالات تأيين الآزوت عند درجات حرارة مختلفة باستخدام (C4coronaNitrogen)

يوضح الشكل (1) حالات تأيين الآزوت كتابع لدرجة الحرارة وفق نموذج الهالة حيث يتضح أن مجال درجة الحرارة المناسب لتوليد الأيونات الشبيهة بالهيدروجين (H-like) والأيونات الشبيهة بالهيليوم (He-like) وبالتالي إصدار الأشعة السينية هو  $0.86 \times 10^6 - 2 \times 10^6$  (173 eV)



الشكل (2): عدد الشحنة الفعالة للأزوت عند درجات حرارة مختلفة

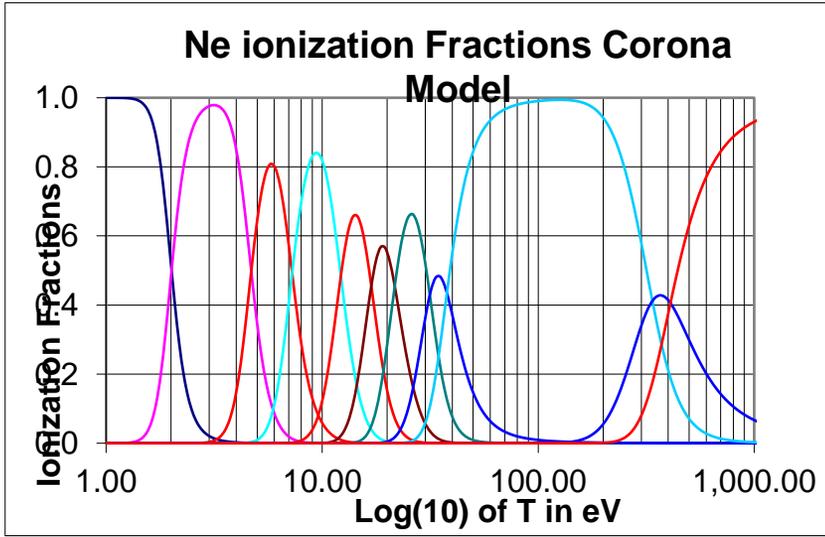
باستخدام (C4coronaNitrogen)

نلاحظ من الشكل (2):

- ازدياد الشحنة الفعالة مع ازدياد درجة الحرارة.
- ضمن المجال (1.48 , 1.76 eV) تبقى قيمة الشحنة الفعالة ثابتة وهي مقابلة لـ  $N^{+5}$ .
- أقصى قيمة  $Z_{eff} = 6.99$  تكون درجة الحرارة المقابلة لها  $2.73 eV$  حيث يتأين الأزوت بشكل كامل.
- قيمة  $Z_{eff}$  ضمن مجال درجة الحرارة المناسب لإصدار الأشعة السينية تقع ضمن المجال (5.05 – 6.64)

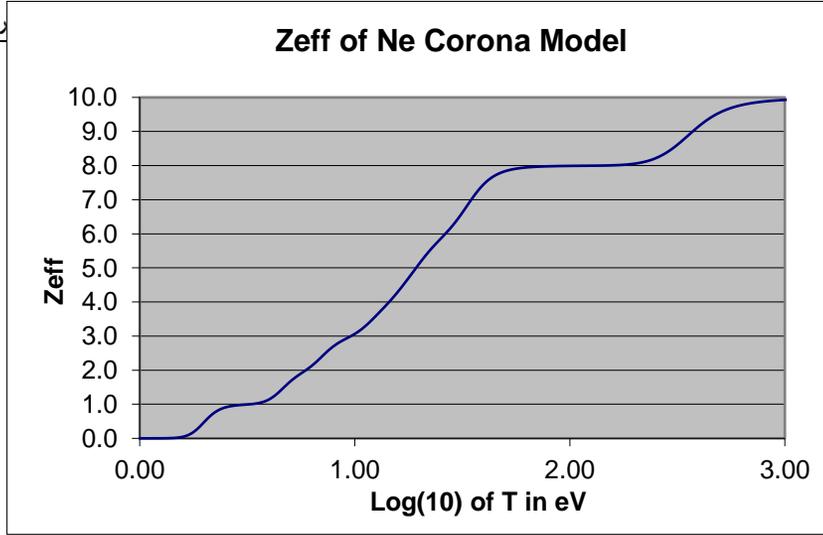
حساب وسطاء البلازما المحرقة لغاز النيون:

تم استخدام الكود (C2coronaNeon) من أجل الحصول على حالات تأيين غاز النتروجين وعدد الشحنة الفعالة ونسبة الحرارة النوعية وفق نموذج الهالة ( Corona Model) ضمن مجال درجة الحرارة ( $10^4\text{K} - 10^6\text{K}$ ) أو ( $0.86 - 837.63\text{ eV}$ ) وفق الأشكال الآتية:



الشكل (3) حالات تأيين النيون عند درجات حرارة مختلفة باستخدام  
(C2coronaNeon)

يوضح الشكل (3) حالات تأيين النيون كتابع لدرجة الحرارة وفق نموذج الهالة حيث يتضح أن مجال درجة الحرارة المناسب لتوليد الأيونات الشبيهة بالهيدروجين (H-like) والأيونات الشبيهة بالهيليوم (He-like) وبالتالي إصدار الأشعة السينية هو ( $200 - 500\text{ eV}$ ) ( $2.3 \times 10^6 - 5 \times 10^6\text{K}$ ).



الشكل (4): عدد الشحنة الفعالة للنيون عند درجات حرارة مختلفة باستخدام (C2coronaNeon)

نلاحظ من الشكل (4):

- الشكل ازدياد الشحنة الفعالة مع ازدياد درجة الحرارة.
- ضمن المجال (88.8 , 167 eV) تبقى قيمة الشحنة الفعالة ثابتة وهي مقابلة لـ  $Ne^{+8}$ .
- أقصى قيمة  $Z_{eff} = 6.99$  تكون درجة الحرارة المقابلة لها أكبر من 800 eV حيث يتأين النيون بشكل كامل.
- قيمة  $Z_{eff}$  ضمن مجال درجة الحرارة المناسب لإصدار الأشعة السينية تقع ضمن المجال (5.05 – 6.64).

تعطى علاقة مردود الأشعة السينية بالشكل [6]:

$$\frac{dQ_L}{dt} = -4.6 \times 10^{-31} N_i Z_{eff} Z_n^4 (\pi r_p^2) Z_f / T$$

نلاحظ أن المردود يتناسب طردياً مع كل من:

$Z_{eff}$  عدد الشحنة الفعالة

$Z_n$  العدد الذري للغاز المستخدم

$N_i$  كثافة الأيونات ضمن قبضة البلازما

$(\pi r_p^2) Z_f$  حجم قبضة البلازما المتشكلة

وعكساً مع درجة الحرارة  $T$

إيجاد مردود الأشعة السينية اللينة لبلازما الآزوت في جهاز البلازما المحرقة الكثيفة  
:PF400

تم استخدام برنامج Lee الاصدار (RADPFV5.15de 1) لتنفيذ سلسلة من التجارب العددية لمحاكاة الجهازين المدروسين وإيجاد بارامترات البلازما المحرقة ومردود الأشعة السينية اللينة الصادر ضمن مجال درجة الحرارة المناسب لكل من غاز الآزوت (جزئي) وغاز النيون (ذري) وكانت النتائج وفق الآتي:

تم إيجاد بارامترات بلازما الآزوت عند تغيير ضغط الغاز ضمن مجال درجة الحرارة المناسب لإصدار الأشعة السينية اللينة. حصلنا على النتائج الآتية:

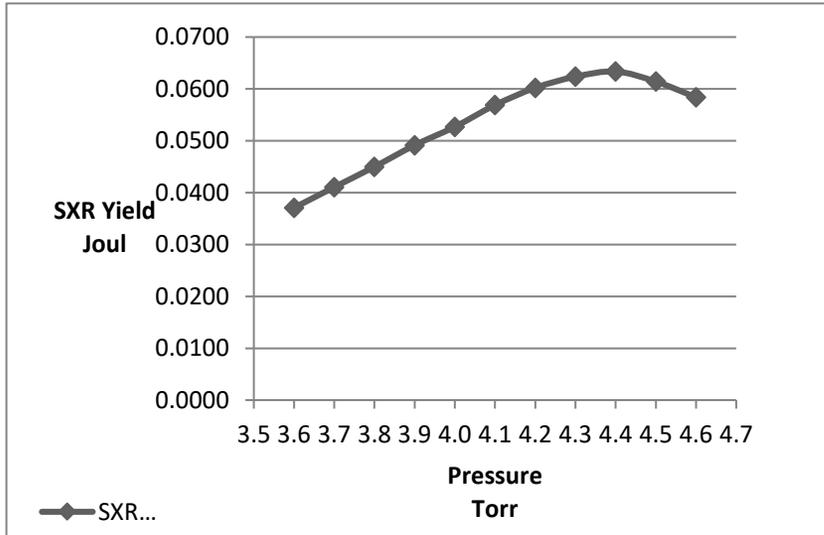
الجدول (1) دراسة تغييرات بارامترات البلازما المحرقة مع تغيير ضغط غاز الازوت في جهاز PF400

$P_o$ Torr	$T_{pinch}$ $10^6(K)$	$I_{peak}$ kA	$I_{pinch}$ kA	$v_a$ cm/ $\mu$ s	$v_s$ cm/ $\mu$ s	$v_p$ cm/ $\mu$ s	$Y_{srx}$ Joul
3.6	1.93	127	71	7.2	25.9	18.3	0.0371
3.7	1.85	127	70	7.1	25.4	18.0	0.0411
3.8	1.76	127	69	7.0	24.9	17.7	0.0450
3.9	1.68	127	68	6.9	24.4	17.3	0.0491
4.0	1.59	127	67	6.8	23.9	17.0	0.0527
4.1	1.51	127	66	6.7	23.5	16.7	0.0569
4.2	1.44	127	65	6.6	23.0	16.4	0.0602
4.3	1.36	127	64	6.5	22.5	16.1	0.0623
4.4	1.29	127	63	6.5	22.2	15.8	0.0634
4.5	1.22	127	62	6.4	21.7	15.5	0.0614
4.6	1.16	128	61	6.3	21.2	15.2	0.0584

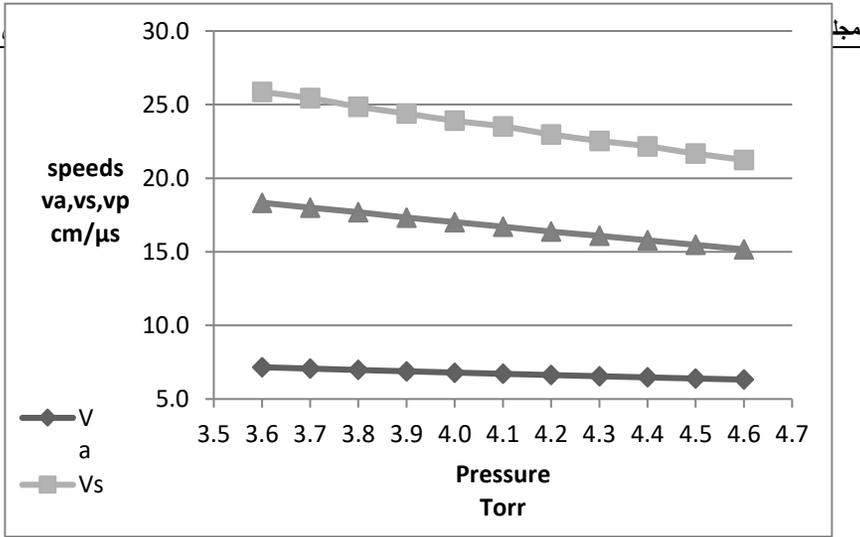
نلاحظ من النتائج:

تأثير اختلاف العدد الذري على مردود الأشعة السينية اللينة في جهاز البلازما المحرقة الكثيفة  
PF400

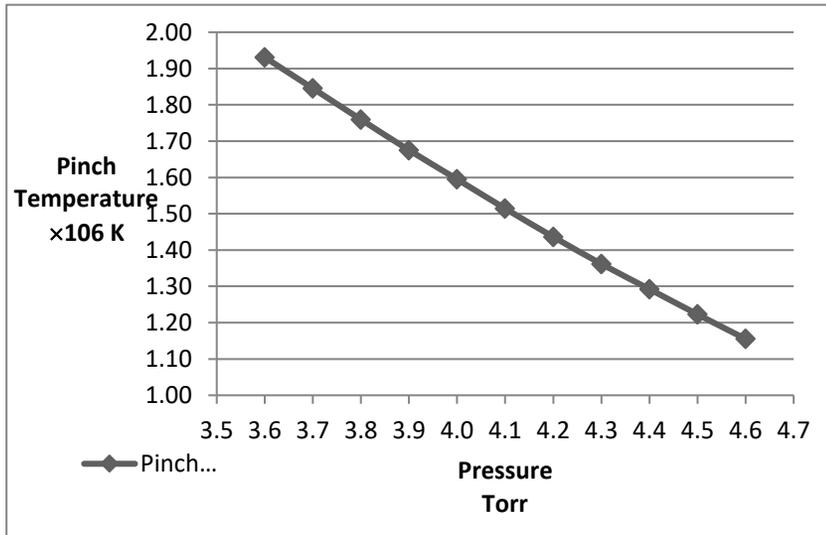
ازدياد قيمة مردود الأشعة السينية اللينة من 0.0371 عند قيمة الضغط 3.6 Torr ويصل إلى أعلى قيمة ل 0.0634 عند الضغط 4.4 Torr ثم ينخفض إلى 0.0584 عند الضغط 4.6 Torr الشكل (5) ، التناقص في المردود مع زيادة الضغط بسبب انخفاض قيم السرعات (المحورية  $V_a$ ، القطرية  $V_s$ ، سرعة المكبس المغناطيسي  $V_p$ ) الشكل (6) مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة البلازما إلى أقل من درجة الحرارة اللازمة لإصدار الأشعة السينية اللينة الشكل (7).



الشكل (5) تغير المردود مع تغير ضغط غاز الآزوت في جهاز PF400



الشكل (6) تغيير السرعات مع تغيير ضغط غاز الأزوت في جهاز PF400



الشكل (7) تغيير درجة حرارة القبضة مع تغيير ضغط غاز الأزوت في جهاز PF400

تأثير اختلاف العدد الذري على مردود الأشعة السينية اللينة في جهاز البلازما المحرقة الكثيفة

PF400

إيجاد مردود الأشعة السينية اللينة لبلازما النيون في جهاز البلازما المحرقة الكثيفة

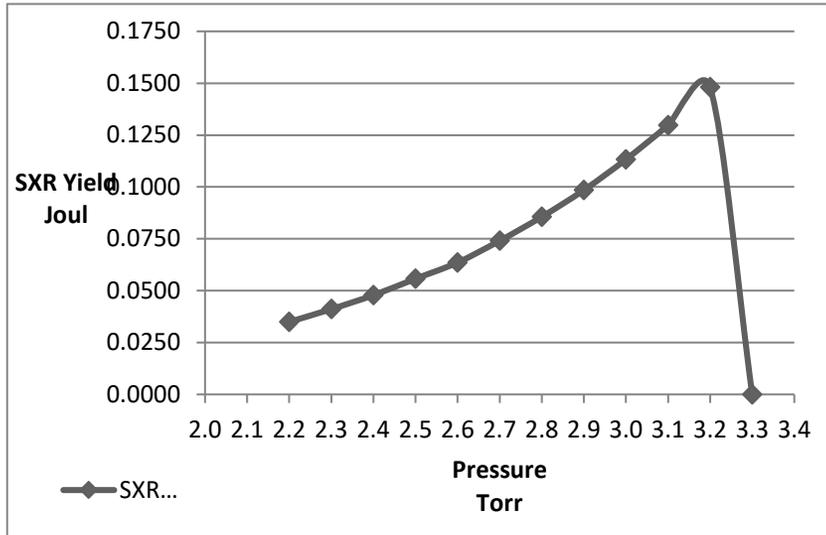
:PF400

الجدول (2) دراسة تغييرات بارامترات البلازما المحرقة مع تغيير ضغط غاز النيون

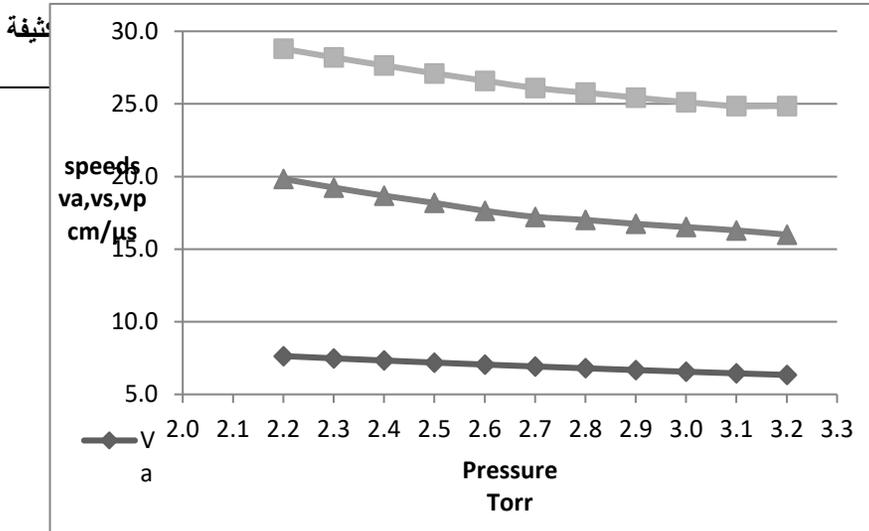
في جهاز PF400

$P_o$	$T_{pinch}$	$I_{peak}$	$I_{pinch}$	$v_a$	$v_s$	$v_p$	$Y_{srx}$
Torr	$10^6(K)$	kA	kA	cm/ $\mu$ s	cm/ $\mu$ s	cm/ $\mu$ s	Joul
2.2	4.95	127	75	7.6	28.8	19.8	0.0350
2.3	4.64	127	74	7.5	28.2	19.2	0.0411
2.4	4.35	127	72	7.3	27.6	18.7	0.0478
2.5	4.07	127	71	7.2	27.1	18.2	0.0558
2.6	3.82	127	70	7.1	26.6	17.6	0.0636
2.7	3.57	127	69	6.9	26.1	17.2	0.0740
2.8	3.33	127	67	6.8	25.8	17.0	0.0856
2.9	3.11	127	66	6.7	25.4	16.7	0.0985
3.0	2.89	127	64	6.6	25.1	16.5	0.1133
3.1	2.70	127	63	6.4	24.9	16.3	0.1297
3.2	2.51	128	61	6.3	24.9	16.0	0.1480

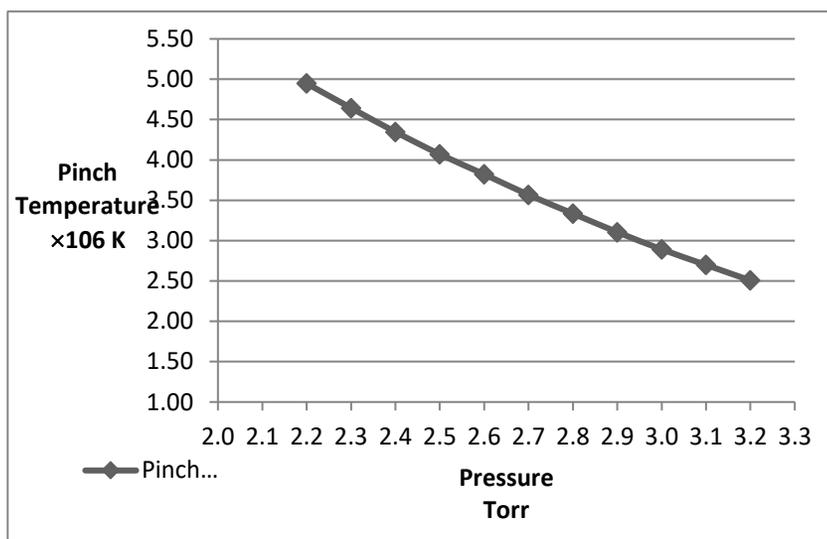
ازدياد قيمة مردود الأشعة السينية اللينة من 0.0350 عند قيمة الضغط 2.2 Torr ويصل إلى أعلى قيمة ل 0.1480 عند الضغط 3.2 Torr ثم ينخفض إلى الصفر الشكل (8) وذلك بسبب انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون درجة الحرارة اللازمة لإنتاج الأشعة السينية اللينة الشكل (10) وذلك بسبب انخفاض قيم السرعات (المحورية  $V_a$ , القطرية  $V_s$ , سرعة المكبس المغناطيسي  $V_p$ ) مع ازدياد ضغط غاز النيون الشكل (9)



الشكل (8) تغيّر المردود مع تغيّر ضغط غاز النيون في جهاز PF400

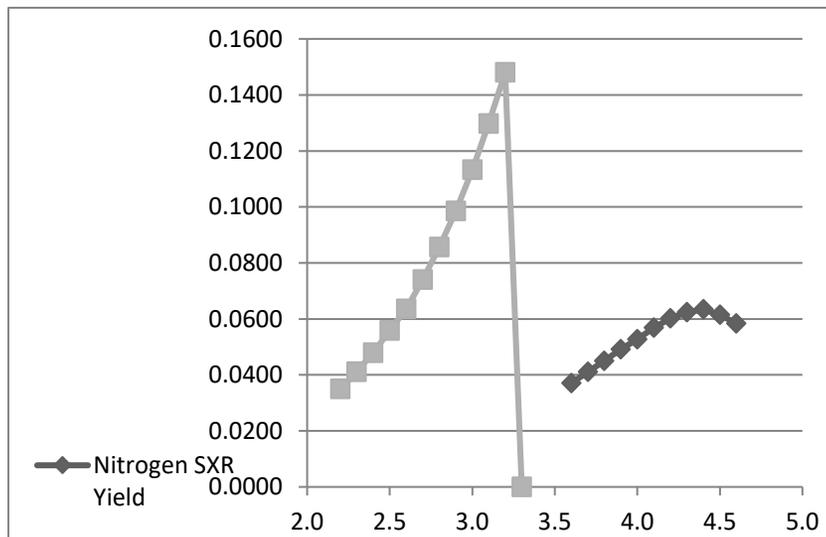


الشكل (9) تغير السرعات مع تغير ضغط غاز النيون في جهاز PF400



الشكل (10) تغير درجة حرارة القبضة مع تغير ضغط غاز النيون في جهاز PF400

## المقارنة بين مردود الأشعة السينية الصادر عن الجهاز PF400 لكل من الغازين النيون والازوت:



### الشكل (11) مردود الأشعة السينية اللينة للآزوت والنيون في جهاز PF400

نلاحظ من الشكل (11) أن مردود الأشعة السينية اللينة عند استخدام غاز النيون أعلى منه في حالة الآزوت لذلك تمت مناقشة العوامل المؤثرة على قيمة المردود وفق الآتي:

$$1- \text{ عدد الشحنة الفعالة في حالة النيون أكبر } Z_{eff/neon} \approx 9, Z_{eff/nitrogen} \approx 6$$

2- يتضح من علاقة المردود أنه يزداد مع ازدياد حجم قبضة البلازما المتشكلة في قمة المصعد لذلك وبالاستفادة من التجارب العددية التي تم إجراؤها تم إيجاد أبعاد (نصف القطر  $a_{min}$  ، طول القبضة  $Z_{max}$ ) قبضة البلازما للغازين المدروسين كما هو موضح في الجدولين (3) و (4):

الجدول (4): أبعاد قبضة بلازما النيون

$P_o$	$z_{max}$	$a_{min}$
Torr	(cm)	(cm)
2.2	0.8	0.07
2.3	0.8	0.07
2.4	0.8	0.07
2.5	0.8	0.07
2.6	0.8	0.07
2.7	0.8	0.07
2.8	0.8	0.07
2.9	0.8	0.07
3.0	0.8	0.07
3.1	0.8	0.07
3.2	0.8	0.07

الجدول (3): أبعاد قبضة بلازما الآزوت

$P_o$	$z_{max}$	$a_{min}$
Torr	(cm)	(cm)
3.6	0.9	0.06
3.7	0.9	0.06
3.8	0.9	0.07
3.9	0.9	0.07
4.0	0.8	0.07
4.1	0.8	0.07
4.2	0.8	0.06
4.3	0.8	0.06
4.4	0.8	0.06
4.5	0.8	0.06
4.6	0.8	0.06

بمقارنة حجم القبضة في حالة الغازين نلاحظ أن حجم قبضة البلازما المتشكل تقريباً نفسه وبالتالي لا يوجد تأثير ملحوظ لحجم القبضة على اختلاف مردود الأشعة السينية اللينة.

3 تم مقارنة كثافة الأيونات ضمن قبضة البلازما كما هو موضح في الجدولين (5) و (6):

الجدول (5) : كثافة الأيونات قبضة بلازما الآزوت الجدول (6):كثافة الأيونات قبضة بلازما النيون

P <sub>o</sub> Torr	n <sub>i</sub> (10 <sup>23</sup> )/m <sup>3</sup>
2.2	2.9
2.3	3.0
2.4	3.1
2.5	3.2
2.6	3.4
2.7	3.5
2.8	3.7
2.9	3.8
3.0	4.0
3.1	4.2
3.2	4.4

P <sub>o</sub> Torr	n <sub>i</sub> (10 <sup>23</sup> )/m <sup>3</sup>
3.6	4.3
3.7	4.3
3.8	4.4
3.9	4.5
4.0	4.6
4.1	4.7
4.2	4.9
4.3	5.0
4.4	5.1
4.5	5.3
4.6	5.4

نلاحظ أن كثافة أيونات الآزوت أعلى ولكن هذا العامل وحده لا يكفي ليكون مردود بلازما الآزوت أعلى.

4- من مجال درجة الحرارة المناسب لإصدار الأشعة السينية اللينة في الغازين المدروسين نلاحظ درجة الحرارة اللازمة لإصدار الأشعة السينية اللينة في حالة النيون أقل مما يؤدي إلى ازدياد قيمة المردود.

5- العدد الذري للنيون أكبر مما يؤدي إلى ازدياد قيمة المردود.

نستنتج تأثير العدد الذري المرتفع لغاز النيون وقيمة شحنته الفعالة مقارنة مع الآزوت بالإضافة إلى مجال درجة الحرارة المناسب لإصدار الأشعة السينية اللينة المنخفض أدى إلى زيادة قيمة المردود في حالة النيون بكفاءة تصل إلى (0.037%) مقارنة مع (0.015%) في حالة الآزوت.

#### الاستنتاجات

- من النتائج التي تم التوصل إليها تبين أن مردود الأشعة السينية اللينة في حالة غاز النيون (ذري) كان أكبر وذلك بسبب ازدياد قيمة الشحنة الفعالة وقيمة العدد الذري.
- إن مجال درجة الحرارة لإصدار الأشعة السينية اللينة في حالة غاز النيون أسهم في زيادة المردود.
- أظهرت نتائج الدراسة أن حجم قبضة البلازما المتشكل لم يؤثر على مردود الأشعة السينية اللينة حيث كان متساوي تقريباً في حالة الغازين المدروسين.

#### المراجع المستخدمة

- [1] Lee, S. (2014). **Plasma focus radiative model: Review of the Lee model code.** *Journal of Fusion Energy*, 33(4), 319–335.
- [2] Al-Hawat, S., & Saloum, S. (2009). **Characterization of a 2.8 kJ small plasma focus using a five phase radiative model.** *Contributions to Plasma Physics*, 49(1-2), 5–14.
- [3] Liu, M. (1996). **Soft X-rays from compact plasma focus** (Doctoral dissertation).
- [4] Sh. Al-Hawat and S. Saloum, *Contrib. Plasma Phys.*, **49**, No. 1–2, 5–14 (2009)
- [5] Zakauallah, M., Alamgir, K., Shafiq, M., Hassan, S. M., Sharif, M., & Waheed, A. (2001). **Enhanced copper K-alpha radiation from a low-energy plasma focus.** *Applied Physics Letters*, 78(7), 877–879.
- [6] Sahyouni, W., & Nassif, A. (2020). **Nitrogen Soft X-Ray Yield Optimization from UNU/ICTP PFF Plasma Focus Device.** *Am J Mod Phys*, 8(6), 86.
- [7] Akel, M. (2012). **Numerical experiments on plasma focus for soft x-ray yield scaling laws derivation using Lee model** (No. AECS-PH/RSS--993). Atomic Energy Commission.
- [8] Al-Hawat, S., Akel, M., & Wong, C. S. (2011). **X-ray emission from argon plasma focus contaminated with copper**

**impurities in AECS PF-2 using five channel diode**

**spectrometer.** *Journal of fusion energy*, 30(6), 503–508.

[9] Akel, M., & Salo, S. (2013). **Numerical Study of Radiation Emissions from the Plasma Focus** (No. AECS-PH/RSS--1046). Atomic Energy Commission

[10] Behbahani, R. A., & Aghamir, F. M. (2011). **Anomalous resistivity effect on multiple ion beam emission and hard x-ray generation in a Mather type plasma focus device.** *Physics of Plasmas*, 18(10), 103302

[11] F.M. Aghanir and R.A. Behbahani, *Journal of Applied Physics* 109, 043301 (2011)

[12] Lee, S., & Saw, S. H. (2008). **Neutron scaling laws from numerical experiments.** *Journal of fusion energy*, 27(4), 292–295.

[13] Zhang, T., Rawat, R. S., Hassan, S. M., Lin, J. J., Mahmood, S., Tan, T. L., ... & Lee, S. (2006). **Drive parameter as a design consideration for Mather and Filippov types of plasma focus.** *IEEE transactions on plasma science*, 34(5), 2356–2362

[14] Kaastra, J. S., Paerels, F. B. S., Durret, F., Schindler, S., & Richter, P. (2008). **Thermal radiation processes.** In *Clusters of Galaxies* (pp. 155–190). Springer, New York, NY.

## اصطناع مركب كوبالتات الزنك $ZnCo_2O_4$ بطريقة الـ Sol-Gel ودراسة خصائصه البنيوية

أريج يوسف\*، إبراهيم أسعد اسماعيل\*\*

### ملخص البحث

تم في هذا البحث تحضير مركب كوبالتات الزنك  $ZnCo_2O_4$  بطريقة الـ Sol-Gel انطلاقاً من ملح كبريتات الكوبالت ونيترات الزنك باستخدام البكتين كمثبت. تم حرق العينات عند درجات حرارة مختلفة بين  $(400 - 1000^\circ C)$  لتحديد درجة الحرارة الأفضل للحصول على البلورات المطلوبة. درست الخصائص البنيوية للأكسيد المحضّر باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) وجهاز التحليل الحراري التفاضلي (DTA)، ومطيافية تحت الأحمر (IR). حيث تم تحديد درجة حرارة الاصطناع عند  $700^\circ C$ . بينت دراسة مخططات انعراج الأشعة السينية أن المركب يتبلور وفق بنية بلورية مكعبية متمركزة الوجوه FCC من نمط السباينل ومجموعة تناظر فراغية S.G هي  $Fd3m$ . كما أظهرت منحنيات التحليل الحراري التفاضلي وجود أربع آثار حرارية آخرها عند الدرجة  $750^\circ C$  الذي يدل على اكتمال تشكل المركب. يؤكد مخطط الطيف تحت الأحمر (IR) الحصول على المركب المطلوب من خلال القمم العائدة لاهتزازات الروابط (Co-O) و (Zn-O).

كلمات مفتاحية : كوبالتات الزنك ،  $ZnCo_2O_4$  ، Sol-Gel ، أكسيد مختلط.

(\* طالبة دكتوراة في الكيمياء اللاعضوية - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا.

(\*\* أستاذ دكتور في الكيمياء اللاعضوية - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا.

## Preparing of Zinc Cobaltite $ZnCo_2O_4$ by Sol-gel method and studying of its structural properties

Areej Yousef\*, Ibrahim Ismaeel\*\*

### Abstract

In this research, zinc cobaltite compound was prepared started of cobalt sulfate  $CoSO_4 \cdot 7H_2O$  and zinc nitrate by sol-gel method. Using pectine as a stabilizer. The prepared samples were calcinated at different temperatures range ( $400-1000^\circ C$ ) to determine the synthesis optimum temperature. The compositional properties of synthesis compounds were studied by X-ray diffraction (XRD) technique, Differential thermal analysis (DTA), Fourier transform infra-Red spectroscopy (FT-IR). Optimum synthesis temperature was determined at  $700^\circ C$ . X-ray diffraction patterns showed that the  $ZnCo_2O_4$  spinel was crystalline with a face-centered cubic crystal (FCC) and belongs to  $Fd3m$  space group. The thermal characteristic shows four effects the last one explain formation of the compound. The IR spectroscopy encourage our results during the bonding vibrations of Co-O, Zn-O

**Keywords:** zinc cobaltite,  $ZnCo_2O_4$ , sol-gel, mixed oxide.

\*) PHD Student, Department of chemistry-Faculty of science-Al-baath university Homs-Syria.

\*\*\*) professor of inorganic chemistry , Department of chemistry -Faculty of science-Al-baath university Homs-Syria.

## 1. مقدمة:

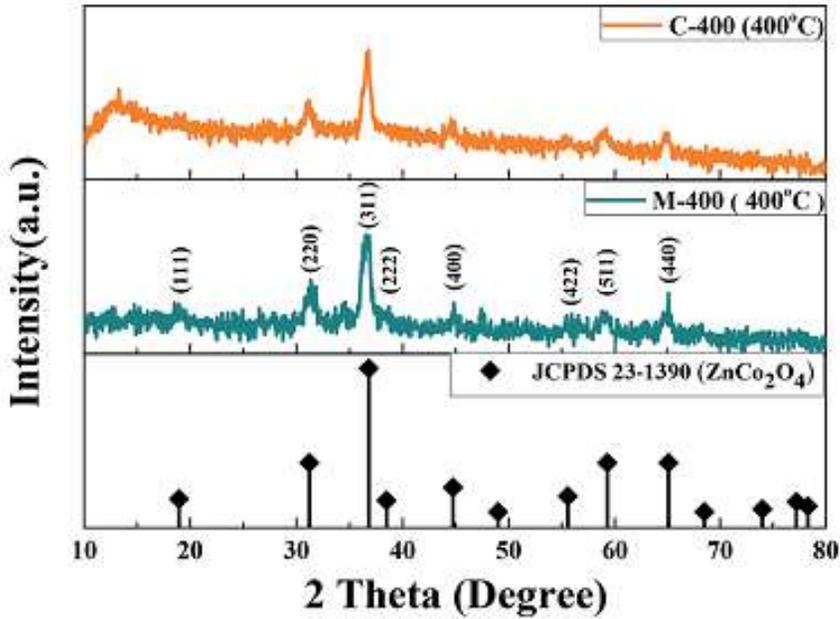
إن التطور التقني الهائل في كل أنحاء العالم مشروط بالحاجة المستمرة إلى مواد جديدة بمواصفات فيزيائية وكيميائية مميزة وقابلة للعمل في شروط معينة. حيث إن أي مجال من مجالات التقنية المعاصرة يحتاج للتعامل بشكل أو بآخر مع المواد التي تملك مواصفات ميكانيكية وكهربائية وحرارية وضوئية ومغناطيسية مختلفة، وبهذا تزداد الحاجة دائماً إلى اصطناع مواد جديدة تمتاز بخصائص معروفة سابقاً كما يسمى في علم المواد الاصطناع الموجه (أي معرفة المواصفات المختلفة للمادة قبل اصطناعها) وذلك اعتماداً على البنية البلورية التي ستأخذها المادة فرضياً وهنا لابد من معرفة الظروف النموذجية للاصطناع والحصول على هذه المواد أي معرفة طريقة الاصطناع والتحكم بها.

شهدت السنوات الأخيرة موجة من النشاط البحثي في مجال تصنيع أحجام وأشكال مختلفة من جزيئات المعادن النانوية، حيث تتمتع جسيمات هذه المواد بالعديد من الخصائص البصرية والالكترونية والمغناطيسية والكيميائية المثيرة للاهتمام [1]، والتي جعلتها ذات أهمية كبيرة في تطبيقات صناعية عديدة كأجهزة الاستشعار الكهركيميائية للكشف عن الغازات والمعالجة البيئية، والالكترونيات الضوئية، وأجهزة النانو، وتخزين المعلومات، والحفز والعديد من التطبيقات الأخرى [2-6].

تلعب الأكاسيد المختلطة وأكاسيد المعادن دوراً محورياً في هذا المجال وتتميز الأكاسيد المختلطة عن باقي الأكاسيد بنظام تبلور ثنائي المعدن مما يعطيها خصائص فريدة عند مقارنتها مع أكاسيد المعادن المفردة، تتعدد أنماط تبلور هذه المركبات فنجد السباينيل Spinel والبروفسكايت Perovskite والشيليت Chilete وغيرها من الأنماط المختلفة [7]، ومن بين هذه الأنماط تظهر الكوبالتات ( $MC_2O_4$ ) كواحدة من الأكاسيد المختلطة ذات نمط تبلور السباينيل والذي يظهر العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية الفريدة من نوعها بجانب الخصائص الحرارية والميكانيكية [8] وسنستعرض فيما يلي بعض الدراسات والأبحاث العلمية

التي تم فيها اصطناع الجمل الحاوية على أكسيد الكوبالت وأكسيد أحد المعادن الانتقالية.

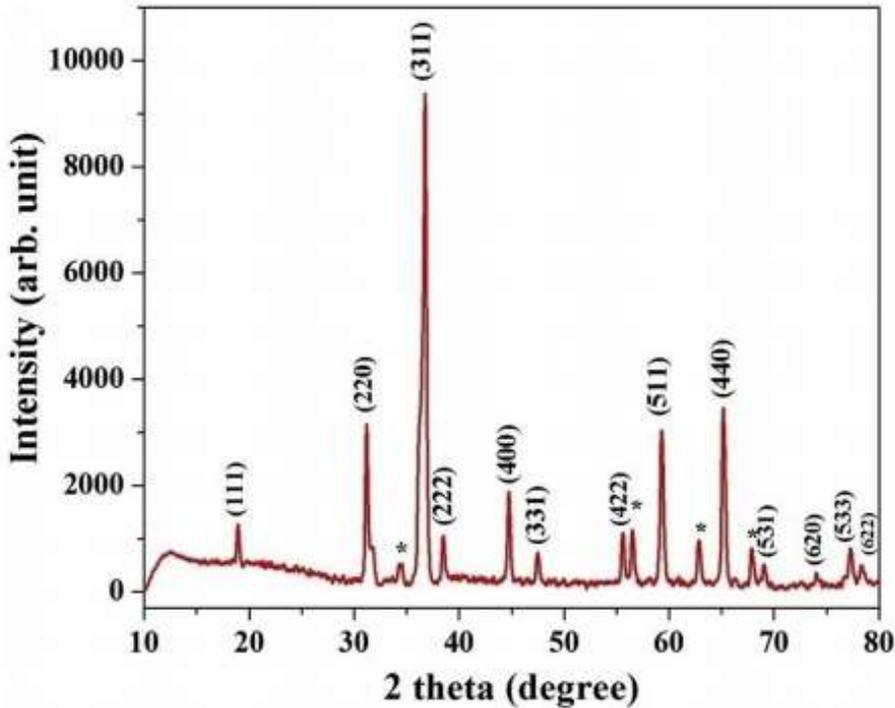
حيث حضر المركب ( $ZnCo_2O_4$ ) من قبل الباحث (G.H. Shih, 2017) بالطريقة الهيدروحرارية انطلاقاً من نترات الزنك المائية ونترات الكوبالت بوجود حمض الأزوت المركز، حيث عولج المزيج بهيدروكسيد الأمونيوم لضبط قيمة (pH=7) ثم نقل الى إلى مفاعل مغلق ووضع في فرن الميكروويف للتسخين عند درجة حرارة ( $190^\circ$ ) لمدة (15min) ليحصل الباحث على راسب بلون وردي يرشح ويجفف عند درجة حرارة ( $80^\circ$ ) رمد المركب بعدها عند الدرجة ( $400^\circ$ ) مدة ثمان ساعات وتم توصيف الناتج باستخدام تقنية (XRD) ويبين الشكل التالي المخطط الناتج [9].



شكل(1) مخططات XRD لمركب كوبالتات الزنك المحضر بطريقة الـ Sol-gel

كما قام الباحث (L.S. Lobo,2019) بتحضير كوبالتات الزنك بطريقة الـ (Sol-gel) انطلاقاً من خلاات الزنك وخلاات الكوبالت بوجود مثبت الغلايسين وهو

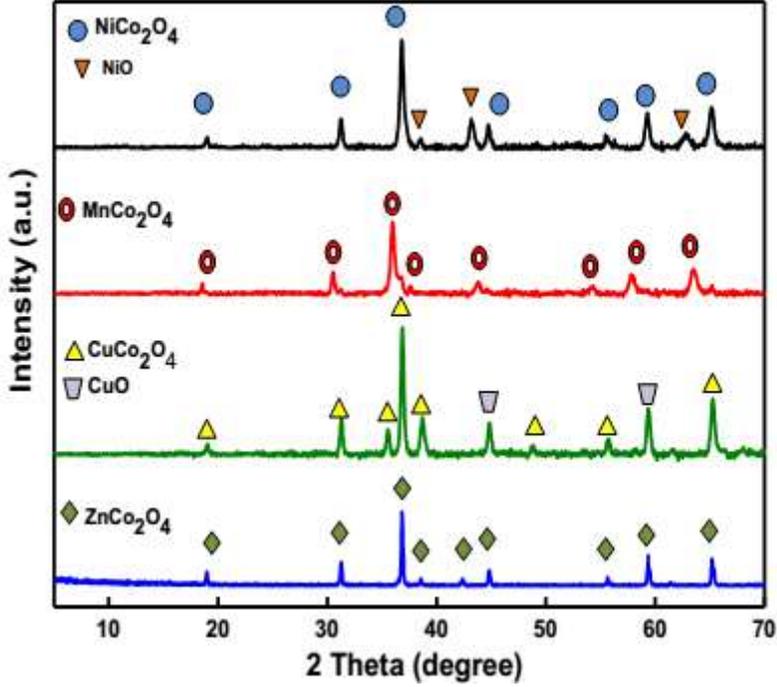
حمض أميني وفق النسب المولية التالية (6.17:2:1)، حُلّت هذه المواد بالماء المقطر وأضيف الغلايسين بالتقسيط مع التحريك عند درجة حرارة (60°) وبعد تجانس الجل جفف عند درجة حرارة (120°) لمدة (12) ساعة ثم رمد عند الدرجة (300°) مدة ثلاث ساعات، أعيد طحن المركب الناتج ثم سخن باستخدام فرن الميكرويف حتى الدرجة (800°) مدة ساعة واحدة لينتج مركب كوبالتات الزنك الذي تم توصيفه باستخدام تقنية الـ (X-Ray) ويظهر الشكل التالي المخطط الناتج [10].



شكل (2) مخطط XRD لمركب  $ZnCo_2O_4$  المحضر بطريقة الـ Sol-gel بوجود مثبت الغلايسين

كما حضرت كوبالتات المعادن (M = Zn, Ni, Mn and Cu) من نمط السباينل بطريقة الـ (Sol-gel) انطلاقاً من نترات الكوبالت المائية ونترات المعادن المائية باستخدام مثبت حمض الستريك. تم ترشيح الجل المتشكل وتجفيفه عند الدرجة

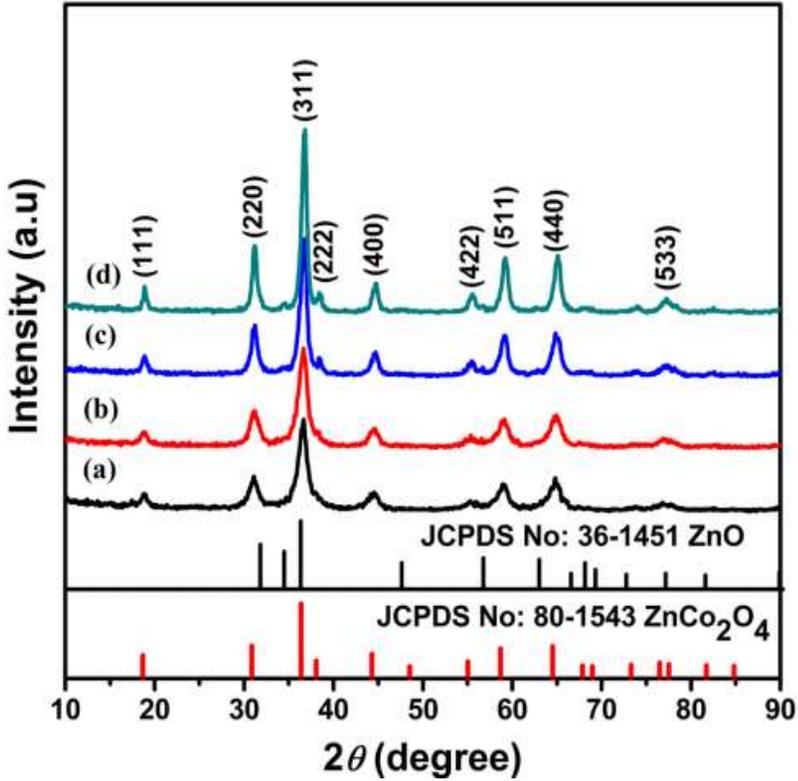
(110°) ثم ترميدة عند الدرجة (550°) مدة خمس ساعات ويبين الشكل التالي مخططات انعراج الأشعة السينية للمركبات المحضرة [11].



شكل (3) مخططات XRD للمركب  $MCo_2O_4$  حيث (M=Zn,Cu,Mn,Ni) المحضرة بطريقة الـ Sol-gel

قام (Xiao.X.2017) وآخرون بتصنيع كوبالتات الزنك بطريقة الترسيب المشترك وذلك بإذابة كمية من نترات الزنك المائية ونترات الكوبالت المائية في (80ml) من الماء المقطر ثم إضافة (24ml) من محلول اكزالات الصوديوم المشبع واستمرار التحريك مدة ساعتين، تم غسل الراسب الوردي المتشكل عدة مرات باستخدام الماء المقطر والايثانول وتجفيفه عند الدرجة  $60^{\circ}C$  طوال الليل ثم ترميده عند درجات حرارة مختلفة (400-350-300-250) مدة ساعتين وتوصيف الراسب الأسود المتشكل باستخدام جهاز انعراج الأشعة السينية، حيث أظهرت المخططات أن جميع قمم الانعراج تعود إلى

تشكل السباينل وان القمم تصبح حادة بشكل متزايد مع ارتفاع درجة حرارة الترميد مما يؤدي إلى تبلور أفضل وحجم حبيبات أكبر والشكل التالي يوضح المخطط الناتج [12]



شكل (4) مخطط (XRD) لجملة كوبالتات الزنك المحضرة بطريقة الترسيب المشترك حيث

a) 250°C    b) 300°C    c) 350°C    d) 400°C

## 2. هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحضير المركب ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> بطريقة الـ Sol-Gel بدءاً من محاليل كبريتات الكوبالت ونترات الزنك. واستخدام البكتين كمثبت ومن ثم دراسة بنيته البلورية والتغيرات البنيوية التي تطرأ على الجملة أثناء الحرق في محاولة لتحضير هذا المركب وفق أفضل الصفات وبأقل التكاليف الممكنة.

### 3. الجزء العملي:

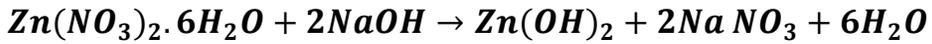
#### 1.3. الأجهزة والمواد المستخدمة:

- ميزان تحليلي حساس بدقة 0.0001gr.
  - أدوات زجاجية مختلفة.
  - هاون عقيق لطحن العينات وبيوتقات خزفية تتحمل درجات حرارة عالية.
  - مرمدة لحرق العينات من شركة (Carbolite) يصل مجالها حتى الدرجة  $1100^{\circ}C$ .
  - جهاز انعراج الأشعة السينية X-Ray Powder Diffractometer (PW 1840) ذو مصعد من الكوبالت Co بطول موجة  $\lambda = 1.7889\text{\AA}$  إنتاج شركة (PHILIPS)- جامعة البعث.
  - جهاز التحليل الحراري التفاضلي (Differential Thermal Analysis) وهو من نوع Shimadzu- جامعة تشرين.
  - جهاز طيف ماتحت الأحمر IR-spectrometer من شركة Jasco- جامعة البعث
  - مواد كيميائية نقية: كبريتات الكوبالت المائي  $CoSO_4 \cdot 7H_2O$  97%، نترات الزنك  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  98%، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، البكتين
- 2.3. طريقة العمل:

تم تحضير المركب باستخدام طريقة الـ (Sol-gel) و التي تتضمن عدة مراحل تشمل حلمهة مركبات المعادن المستخدمة (تشكيل الـ Sol)، تكثيف وبلمره المركبات المحلمهة (تشكيل الـ Gel)، نمو الجل، التجفيف و الحرق و من ميزات هذه الطريقة الحصول على بلورات متجانسة تماماً و يعزى هذا التجانس إلى مرحلة نمو الجل، بالإضافة الى إمكانية التحضير عند درجات حرارة منخفضة.

### 2.3.1. تحضير هيدروكسيد الزنك:

تم تحضير هيدروكسيد الزنك انطلاقاً من ملح نترات الزنك المائية وهيدروكسيد الصوديوم وفق المعادلة الاستوكومترية الآتية:



حيث قمنا بتحضير محلول نترات الزنك بتركيز (0.1M) وذلك بإذابة (3.0354g) منها في (100ml) من الماء المقطر، وكذلك محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز (0.2M) بإذابة (0.8g) منه في (100ml) من الماء المقطر، ثم قمنا بمزج المحلولين معا بواسطة محرك مغناطيسي وبدرجة حرارة الغرفة فتشكل راسب أبيض من هيدروكسيد الزنك استمرت عملية التحريك حوالي النصف ساعة تم قمنا بفصل الراسب المتشكل بالترشيح وغسلة عدة مرات باستخدام الماء المقطر.

### 2.3.2. تحضير هيدروكسيد الكوبالت:

بنفس الطريقة السابقة قمنا بتحضير هيدروكسيد الكوبالت انطلاقاً من ملح كبريتات الكوبالت المائي وفق المعادلة الاستوكومترية التالية:

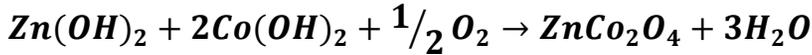


حيث قمنا بتحضير محلول كبريتات الكوبالت بتركيز (0.2M) وذلك بإذابة (5.7959g) منه في (100ml) من الماء المقطر، وكذلك محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز (0.4M) بإذابة (1.6g) منه في (100ml) من الماء المقطر، ثم قمنا بمزج المحلولين

معا بواسطة محرك مغناطيسي بدرجة حرارة الغرفة فتشكل راسب أخضر مزرق من هيدروكسيد الكوبالت واستمرت عملية التحريك حوالي النصف ساعة ثم قمنا بفصل الراسب المتشكل بالترشيح وغسلة عدة مرات باستخدام الماء المقطر.

### 2.3.3. مزج الهيدروكسيدين المحضرين بوجود عامل تثبيت:

قمنا بمزج الهيدروكسيديات المحضرة وفق نسبة مولية قدرها (1:2) (Zn:Co) وهي النسبة التي تؤدي إلى تشكل كوبالتات الزنك بناء على المعادلة الكيميائية التالية:



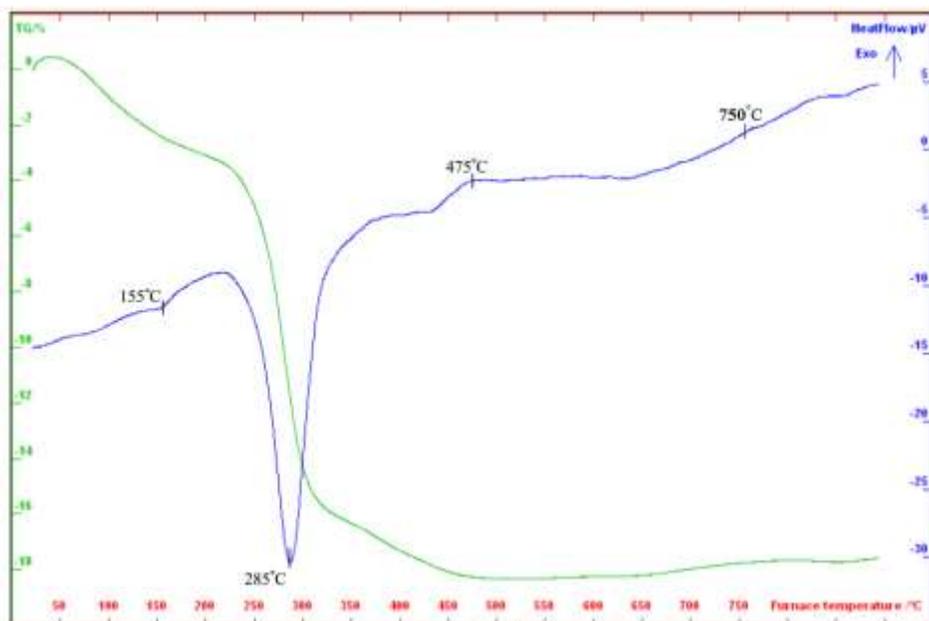
حركنا المزيج جيداً لمدة 15 دقيقة بدرجة حرارة الغرفة فحصلنا على مزيج متجانس من الجملة. ثم أضفنا 10ml من البكتين بتركيز  $5g.l^{-1}$  كعامل تثبيت للجملة المحضرة، ثم رشحنا الجل المتشكل وجففناه عند الدرجة  $105^\circ C$ . ومن ثم تم حرقه عند درجات حرارة مختلفة (400-500-600-700-800-900-1000) مدة ست ساعات.

## 4. النتائج والمناقشة:

### 4.1. دراسة السلوك الحراري باستخدام تقنية (TG-DTA):

عندما يتم تسخين المركب فإنه يخضع لتفاعلات كيميائية وتغيرات فيزيائية ينطوى عليها امتصاص أو نشر للحرارة لذلك كان من الضروري قبل البدء بترميز العينة المحضرة القيام بدراسة السلوك الحراري لها باستخدام جهاز التحليل الحراري التفاضلي حيث تعطي هذه الدراسة فكرة عن التغيرات الحرارية للمركب أثناء ترميده، يبين المنحني التالي السلوك الحراري للمركب حيث تم المسح في مجال درجات الحرارة ( $0-900^\circ C$ ) يظهر المنحني أول قمة عند الدرجة ( $151^\circ C$ ) وهي ماصة للحرارة تعود لخسارة الماء الفيزيائي، أما

القمة الثانية عند الدرجة (285°C) وهي ماصة للحرارة أيضا وتعود لتفكك المثبت وبترافق ذلك بانخفاض ملحوظ في الوزن. القمة الناشئة للحرارة عند الدرجة (475°C) مع ثبات الوزن تعود لبدء تشكل نمط بلوري للمركب، والقمة الناشئة عند الدرجة (750°C) تعود إلى اكتمال تشكل المركب.



شكل (5) منحنى التحليل الحراري التفاضلي لعينة  $ZnCo_2O_4$  المحضرة بطريقة السول جل

الجدول التالي يوضح تفسير امتصاصات منحنى الـ (DTA) لجملة كوبالتات الزنك المحضرة قبل الترميد.

جدول (1) تفسير امتصاصات منحنى الـ (DTA) لجملة كوبالتات الزنك قبل الترميد

المركب	DTA peak	نوعها	التفسير
$ZnCo_2O_4$	155°C	Endo	نزع جزيئات ماء التبلور

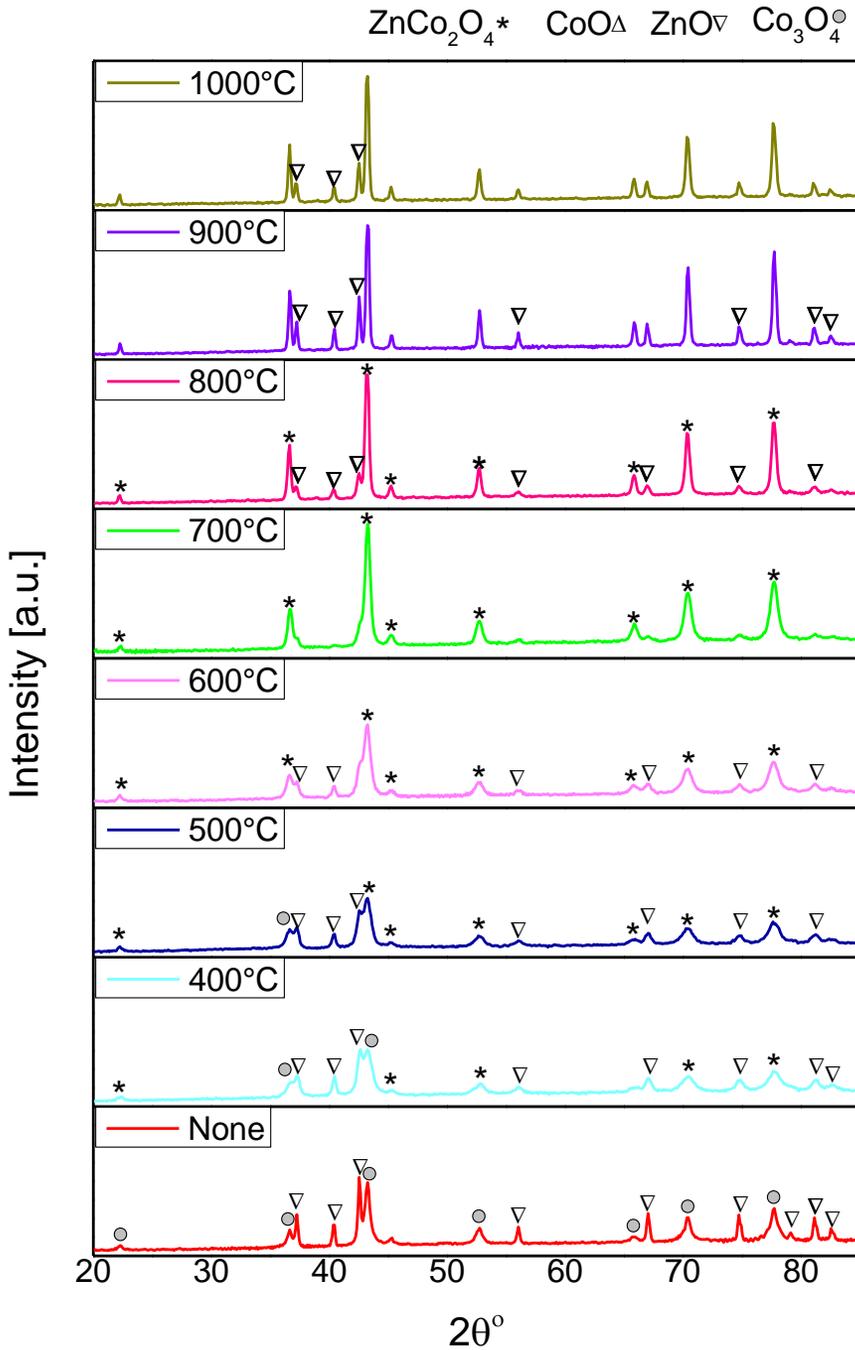
	285°C	Endo	تفكك المثبت العضوي
	475°C	Exo	بداية تشكل الكوبالتات
	750°C	Exo	اكتمال تشكل الكوبالتات

#### 4.2. تحديد درجة الاصطناع المثلى باستخدام تقنية (XRD):

طالما أن التفاعل في الحالة الصلبة والذي يختلف بطبيعته عن التفاعلات في الحالات الأخرى كونه يحصل بطريقة النفاذية أو الانتشار (diffusion) فلا بد من إعطاء كل من الزمن ودرجة الحرارة الأهمية البالغة بهذا المضمار بالإضافة إلى أن النفاذية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالبنية والمسامات والقنوات المتشكلة.

تبين مخططات الانعراج الأشعة السينية للمركب المراد الحصول عليه  $ZnCo_2O_4$  أن التفاعل بشكل حالة بلورية بدأ بشكل طفيف في الدرجة 400°C، حيث يتشكل جزء بسيطاً من المركب مع وجود قمم تعود للمواد الأولية وهذا دليل على أن التفاعل لم يكتمل، بالإضافة إلى بعض القمم التي تنسب إلى بعض التحولات الطورية للأكاسيد المشاركة في الاصطناع برفع درجة الحرارة إلى 500°C نلاحظ تحسناً في مخطط الانعراج وأصبحت القمم أكثر حدة ووضوحاً لكن التفاعل لم يكتمل بعد، وباستمرارية رفع درجة الحرارة نلاحظ تغيراً واضحاً في مخططات الانعراج إذ أن القمم العائدة للمركب تزداد حدة ووضوحاً بينما القمم العائدة للمواد الأولية تكاد تختفي إلى أن وصلت درجة الحرارة إلى 700°C حيث لوحظ اختفاء القمم العائدة للأكاسيد الأولية وأصبحت قمم المركب المراد الحصول عليه واضحة تماماً وهذا دليل قاطع على إتمام عملية التفاعل بالحالة الصلبة. وباستمرار رفع درجة الحرارة لاحظنا عودة ظهور بعض القمم العائدة

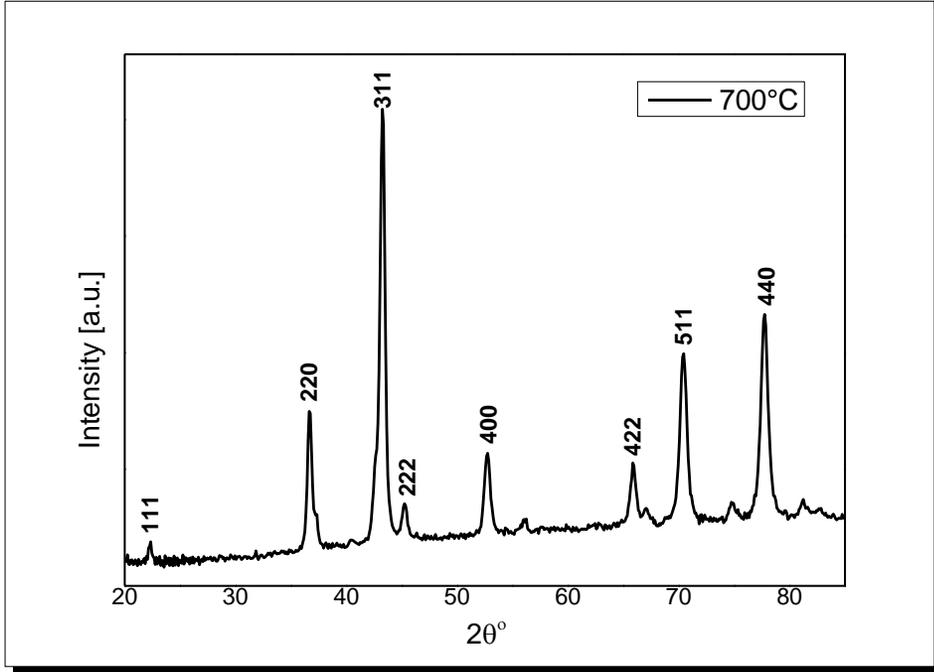
للأكاسيد الأولية أي يمكن القول هنا أن المركب بعد الدرجة  $700^{\circ}\text{C}$  بدأ بالتفكك، وهكذا تكون هذه الدرجة هي الدرجة المثلى لاصطناع المركب المطلوب. يبين الشكل التالي مخطط انعراج الأشعة السينية للمركبات المحضرة والمرمدة عند درجات حرارة مختلفة مدة ست ساعات.



شكل (6) مخططات انعراج الأشعة السينية لمركب  $ZnCo_2O_4$  عند درجات حرارة مختلفة.

### 4.3. دراسة الخصائص البلورية للمركب $ZnCo_2O_4$ :

يبين الشكل التالي مخطط انعراج السينية للمركب  $ZnCo_2O_4$  المحضر بطريقة الـ sol-gel والمرمد عند درجة الحرارة  $700^\circ C$  مدة ست ساعات، حيث قمنا بمعالجة المخطط الطيفي لهذا المركب كما يلي:



شكل (7) مخطط انعراج الأشعة السينية للمركب  $ZnCo_2O_4$  المحضر بطريقة الـ Sol-gel والمرمد عند الدرجة  $700^\circ C$  مدة ست ساعات

بالاعتماد على قانون براغ في الانعراج عن الشبكات البلورية  $n\lambda = 2d\sin\theta$  تم حساب قيم  $d$  بالأخذ بعين الاعتبار أن طول الموجه  $\lambda_{Co} = 1.7889 \text{ \AA}$  العائدة لمهبط الكوبالت ولسهولة الحساب والتعامل السلس مع الأرقام قمنا بحساب  $\frac{1}{d^2}$  وبعدها  $\frac{10^4}{d^2}$  لأننا

نحتاج الى تبيان النسب بين هذه الأرقام وعلاقتها بقيم  $hkl$  حسب نمط التبلور المقترح. وقد تم اتباع طريقة التجارب والأخطاء في هذه العملية.

كانت البداية من نمط التبلور المكعبي الذي تمثله العلاقة التالية:  $\frac{1}{d^2} = \frac{h^2+k^2+\ell^2}{a^2}$  وإذا فرضنا إن  $\frac{1}{a^2} = Q$  ،  $\frac{1}{d^2} = A$  ، تغدو العلاقة بالشكل:  $Q = A(h^2 + k^2 + \ell^2)$  وبهذه الحالة ستأخذ قيم  $Q$  مجموعة من الأرقام مطابقة للمجموعة  $N = h^2 + k^2 + \ell^2$  أي سيكون  $Q_1:Q_2:Q_3 = N_1:N_2:N_3$  وهذا مايسهل عملية الحساب.

من الطبيعي أن تختفي بعض الخطوط وهذا يرتبط بقاعدة الإنطفاء لكل أنماط التبلور المكعبي، حيث نعلم أن الشبكة المكعبية البسيطة يجوز أن تأخذ  $hkl$  أي قيم ممكنة، أما إذا كانت على سبيل المثال شبكة مكعبية متمركزة الحجم I فإن قيم  $hkl$  ستخضع للعلاقة التالية:  $h + k + \ell = 2n$  حيث  $n$  عدد صحيح، أي مجموع قيم  $h, k, \ell$  هو عدد زوجي

بملاحظة قيم  $Q$  نلاحظ أن الأرقام بهذه الحالة لا تتناسب باعداد صحيحة فيما بينها  
ماعدا

$$463:1850 = 1:4 , 463:4158 = 1:9$$

فيما عدا ذلك لا يوجد تناسب عددي صحيح، الان إذا قمنا بقسمة  $Q_1 = 463$  على 2 أي اخذنا  $\frac{Q_1}{2}$  فإن هذه القيمة لا تعتبر قاسم مشترك لجميع القيم وبالتالي سيكون الحساب غير مجدي، أما إذا أخذنا  $\frac{Q_1}{3}$  أي 154 سنلاحظ أن جميع القيم للقمم هي مضاعفات هذا الرقم وبهذه الحالة تعطى  $Q_1$  قيمة 3 والتي هي مساوية إلى  $h^2 + k^2 + \ell^2 = 3$  سنقوم بقسمة باقي قيم  $Q$  على 154 وسينتج معنا الأعداد الصحيحة الدالة على  $h^2 + k^2 + \ell^2$

نلاحظ مما سبق أن جميع القيم كانت من مضاعفات  $154 = \frac{Q_1}{3}$  ، لا يوجد قيمة مخالفة.

ونعتبر أن مخطط الانعراج قد تم حسابه بالكامل. وبالنظر لجميع قيم  $hkl$  في الجدول (2) نلاحظ أن هذه القيم مطابقة للعلاقة  $h + k = 2n, k + \ell = 2n, h + \ell = 2n$  وهذا يدل أن الشبكة البلورية ذات خلية مكعبية متمركزة الوجوه  $F$ .

أما حساب قيمة أبعاد الخلية الأساسية يتم من العلاقة:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + \ell^2}{a^2} \Rightarrow a = d\sqrt{h^2 + k^2 + \ell^2}$$

عند القيمة الأولى نجد أن:

$$a = 4.648213 \times \sqrt{3} = 8.050941A^\circ$$

وهكذا نحسب عند باقي القيم ونأخذ المتوسط الذي يساوي:

$$a = 8.055377A^\circ$$

أما فيما يتعلق بمجموعة التناظر الفراغية فإذا أمعنا النظر إلى قيم  $hkl$  في مخطط الانعراج سنلاحظ أنها جميعا تطابق القاعدة التالية:

$$hkl \rightarrow h + k + \ell = 2n \text{ أو } 2n + 1$$

$$hk0 \rightarrow h + k = 4n$$

$$h00 \rightarrow h = 4n$$

وبالعودة لجدول مجموعات التناظر نلاحظ أنها متفقة مع مجموعة التناظر الفراغية

$Fd3m$

$SG (227) Fd3m$

من حساب قيمة  $a$  الوسطية قمنا بحساب حجم الخلية الأساسية  $V(A^\circ)^3$

$$V = a^3 = 522.706 (A^\circ)^3$$

ومن معرفة الوزن الجزيئي للمادة  $ZnCo_2O_4$  وبعد حساب الكثافة التجريبية للمادة باستخدام ورق الكثافة **picknometer** وبتطبيق القانون  $Z = \frac{\rho \cdot N \cdot V}{M}$  نحسب عدد الصيغ في الخلية الواحدة  $Z$  ويحول إلى أقرب عدد صحيح.

$$Z = \frac{522.706 \times 6.022 \times 10^{23} \times 6.202}{247.236} = 7.896205955 \approx 8$$

حيث:

$M$  الوزن الجزيئي للمادة،  $N$  عدد أفوغادر،  $V$  حجم الخلية البلورية الأساسية  $(cm)^3$ .  
وأخيراً تم حساب حجم التبلور من معادلة ديبياي شرر **scherrer's formula**:

$$L = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} = 19.3nm$$

$L$ : هو حجم التبلور للمادة مقدراً بـ (nm)

$K$ : ثابت الشبكة ويكون ضمن المجال 0.89-0.93 وعادة تؤخذ وسيطاً 0.9

$\lambda$ : طول موجة جهاز الأشعة السينية المستخدم مقدراً بـ (nm)

$\theta$ : هي زاوية انعراج الأشعة السينية للقمة الأعلى شدة

$\beta$ : مقدار يعبر عن كامل عرض القمة الأكثر شدة في الطيف عند منتصف هذه القمة

ويمكن حسابه من مخطط انعراج الأشعة السينية للمركب.

تفيد هذه المعادلة في حساب حجم التبلور في حال غياب جهاز انعراج الأشعة السينية للبلورة الوحيدة وهي تعطي فكرة بسيطة عن حجم التبلور أو حجم الدقيقة للمسحوق

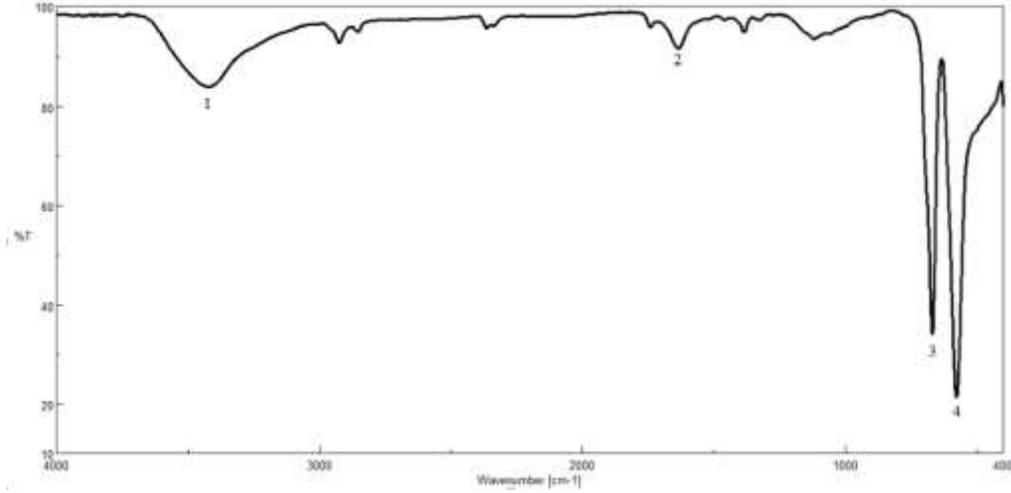
الموجود وبالتالي تسهل التأكد من النتائج التجريبية التي يتم الحصول عليها حول بنية المركب الناتج ومقارنتها بالنتائج التي تم الحصول عليها باستخدام طرق أخرى. يبين الجدول التالي قيم كل من ( $2\theta$  ،  $d$  ،  $a$  وقرائن ميلر) للمركب  $ZnCo_2O_4$  والتي تتوافق مع البطاقة المرجعية ذات الرقم (#231390)

جدول (2) قيم ( $hkl \cdot d \cdot a \cdot 2\theta$ ) للمركب  $ZnCo_2O_4$  المرمد عند الدرجة  $700^\circ C$  مدة 6h

NO	$2\theta$	I%	$d (A^\circ)$	$Q = \frac{10^4}{d^2}$	$N = h^2 + k^2 + l^2$	$hkl$	$a (A^\circ)$
1	22.19	4	4.648213	463	3	111	8.050941
2	36.63	32	2.846494	1234	8	220	8.0511
3	43.25	100	2.427169	1698	11	311	8.050008
4	45.25	8	2.325161	1850	12	222	8.054594
5	52.75	18	2.013498	2467	16	400	8.053992
7	65.85	14	1.645663	3692	24	422	8.06207
8	70.45	38	1.550802	4158	27	511	8.058201
9	77.75	46	1.425194	4923	32	440	8.062113
$\bar{a} = 8.055377 (A^\circ)$							

#### 4.4. دراسة طيف الأشعة تحت الحمراء FT-IR:

يعتبر التحليل الطيفي لامتناص أشعة الـ (IR) من الطرق الأساسية المستخدمة في التحليل النوعي الآلي الذي يتم من خلاله التعرف على تركيب الجزيئات و تحديد الزمر الوظيفية والروابط الكيميائية ونوعية الاهتزاز. وقد تمت دراسة طيف الـ (IR) للعينة المحضرة وذلك لتأكد بنية المركب المصطنع وتأكيد النتائج التي كنا قد حصلنا عليها من مخطط انعراج الاشعة السينية. يبين الشكل التالي طيف الأشعة تحت الحمراء لعينة كوبالتات الزنك المحضرة والمرمدة عند الدرجة  $700^\circ C$ .



حيث يظهر الطيف وجود أربع عصابات امتصاص والجدول التالي يبين هذه العصابات والأعداد الموجية الموافقة لكل منها.

جدول (3) عصابات الامتصاص في طيف (IR) لمركب كوبالتات الزنك

العدد الموجي $Cm^{-1}$	نمط الاهتزاز	عصابة الامتصاص
3419.17	امتطاط الرابطة O-H	1
1633.41	حني جزيئات الماء ضمن الشبكة البلورية	2
670	امتطاط الرابطة $ZnO_4 \downarrow Zn-O$	3
577	امتطاط الرابطة $CoO_6 \downarrow Co-O$	4

## 5- الخلاصة والاستنتاجات:

تم اصطناع مركب كوبالتات الزنك ( $ZnCo_2O_4$ ) بطريقة الـ (Sol-gel) انطلاقاً من الأملاح الأولية، ودراسة بنيته البلورية بتقنية التحليل الحراري التفاضلي وحيود الأشعة السينية ومطيافية الأشعة تحت الحمراء، أظهرت النتائج بدء تشكل المركب عند الدرجة ( $400^\circ C$ ) واكتمال تشكله عند الدرجة ( $700^\circ C$ ) وتفككه إلى الأكاسيد الأولية عند درجات الحرارة الأعلى من ذلك، حسب قرائن ميلر للمركب الناتج ووجد أنه يتبلور

ببنية مكعبيه من نمط السباينل ويتمتع بمجموعة تناظر فراغية (Fd3m) تم تأكيد الحصول على الناتج المطلوب عن طريق طيف تحت الأحمر ومنحني التحليل الحراري التفاضلي.

المراجع:

- [1] Deraz NM, Fouda MMG. Fabrication and Magnetic Properties of Cobalt–Copper Nano– Composite. 2013; 8: 2682–2690.
- [2] Kapse VD. Preparation of Nanocrystalline Spinel–type oxide Materials for Gas sensing applications. 2015; 5: 7–12.
- [3] Katelnikovas A, Grigorjeva L, Millers D, et al. Sol–gel preparation of nanocrystalline  $CaWO_4$ . Epub ahead of print 2007. DOI: 10.3952/lithjphys.47110.
- [4] Alizadeh–gheshlaghi E, Shaabani B, Khodayari A. Investigation of the catalytic activity of nano–sized  $CuO$  ,  $Co_3O_4$  and  $CuCo_2O_4$  powders on thermal decomposition of ammonium perchlorate. *Powder Technol* 2012; 217: 330–339.
- [5] Chen RX, Zhu SL, Mao J, et al. Synthesis of  $CuO / Co_3O_4$  Coaxial Heterostructures for Efficient and Recycling Photodegradation. 2015.
- [6] Tang A, Zhang X. Mechanochemical route to synthesize  $Co_3O_4 / CuO$  composite nanopowders. 2006; 1: 101–105.
- [7] Paknahad P, Askari M. Characterization of nanocrystalline  $CuCo_2O_4$  spinel prepared by sol – gel technique applicable to the SOFC interconnect coating. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.1007/s00339–015–9021–7.
- [8] Zhang GY, Guo B, Chen J.  $MCo_2O_4$  (M = Ni, Cu, Zn)

- nanotubes: Template synthesis and application in gas sensors. *Sensors Actuators, B Chem* 2006; 114: 402–409.
- [9] Shih G, Liu W. RSC Advances A facile microwave–assisted approach to the synthesis of flower–like ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> anode materials for Li–ion batteries. 2017; 42476–42483.
- [10] Simon L, Kumar AR. Structural and electrical properties of ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel synthesized by sol–gel combustion method. *J Non Cryst Solids* 2019; 505: 301–309.
- [11] Merabet L, Rida K, Boukmouche N. Author 's Accepted Manuscript. *Ceram Int*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.03.171.
- [12] Xiao X, Peng B, Cai L, et al. The high efficient catalytic properties for thermal decomposition of ammonium perchlorate using mesoporous ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> rods synthesized by oxalate co–precipitation method. *Sci Rep* 2018; 1–13.



## الثلاثيات الفيثاغورية في مجموعة أعداد

### ليبيشترز الصحيحة

الباحث: الدكتور باسل حمدو العرنوس

مدرس في قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة البعث

#### ملخص البحث

عرّفنا في هذا البحث الثلاثية الفيثاغورية في مجموعة أعداد ليبيشترز الصحيحة، ثم أوجدنا طريقة لتوليد ثلاثيات فيثاغورية من ثلاث ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbb{Z}$ ، ومن ثم اعتماداً على ثلاثيتين فيثاغوريتين، وأخيراً من ثلاثية فيثاغورية واحدة.

بيننا أنه إذا كانت الأقسام الحقيقية لثلاثية فيثاغورية في مجموعة أعداد ليبيشترز الصحيحة غير معدومة معاً، فإنّ المتجهات المكوّنة من المركّبات غير الحقيقية ستكون مرتبطة خطياً.

#### الكلمات المفتاحية:

ثلاثية فيثاغورية، الأعداد فوق العقدية، أعداد ليبيشترز الصحيحة، رتبة مصفوفة.

# Pythagorean Triples in Lipschitz Integer

**Dr. Basel Hamdo Al-Arnous**

**Department Of Mathematics - Faculty of Sciences - Al- Baath University**

## Abstract

We define in this paper Pythagorean triples in Lipschitz integer set, then we find a method to generate Pythagorean triples from three triples in  $Z$  and also from two triples and finally from only one triple.

We demonstrate that if the real parts of Pythagorean triple in Lipschitz integer set are not all zero, the vectors consisted of the non real parts will be linearly dependent.

## Key Words:

Pythagorean triples – Quaternion numbers - Lipschitz integer – Rank of Matrix

## 1. مقدمة

لا يُذكر اسم العالم فيثاغورث إلا وقد لمعت في أذهاننا المبرهنة الشهيرة باسمه، والتي تنص على: « في المثلث القائم: مساحة المربع المنشأ على الوتر، تساوي مجموع مساحتي المربعين المنشأين على الضلعين القائمتين »، وهذه القاعدة لا تنطبق فقط على المربع، وإنما على أي مضلع منتظم منشأ على أضلاع المثلث القائم، وكذلك أنصاف الدوائر.

في الحقيقة، إذا كانت  $a, b, c$  أطوال أضلاع مثلث قائم طول وتره  $c$ ، فإن:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

في الدراسات اللاحقة، بدأ الاهتمام بإيجاد الحلول الصحيحة لمعادلة ديوفانتس:

$$x^2 + y^2 = z^2$$

وسمي كل حل من هذه الحلول ثلاثية فيثاغورية، ورمزت بالرمز  $\{x, y, z\}$  ولعل أبسط مثال على تلك الثلاثيات  $\{3, 4, 5\}$ .

فيما بعد درست الثلاثيات في مجموعة أعداد غاوص الصحيحة  $\mathbb{Z}$ ، أي إيجاد حلول معادلة ديوفانتس في المجموعة  $\mathbb{Z}$ ، حيث:

$$\mathbb{Z} = \{a + bi \in \mathbb{C} ; a, b \in \mathbb{Z}\}$$

في بحثنا هذا، نعرف الثلاثيات الفيثاغورية في مجموعة أعداد ليشتر الصحيحة  $\mathbb{L}$ ، وندرس إمكانية توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbb{L}$  انطلاقاً من ثلاثيات فيثاغورية في مجموعة الأعداد الصحيحة  $\mathbb{Z}$ .

## 2. هدف البحث

يهدف البحث إلى تعريف الثلاثيات الفيثاغورية في مجموعة أعداد ليبشتر الصحيحة، وتوليد ثلاثيات فيثاغورية في  $L$  انطلاقاً من ثلاثيات فيثاغورية صحيحة في  $\phi$ .

### 3. المناقشة و النتائج

أولاً: تعاريف أساسية:

**تعريف 1: [1]** تعرّف مجموعة الأعداد فوق العقدية (الكواتيرنيون)  $H$ ، بأنها مجموعة كل الأعداد التي لها الشكل:

$$q = q_0 + q^* = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k$$

حيث:  $q_0, q_1, q_2, q_3 \in \mathbb{R}$  و  $i, j, k$  وحدات تحقق:

$$i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$$

$$ij = k = -ji$$

$$jk = i = -kj$$

$$ki = j = -ik$$

**مثال 1:** الأعداد الآتية فوق عقدية:

$$3+i+5j-2k, \quad 4, \quad 2i+4j+6k, \quad 5+2i$$

لكل عدد فوق عقدي، قسمين، قسم حقيقي (سلمي) وجزء متجهي، فمن أجل العدد فوق العقدي:

$$q = q_0 + q^* = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k$$

فإن الجزء الحقيقي:  $q_0$ ، أما الجزء المتجهي:  $q^* = q_1i + q_2j + q_3k$

**تعريف 2: [1]** ليكن لدينا  $p, q \in H$  حيث:

$$p = p_0 + p^* = p_0 + p_1i + p_2j + p_3k$$

$$q = q_0 + q^* = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k$$

عندئذ فإن  $p = q$  إذا وفقط إذا كان:  $p_0 = q_0$  و  $p^* = q^*$  وبالتالي أيضاً

$$p_1 = q_1 , p_2 = q_2 , p_3 = q_3$$

ثانياً: جبر الأعداد فوق العقديّة: [2,3]

ليكن لدينا  $p, q \in H$  حيث:

$$p = p_0 + p^* = p_0 + p_1i + p_2j + p_3k$$

$$q = q_0 + q^* = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k$$

**تعريف 3:** تُعرّف عمليّة جمع الأعداد فوق العقديّة (+) على النحو الآتي:

$$\begin{aligned} p + q &= (p_0 + q_0) + (p^* + q^*) \\ &= (p_0 + q_0) + (p_1 + q_1)i + (p_2 + q_2)j + (p_3 + q_3)k \end{aligned}$$

واضح أنّ الصّفر هو محايد بالنسبة لعمليّة الجمع, وكذلك فإنّ لكل عدد  $p$  من  $H$  نظير جمعي, هو:

$$-p = -p_0 - p^* = -p_0 - p_1i - p_2j - p_3k$$

**تعريف 4:** تُعرّف عمليّة ضرب الأعداد فوق العقديّة (.) على النحو الآتي:

$$\begin{aligned} p \cdot q &= (p_0 \cdot q_0) - (p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2 + p_3 \cdot q_3) + \\ &+ p_0 (q_1i + q_2j + q_3k) + q_0 (p_1i + p_2j + p_3k) + \\ &+ (p_2 \cdot q_3 - p_3 \cdot q_2)i + (p_3 \cdot q_1 - p_1 \cdot q_3)j + (p_1 \cdot q_2 - p_2 \cdot q_1)k \end{aligned}$$

وهي تكتب بالشكل:

$$p \cdot q = (p_0 \cdot q_0) - p^* q^* + p_0 q^* + q_0 p^* + p^* \times q^*$$

حيث:

$$p^* \cdot q^* = p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2 + p_3 \cdot q_3$$

$$p^* \times q^* = \begin{vmatrix} i & j & k \\ p_1 & p_2 & p_3 \\ q_1 & q_2 & q_3 \end{vmatrix}$$

ولأن:  $p^* \times q^* \neq q^* \times p^*$  فإنَّ الضرب ليس عملية تبديلية.

## مثال 2:

ليكن:  $p = 3 + i - 2j + k$  ,  $q = 2 - i + 2j + 3k$  من  $H$  عندئذ:

$$p.q = 8 - 9i - 2j + 11k$$

$$q.p = 8 + 7i + 6j + 11k$$

## نتائج:

1. من التعريف 3 يتضح أنَّ المجموعة  $H$  مغلقة بالنسبة لعملية الجمع, حيث أنَّ

ناتج جمع عددين فوق عقديين  $p, q$  هو عدد فوق عقدي, قسمه الحقيقي

$$p_0 + q_0 \text{ وقسمه المتجهي } p^* + q^* .$$

2. من التعريف 4 يتضح أنَّ المجموعة  $H$  مغلقة بالنسبة لعملية الضرب, حيث أنَّ

ناتج ضرب عددين فوق عقديين  $p, q$  هو عدد فوق عقدي, قسمه الحقيقي

$$p_0.q_0 - p^*.q^* \text{ وقسمه المتجهي } p_0.q^* + q_0.p^* + q^* \times p^* .$$

3. إنَّ الضرب يقبل التوزيع على الجمع من اليمين و من اليسار, فإذا كانت

$p, q, r$  ثلاثة أعداد من  $H$  فإنَّ:

$$p.(q + r) = p.q + p.r$$

$$(q + r).p = q.p + r.p$$

4. إنَّ حيادي الضرب هو العدد 1

ثالثاً: المرافق, النّظيم, المقلوب: [3]

ليكن  $q = q_0 + q^* = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k$  عدد فوق عقدي.

تعريف 5: يُعرّف مرافق العدد  $q$  بأنّه العدد  $\bar{q}$  من  $H$  المعطى بالعلاقة:

$$\bar{q} = q_0 - q^* = q_0 - q_1i - q_2j - q_3k$$

من التّعريف ينتج أنّ:

$$1. \quad \overline{(\bar{q})} = q \quad \text{لأنّ: } \overline{(q_0 - q^*)} = q_0 - (-q^*) = q_0 + q^* = q$$

$$2. \quad q + \bar{q} = 2q_0$$

$$3. \quad q \cdot \bar{q} = \bar{q} \cdot q \quad \text{وعلاوةً على ذلك فإنّ:}$$

$$q \cdot \bar{q} = \bar{q} \cdot q = q_0^2 + q_1^2 + q_2^2 + q_3^2$$

$$4. \quad \overline{(q \cdot p)} = \bar{p} \cdot \bar{q} \quad \text{حيث: } p \in H$$

**تعريف 6:** يُعرّف نظيم العدد  $q$  بأنه العدد  $|q|$  من المعطى بالعلاقة:

$$|q| = \sqrt{q \cdot \bar{q}} = \sqrt{q_0^2 + q_1^2 + q_2^2 + q_3^2}$$

نتائج: ينتج من التّعريف أنّ:

$$1. \quad |q| = |\bar{q}|$$

$$2. \quad |p \cdot q| = |p| \cdot |q| \quad \text{حيث } p \in H \quad \text{لأنّ:}$$

$$|p \cdot q|^2 = p \cdot q \cdot \overline{(p \cdot q)} = p \cdot q \cdot \bar{p} \cdot \bar{q} = p \cdot |q|^2 \cdot \bar{p} = p \cdot \bar{p} \cdot |q|^2 = |p|^2 \cdot |q|^2$$

**تعريف 7:** يُعرّف مقلوب العدد  $q$  بأنه العدد  $q^{-1}$  من  $H$  , بحيث :

$$q \cdot q^{-1} = q^{-1} \cdot q = 1$$

في الحقيقة, لدينا:

$$|q|^2 = q \cdot \bar{q} \Rightarrow q = \frac{|q|^2}{\bar{q}} \Rightarrow q^{-1} = \frac{\bar{q}}{|q|^2}$$

وإذا كانت  $|q| = 1$  عندئذٍ:  $q^{-1} = \bar{q}$ .

$$\text{مثال 3:} \quad \frac{1}{4 + 2i + j - 2k} = \frac{4 - 2i - j + 2k}{16 + 4 + 1 + 4} = \frac{1}{25} (4 - 2i - j + 2k)$$

### ملاحظة 1:

بما أن أي عدد مركب  $z = x + iy$  يمكن كتابته بالشكل:

$$z = x + iy + 0j + 0k$$

فإن:  $\mathbb{C} \subseteq \mathbb{H}$ .

رابعاً: مجموعات خاصة:

**تعريف 8:** [4] أعداد هورويتز الصحيحة (Hurwitz integer):

أعداد هورويتز الصحيحة هي مجموعة كل الأعداد فوق العقديّة التي مكوّناتها أمّا أعداد صحيحة أو نصف صحيحة، ونرمز لها بالرمز  $\mathbb{H}$ , أي أن:

$$\mathbb{H} = \left\{ a + bi + cj + dk \in \mathbb{H}; a, b, c, d \in \mathbb{Z} \text{ or } a, b, c, d \in \mathbb{Z} + \frac{1}{2} \right\}$$

**مثال 4:**  $p = 5 + \frac{1}{2}i + \frac{5}{2}j + 4k$  هو عدد هورويتز صحيح.

**تعريف 9:** [5] أعداد ليبشترز الصحيحة (Lipschitz integer):

أعداد ليبشترز الصحيحة هي مجموعة كل الأعداد فوق العقديّة التي مكوّناتها أعداد صحيحة، ونرمز لها بالرمز  $\mathbb{L}$ , أي أن:

$$\mathbb{L} = \left\{ a + bi + cj + dk \in \mathbb{H}; a, b, c, d \in \mathbb{Z} \right\}$$

**مثال 5:**  $p = 5 + 5i - 3j + k$  هو عدد ليبشترز صحيح.

**خامساً: الثلاثيات الفيثاغورية في مجموعة أعداد ليبشترز الصحيحة:**

نعلم من خلال نظرية الأعداد، أن الثلاثيات الفيثاغورية في  $\mathbb{Z}$  هي مجموعة كل الثلاثيات  $\{x, y, z\}$  التي تحقّق معادلة ديوفانتس الآتية:

$$x^2 + y^2 = z^2 ; x, y, z \in \mathbb{Z}^+$$

سأقوم بتعميم فكرة الثلاثيات الفيثاغورية على مجموعة أعداد ليبشترز الصحيحة  $\mathbb{L}$ .

فيما يأتي سأرمز لعدد ليبشترز الصحيح  $z = a + bi + cj + dk$  بالرمز الآتي:  
 $(a, b, c, d)$  للدلالة على العدد  $z$ . سندخل التعريف الآتي:

### تعريف 10:

لتكن  $z_3 = (a_3, b_3, c_3, d_3), z_2 = (a_2, b_2, c_2, d_2), z_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1)$  ثلاثة أعداد من  $L$ . نقول إن  $\{z_1, z_2, z_3\}$  إنها ثلاثية فيثاغورية في  $L$ , إذا تحققت:

$$z_1^2 + z_2^2 = z_3^2 \quad (1)$$

في الحقيقة من أجل العدد  $z = (a, b, c, d)$  من  $L$  فإن:

$$z^2 = a^2 - (b^2 + c^2 + d^2) + a(bi + cj + dk) + a(bi + cj + dk)$$

$$+ \begin{vmatrix} i & j & k \\ b & c & d \\ b & c & d \end{vmatrix}$$

وبالتالي:

$$z^2 = a^2 - b^2 - c^2 - d^2 + 2abi + 2acj + 2adk \quad (2)$$

وعلى هذا فإن المعادلة (1) تكافئ وفقاً - لتعريف تساوي عددين فوق عقديين - جملة المعادلات الآتية:

$$\begin{aligned} (b_1^2 + b_2^2 - b_3^2) + (c_1^2 + c_2^2 - c_3^2) + (d_1^2 + d_2^2 - d_3^2) = \\ = (a_1^2 + a_2^2 - a_3^2) \end{aligned} \quad (3)$$

$$a_1 b_1 + a_2 b_2 = a_3 b_3$$

$$a_1 c_1 + a_2 c_2 = a_3 c_3 \quad (4)$$

$$a_1 d_1 + a_2 d_2 = a_3 d_3$$

مثال 6:

سنبين أنّ الثلاثية  $\{z_1 = (4, 3, 2, 1), z_2 = (2, 2, 2, 4), z_3 = (4, 4, 3, 3)\}$  هي ثلاثية فيثاغورية في  $\mathbb{L}$ .  
استناداً إلى العلاقة (2) فإن:

$$z_1^2 = 2 + 24i + 16j + 8k$$

$$z_2^2 = -20 + 8i + 8j + 16k$$

$$z_3^2 = -18 + 32i + 24j + 24k$$

واضح إنّ:  $z_1^2 + z_2^2 = z_3^2$  وبالتالي فإنّ الثلاثية  $\{z_1, z_2, z_3\}$  هي ثلاثية فيثاغورية في  $\mathbb{L}$ .

مبرهنة 1:

بفرض  $\vec{u}_1(b_1, b_2, b_3), \vec{u}_2(c_1, c_2, c_3), \vec{u}_3(d_1, d_2, d_3)$  ثلاثة متجهات في  $\mathbb{R}^3$ ، غير مرتبطة خطياً، ولنفرض أنّ  $\{b_1, b_2, b_3\}, \{c_1, c_2, c_3\}, \{d_1, d_2, d_3\}$  ثلاثيات فيثاغورية في  $\phi$ . إنّ الشرط اللازم و الكافي لتكون الثلاثية:  $\{z_1, z_2, z_3\}$  فيثاغورية في  $\mathbb{L}$  حيث:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= (a_1, \beta b_1, \gamma c_1, \delta d_1) \\ z_2 &= (a_2, \beta b_2, \gamma c_2, \delta d_2) \\ z_3 &= (a_3, \beta b_3, \gamma c_3, \delta d_3) \end{aligned} \right\} ; \beta, \gamma, \delta \in \phi^*$$

هو أن تكون:  $a_1 = a_2 = a_3 = 0$ .

الإثبات:

لزوم الشرط:

بفرض أن:  $\{z_1, z_2, z_3\}$  هي ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbb{L}$ , عندئذٍ فإن:

$$\{z_1^2 + z_2^2 = z_3^2\}$$

وبالتالي جملة المعادلات (4) تكون محققة.

إن جملة المعادلات (4) هي جملة معادلات متجانسة بالمجاهيل  $a_1, a_2, a_3$ , وبسبب

الاستقلال الخطي للمتجهات:  $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3$  فإن:

$$\begin{vmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ d_1 & d_2 & d_3 \end{vmatrix} \neq 0 \Rightarrow \begin{vmatrix} b_1 & b_2 & -b_3 \\ c_1 & c_2 & -c_3 \\ d_1 & d_2 & -d_3 \end{vmatrix} \neq 0$$

وهذا يعني أن لجملة المعادلات (4) حل وحيد هو الحل الصفري  $a_1 = a_2 = a_3 = 0$ .

وكون الثلاثيات:

$$\{b_1, b_2, b_3\}, \{c_1, c_2, c_3\}, \{d_1, d_2, d_3\}$$

فيثاغورية في  $\mathbb{L}$  فإن المعادلة (3) على النحو الآتي:

$$a_1^2 + a_2^2 - a_3^2 = 0$$

وهذه محققة في حالة:  $a_1 = a_2 = a_3 = 0$

**كفاية الشرط**

حتى تكون:  $\{z_1, z_2, z_3\}$  ثلاثية فيثاغورية في  $\mathbb{L}$ , يجب أن تتحقق جملة المعادلات

(3) و (4) والتي يمكن كتابتها بعد الأخذ بعين الاعتبار أن:

$$\{b_1, b_2, b_3\}, \{c_1, c_2, c_3\}, \{d_1, d_2, d_3\}$$

ثلاثية فيثاغورية في  $\mathbb{L}$ , على النحو الآتي:

$$\begin{aligned} a_1^2 + a_2^2 &= a_3^2 \\ a_1b_1 + a_2b_2 &= a_3b_3 \\ a_1c_1 + a_2c_2 &= a_3c_3 \\ a_1d_1 + a_2d_2 &= a_3d_3 \end{aligned}$$

فإذا كانت  $a_1 = a_2 = a_3 = 0$  فإن جملة المعادلات الأخيرة ستكون محققة، وبالتالي فإن

الثلاثية  $\{z_1, z_2, z_3\}$  فيثاغورية في  $L$ .

## ملاحظة 2:

سنرمز بالرمز  $A$  للمصفوفة الآتية:

$$\begin{pmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ d_1 & d_2 & d_3 \end{pmatrix}$$

## نتيجة 1:

بالاعتماد على المبرهنة السابقة فإنه يمكن توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $L$  انطلاقاً من أي ثلاثيات فيثاغورية في  $\phi$ .

الآن بفرض أن  $\{b_1, b_2, b_3\}, \{c_1, c_2, c_3\}, \{d_1, d_2, d_3\}$  ثلاثيات في  $\phi$ , فإذا كان:

$$\det(A) \neq 0$$

فيمكن توليد الثلاثيات الفيثاغورية في  $L$  الآتية:

$$\{(0, \beta b_1, \gamma c_1, \delta d_1), (0, \beta b_2, \gamma c_2, \delta d_2), (0, \beta b_3, \gamma c_3, \delta d_3)\}$$

$$\{(0, \beta b_1, \delta d_1, \gamma c_1), (0, \beta b_2, \delta d_2, \gamma c_2), (0, \beta b_3, \delta d_3, \gamma c_3)\}$$

$$\{(0, \gamma c_1, \beta b_1, \delta d_1), (0, \gamma c_2, \beta b_2, \delta d_2), (0, \gamma c_3, \beta b_3, \delta d_3)\}$$

$$\{(0, \gamma c_1, \delta d_1, \beta b_1), (0, \gamma c_2, \delta d_2, \beta b_2), (0, \gamma c_3, \delta d_3, \beta b_3)\}$$

$$\{(0, \delta d_1, \beta b_1, \gamma c_1), (0, \delta d_2, \beta b_2, \gamma c_2), (0, \delta d_3, \beta b_3, \gamma c_3)\}$$

$$\{(0, \delta d_1, \gamma c_1, \beta b_1), (0, \delta d_2, \gamma c_2, \beta b_2), (0, \delta d_3, \gamma c_3, \beta b_3)\}$$

حيث  $\beta, \gamma, \delta \in \phi$ .

مثال 7:

من أجل الثلاثيات الفيثاغورية  $\{3, 4, 5\}, \{5, 12, 13\}, \{7, 24, 25\}$  فإنّ يمكن توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $L$ , منها:

$$\{(0, 3\beta, 5\gamma, 7\delta), (0, 4\beta, 12\gamma, 24\delta), (0, 5\beta, 13\gamma, 25\delta)\}$$

$$\{(0, 3\beta, 7\delta, 5\gamma), (0, 4\beta, 24\delta, 12\gamma), (0, 5\beta, 25\delta, 13\gamma)\}$$

$$\{(0, 7\delta, 3\beta, 5\gamma), (0, 24\delta, 4\beta, 12\gamma), (0, 25\delta, 5\beta, 13\gamma)\}$$

مهما تكن  $\beta, \gamma, \delta \in \phi$  و ثلاثيات أخرى.

- لنناقش الآن الحالة التي يكون فيها:  $\det(A) = 0$

لنميّز الحالتين الآتيتين:

الحالة الأولى:

الحالة التي يكون فيها:

$$\text{rank}(A) = 2$$

عندئذٍ يكون لجملة المعادلات (4) بالمجاهيل  $a_1, a_2, a_3$  عدد غير منتهٍ من الحلول إلا أنّ الحلول ستعطي بدلالة مجهول واحد من هذه المجاهيل: أي أنّ الحلول ستكون من الشكل:

$$a_1 = \lambda_1 a_3, \quad a_2 = \lambda_2 a_3$$

بالتعويض في المعادلة (3) نجد:

$$\lambda_1^2 a_3^2 + \lambda_2^2 a_3^2 - a_3^2 = 0 \Rightarrow a_3^2 (\lambda_1^2 + \lambda_2^2 - 1) = 0$$

وبالتالي فإن:  $a_1 = a_2 = a_3 = 0$

وبالتالي تبقى المبرهنة 1 صحيحة في حالة  $\text{rank}(A) = 2$ .

## نتيجة 2:

بالاعتماد على المبرهنة 1 وعلى المناقشة السابقة فإنه يمكن توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbf{L}$  انطلاقاً من اثنتين من الثلاثيات فيثاغورية في  $\phi$ .

الآن بفرض أن  $\{b_1, b_2, b_3\}, \{c_1, c_2, c_3\}$  ثلاثيات فيثاغورية في  $\phi$  بحيث يكون التناسب الآتي غير محقق:

$$\frac{b_1}{c_1} = \frac{b_2}{c_2} = \frac{b_3}{c_3}$$

فيمكن توليد الثلاثيات الفيثاغورية في  $\mathbf{L}$  الآتية:

$$\{(0, \beta b_1, \gamma c_1, \delta b_1), (0, \beta b_2, \gamma c_2, \delta b_2), (0, \beta b_3, \gamma c_3, \delta b_3)\}$$

$$\{(0, \beta b_1, \gamma c_1, \delta c_1), (0, \beta b_2, \gamma c_2, \delta c_2), (0, \beta b_3, \gamma c_3, \delta c_3)\}$$

حيث  $\beta, \gamma, \delta \in \phi$ .

بالإضافة إلى تلك التي تنتج من خلال إجراء التباديل على المركبات الثلاث الأخير من الأنماط الآتية الذكر بشكل متناظر للأعداد الثلاث.

## مثال 8:

من أجل الثلاثيات الفيثاغورية  $\{3, 4, 5\}, \{5, 12, 13\}$  في  $\phi$ , فيمكن توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbf{L}$  من الأنماط:

$$\{(0, 3\beta, 5\gamma, 3\delta), (0, 4\beta, 12\gamma, 4\delta), (0, 5\beta, 13\gamma, 5\delta)\}$$

$$\{(0, 3\beta, 5\gamma, 5\delta), (0, 4\beta, 12\gamma, 12\delta), (0, 5\beta, 13\gamma, 13\delta)\}$$

مهما تكن الأعداد الصحيحة  $\beta, \gamma, \delta$ . وثلاثيات أخرى تنتج من التّمتين السّابقيين بإجراء تباديل على المركّبات الثلاثة الأخيرة بشكل متناظر للأعداد الثلاثة.

### الحالة الثّانية:

الحالة التي يكون فيها:  $\text{rank}(A) = 1$  عندئذٍ يكون لجملة المعادلات (4) بالمجاهيل  $a_1, a_2, a_3$  عدد غير منتهٍ من الحلول. وعلاوةً على ذلك فإنّ هذه الجملة تكافئ إحدى معادلات الجملة (4) وتكون المتّجهات :

$$\vec{u}_1(b_1, b_2, b_3), \vec{u}_2(c_1, c_2, c_3), \vec{u}_3(d_1, d_2, d_3)$$

مرتبطة خطياً متى متى.

من المعادلة  $a_1b_1 + a_2b_2 = a_3b_3$  نجد أنّ حلولها المحقّقة لـ (3) هي:

$$a_1 = \alpha b_1, \quad a_2 = \alpha b_2, \quad a_3 = \alpha b_3; \quad \alpha \in \phi$$

مما سبق نكون قد توصلنا إلى صحّة المبرهنة الآتية

### مبرهنة 2:

لتكن  $\{b_1, b_2, b_3\}$  ثلاثيّة فيثاغوريّة في  $\phi$  فإنّ الشّروط اللازم و الكافي لتكون الثّلاثيّة:

$\{z_1, z_2, z_3\}$  ثلاثيّة فيثاغوريّة في  $L$  حيث:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= (a_1, \beta b_1, \gamma b_1, \delta b_1) \\ z_2 &= (a_2, \beta b_2, \gamma b_2, \delta b_2) \\ z_3 &= (a_3, \beta b_3, \gamma b_3, \delta b_3) \end{aligned} \right\}; \quad \beta, \gamma, \delta \in \phi$$

هو أن يكون:

$$(a_1, a_2, a_3) = \alpha(b_1, b_2, b_3); \quad \alpha \in \phi$$

### نتيجة 3:

بالاعتماد على المبرهنة 2 فإنه يمكن توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbb{L}$  انطلاقاً من ثلاثية فيثاغورية في  $\phi$ . ففرض أن  $\{b_1, b_2, b_3\}$  ثلاثيات فيثاغورية في  $\phi$ , فيمكن توليد الثلاثيات الفيثاغورية في  $\mathbb{L}$  الآتية:

$$\{(ab_1, \beta b_1, \gamma b_1, \delta b_1), (ab_2, \beta b_2, \gamma b_2, \delta b_2), (ab_3, \beta b_3, \gamma b_3, \delta b_3)\}$$

مهما تكن  $\alpha, \beta, \gamma, \delta \in \phi$

### مثال 9:

انطلاقاً من الثلاثية  $\{3, 4, 5\}$  الفيثاغورية في  $\phi$  يمكننا توليد الثلاثيات الفيثاغورية الآتية في  $\mathbb{L}$ , مهما تكن الأعداد الصحيحة:  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ :

$$\{(3\alpha, 3\beta, 3\gamma, 3\delta), (4\alpha, 4\beta, 4\gamma, 4\delta), (5\alpha, 5\beta, 5\gamma, 5\delta)\}$$

### نتيجة 4:

يمكن النظر إلى الثلاثيات الفيثاغورية في النتيجة 3 من زاوية أخرى، حيث أنها تُكتب بالشكل:

$$\{b_1(\alpha, \beta, \gamma, \delta), b_2(\alpha, \beta, \gamma, \delta), b_3(\alpha, \beta, \gamma, \delta)\}; (\alpha, \beta, \gamma, \delta) \in \mathbb{L}$$

وبالتالي انطلاقاً من أي عدد ليبشترز صحيح و ثلاثية فيثاغورية في  $\phi$  يمكن إيجاد ثلاثية فيثاغورية في  $\phi$ .

### مثال 10:

من أجل الثلاثية  $\{7, 24, 25\}$  و العدد  $z = 2 + 3i + 3j + k$  فإن الثلاثية الآتية هي ثلاثية فيثاغورية في  $\mathbb{L}$ :

$$\cdot \{(14, 21, 21, 7), (48, 72, 72, 24), (50, 75, 75, 25)\}$$

### مبرهنة 3:

بفرض  $\{(a_1, b_1, c_1, d_1), (a_2, b_2, c_2, d_2), (a_3, b_3, c_3, d_3)\}$  ثلاثية فيثاغورية في  $L$  عندئذٍ إذا كانت  $(a_1, a_2, a_3) \neq 0$  فإنّ  $\text{rank}(A) < 3$  حيث:

$$.A = \begin{pmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ d_1 & d_2 & d_3 \end{pmatrix}$$

### الإثبات:

بما أنّ  $\{(a_1, b_1, c_1, d_1), (a_2, b_2, c_2, d_2), (a_3, b_3, c_3, d_3)\}$  ثلاثية فيثاغورية عندئذٍ فإنّ جملة المعادلات (3) و (4) ستكون محقّقة.

إذا كان  $\text{rank}(A) = 3$  فإنّ لجملة المعادلات (4) حلّ وحيد هو الحلّ الصّفري:

$$(a_1, a_2, a_3) = 0$$

وبالتالي إذا كانت  $(a_1, a_2, a_3) \neq 0$  فإنّ  $\text{rank}(A) \neq 3$ . في الحقيقة، عندما يكون  $\text{rank}(A) < 3$  فإنّ لجملة المعادلات (4) عدد غير منتهٍ من الحلول، يُختار منها الحلول الصّحيحة التي تجعل العلاقة (3) محقّقة.

### مثال 11:

لا يمكن إيجاد قيم لـ  $a_2, a_3$  بحيث تكون الثلاثية الآتية فيثاغورية في  $L$ :

$$\{(1, 1, 1, 1), (a_2, 2, 1, 3), (a_3, 3, 2, 1)\}$$

وذلك لأنّ:

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 1 \end{vmatrix} = 3 \neq 0 \Rightarrow \text{rank}(A) \neq 0$$

## نتيجة 5:

بفرض  $\{(a_1, b_1, c_1, d_1), (a_2, b_2, c_2, d_2), (a_3, b_3, c_3, d_3)\}$  ثلاثية فيثاغورية في  $L$  عندئذٍ إذا كانت  $(a_1, a_2, a_3) \neq 0$  فإن المتجهات:

$$(b_3, c_3, d_3), (b_2, c_2, d_2), (b_1, c_1, d_1)$$

تكون مرتبطة خطياً.

## الإثبات:

من المبرهنة 3, فإن  $\text{rank}(A) < 3$  وبالتالي:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = 0$$

وهذا يعني أن المتجهات:  $(b_3, c_3, d_3), (b_2, c_2, d_2), (b_1, c_1, d_1)$  تكون مرتبطة خطياً.

## مثال 12

إنّ الثلاثية  $\{z_1 = (4, 3, 2, 1), z_2 = (2, 2, 2, 4), z_3 = (4, 4, 3, 3)\}$  هي ثلاثية فيثاغورية في  $L$ , فالمتجهات  $u_1(3, 2, 1), u_2(2, 2, 4), u_3(4, 3, 3)$  مرتبطة خطياً.

## 4. النتائج:

تمّ تعميم مفهوم الثلاثيات الفيثاغورية على مجموعة أعداد ليبشترز الصحيحة, وتوصّلنا إلى إثبات صحة المبرهنات الآتية:

## مبرهنة 1:

بفرض  $\vec{u}_1(b_1, b_2, b_3), \vec{u}_2(c_1, c_2, c_3), \vec{u}_3(d_1, d_2, d_3)$  ثلاثة متجهات في  $\mathbb{R}^3$  ، غير مرتبطة خطياً، ولنفرض أنّ  $\{b_1, b_2, b_3\}, \{c_1, c_2, c_3\}, \{d_1, d_2, d_3\}$  ثلاثيات فيثاغورية في  $\phi$ . إنّ الشرط اللازم و الكافي لتكون الثلاثية:  $\{z_1, z_2, z_3\}$  فيثاغورية في  $\mathbf{L}$  حيث:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= (a_1, \beta b_1, \gamma c_1, \delta d_1) \\ z_2 &= (a_2, \beta b_2, \gamma c_2, \delta d_2) \\ z_3 &= (a_3, \beta b_3, \gamma c_3, \delta d_3) \end{aligned} \right\} ; \beta, \gamma, \delta \in \phi^*$$

هو أن تكون:  $a_1 = a_2 = a_3 = 0$ .

واستنتجنا من ذلك توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbf{L}$  انطلاقاً من ثلاث ثلاثيات فيثاغورية في  $\phi$  ، أو انطلاقاً من ثلاثيتين فيثاغوريتين.

### مبرهنة 2:

لتكن  $\{b_1, b_2, b_3\}$  ثلاثية فيثاغورية في  $\phi$  فإنّ الشرط اللازم و الكافي لتكون الثلاثية:  $\{z_1, z_2, z_3\}$  ثلاثية فيثاغورية في  $\mathbf{L}$  حيث:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= (a_1, \beta b_1, \gamma b_1, \delta b_1) \\ z_2 &= (a_2, \beta b_2, \gamma b_2, \delta b_2) \\ z_3 &= (a_3, \beta b_3, \gamma b_3, \delta b_3) \end{aligned} \right\} ; \beta, \gamma, \delta \in \phi$$

هو أن يكون:

$$(a_1, a_2, a_3) = \alpha(b_1, b_2, b_3) ; \alpha \in \phi$$

واستنتجنا من ذلك توليد ثلاثيات فيثاغورية في  $\mathbf{L}$  انطلاقاً من ثلاثية فيثاغورية واحدة.

### مبرهنة 3:

بفرض  $\{(a_1, b_1, c_1, d_1), (a_2, b_2, c_2, d_2), (a_3, b_3, c_3, d_3)\}$  ثلاثية فيثاغورية في  $L$  عندئذٍ إذا كانت  $(a_1, a_2, a_3) \neq 0$  فإن:  $\text{rank}(A) < 3$  حيث:

$$.A = \begin{pmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ d_1 & d_2 & d_3 \end{pmatrix}$$

واستنتجنا من ذلك أنه بفرض  $\{(a_1, b_1, c_1, d_1), (a_2, b_2, c_2, d_2), (a_3, b_3, c_3, d_3)\}$  ثلاثية فيثاغورية في  $L$  عندئذٍ إذا كانت  $(a_1, a_2, a_3) \neq 0$  فإن المتجهات:  $(b_1, c_1, d_1)$ ,  $(b_2, c_2, d_2)$ ,  $(b_3, c_3, d_3)$  تكون مرتبطة خطياً.

### 5. المقترحات والتوصيات:

1. دراسة تعميم توليد الثلاثيات الفيثاغورية في مجموعة أعداد ليبشتر الصحيحة، من زوج من أعداد ليبشتر الصحيحة. وإيجاد الزوج المولد لكل ثلاثية فيثاغورية في  $L$ .
2. تطبيق الثلاثيات الفيثاغورية في التشفير، حيث أن كل ثلاثية فيثاغورية في  $L$  تحوي 12 وسيطاً، ترتبط مع بعضها بأربعة علاقات (العلاقات (3) و(4)) وبالتالي 8 وسطاء مستقلة.

## 6. المراجع العلميّة:

1. Ant\_onio Machiavelo and Lu\_\_s Ro\_cadas, Some connections between the arithmetic and geometry of Lipschitz integers, 2011
2. John H. Conway and Derek Smith, On Quaternions and Octonions, AK Peters 2003
3. J. B. Kuipers. Quaternions and Rotation Sequences. Princeton University Press, 1999.
4. S. L. Altmann. *Rotations, Quaternions, and Double Groups*. Oxford: Clarendon, 1986.
5. S. L. Altmann. "Hamilton, Rodrigues, and the Quaternion Scandal," *Mathematics Magazine* 62(5):291–308, December 1989.



## مقارنة خصائص النمو الجريبي عند نجاج العواس

### □ والعنزات الشامية بعد المعاملة بـ hMG

### Ovsynch

<sup>1</sup> اسيل الكرجوسلي <sup>2</sup> منصور أحمد <sup>3</sup> محمد الصالح

#### المخلص

هدفت هذه الدراسة إلى مقارنة تأثير مشاركة hMG في سياق برنامج توقيت الإباضة (Ovsynch) في أعداد الجريبات والنمو الجريبي ونسبة الحمل عند نجاج العواس والماعز الشامي.

وقنت الإباضة عند 10 نجاج عواس، و10 عنزات شامية باستخدام برنامج Ovsynch، وفيه حُقنت جميع الإناث بجرعة أولى من الهرمون المطلق لموجهة الغدد التناسلية (1mL) GnRH وبعد سبعة أيام حُقنت بالبروستاغلاندين  $PGF_{2\alpha}$  (1mL) و25IU من موجة المناسل الإياسي البشري (hMG) عضلياً معاً، وبعد 52 ساعة حُقنت بجرعة ثانية من (1mL) GnRH. لُقحت جميع الإناث صناعياً بعد الجرعة الثانية بـ 12-16 ساعة دون كشف شبق، باستخدام سائل منوي طازج ممدد جُمع بواسطة قاذف كهربائي قبل وقت التلقيح مباشرة. استخدم جهاز الأمواج فوق الصوتية المزود بمسبر خطي عبر المستقيم بتردد 7.5 MHz لمراقبة الجريبات المبيضية لمدة ثلاثة أيام متتالية، بدءاً من يوم حقن  $PGF_{2\alpha}$  و hMG ولمدة 3 أيام متتالية، ولتشخيص الحمل في اليوم 35 بعد التلقيح.

1 : طالب دكتوراه في قسم الإنتاج الحيواني، كلية الزراعة، جامعة دمشق

2 باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

3 أستاذ مساعد في قسم الإنتاج الحيواني، كلية الزراعة، جامعة دمشق

مقارنة خصائص النمو الجريبي عند نعاج العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة بـ hMG -

### Ovsynch

لم تُسجّل فروق معنوية في متوسط أعداد الجريبات الصغيرة والمتوسطة بين النعاج والعنزات في اليوم الأول من حقن hMG, وسُجّل غياب الجريبات الكبيرة عند النوعين الحيوانيين. بينما سُجّلت فروق معنوية ( $P<0.05$ ) في متوسط أعداد الجريبات الصغيرة بعد 24 و 48 ساعة من حقن hMG إذ كانت أعدادها عند العنزات أكبر مقارنة مع نظيرتها عند النعاج. لم تُسجّل فروق معنوية في متوسط أعداد الجريبات المتوسطة بعد 24 و 48 ساعة من حقن hMG. لم يُسجّل وجود جريبات كبيرة عند المعاملة بـ hMG وبعد 24 ساعة عند النعاج والعنزات المُعاملة، إلا أن أعدادها عند النعاج كانت أكبر ( $P<0.05$ ) مقارنة مع نظيراتها عند العنزات بعد 48 ساعة. لم تُسجّل فروق معنوية ( $P>0.05$ ) في متوسط قطر الجريب الإباضي ومتوسط النمو الجريبي ونسبة الحمل بين النوعين الحيوانيين. لم تُسجّل فروق معنوية ( $P>0.05$ ) في متوسط تراكيز كل من الاستراديول والبروجسترون بين نعاج العواس والعنزات الشامية طيلة فترة سحب عينات الدم. يمكن بناءً على نتائج الدراسة الحالية القول أنه يوجد تشابه كبير بين نعاج العواس، والعنزات الشامية بخصوص استجابتها لبرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG.

**كلمات مفتاحية:** hMG - Ovsynch - موسم التناسل - نعاج العواس - الماعز

الشامي.

## Comparison of characteristics of follicular growth in Awassi ewes and Shami goats after treatment with hMG-Ovsynch

Aseel AlKarjosli<sup>1</sup> , Mansour Ahmed<sup>2</sup> , Mohmmmed Saleh<sup>3</sup>

### Abstract

This study aimed to compare the effect of hMG in the context of the Ovsynch program on follicle numbers, follicular growth and pregnancy rate in Awassi ewes and Shami goats. Ovulation was synchronized in 10 Awassi ewes and 10 Shami goat does using the Ovsynch protocol, in which, all females were injected intramuscularly with a first dose of GnRH, and after seven days later with PGF<sub>2α</sub> and 25IU hMG and after 52 hours they were injected with a second dose of GnRH. All females were artificially inseminated 12-16 hours after the second dose of GnRH without estrus detection, using fresh diluted semen collected by electric ejaculator just before the time of insemination. Ultrasound device equipped with a 7.5 MHz transrectal linear probe was used to monitor ovarian follicles for three consecutive days, starting from the day of PGF<sub>2α</sub> and hMG injections, and to diagnose pregnancy on day 35 after insemination.

No significant differences were recorded in the mean numbers of small and medium follicles between ewes and goats at the time of hMG administration. No large follicles were recorded in the two animal species. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were recorded in the mean number of small follicles after 24 and 48 hours of hMG injection. No significant differences were recorded in the mean number of medium follicles after 24 and 48 hours of hMG injection. No large follicles were recorded after hMG administration and after

<sup>1</sup> PhD. Student, Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

<sup>2</sup> Researcher, General Authority for Scientific Agricultural Research.

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria

مقارنة خصائص النمو الجريبي عند نعاج العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة بـ hMG -

#### Ovsynch

24 hours in the treated ewes and goats, however, their numbers in the ewes were greater ( $P < 0.05$ ). No significant differences ( $p > 0.05$ ) were recorded in the mean diameter of the overtry follicle, average follicular growth and pregnancy rate between the two animal species. No significant differences ( $p > 0.05$ ) were recorded in the mean concentrations of estradiol and progesterone between Awassi ewes and Shami goat does throughout the blood sampling period. From the results of the current study, it may be concluded that there are a similar characteristics between the Awassi ewes and Shami goats regarding their response to the ovulation synchronization program in the combination with hMG.

**Keywords:** hMG - Ovsynch - breeding season - Awassi ewes - Shami goats.

## المقدمة

استُخدمت البرامج الهرمونية لزيادة القدرة على التحكم في التناسل من كشف للشبق ومزامنة الإباضة عند المجترات الصغيرة، إذ تساعد هذه البرامج في تحسين تطبيق التلقيح الصناعي وتقليل تكاليفه من خلال مزامنة الإباضة وإجراء التلقيح الصناعي دون الحاجة إلى كشف الشبق وبالتالي تقليل الجهد والتكاليف في إدارة مزارع التربية [12]. يُعد التلقيح الصناعي في وقت محدد مسبقاً مفيداً عندما تكون مستلزمات كشف الشبق غير متاحة أو ضعيفة، بالإضافة إلى أنه يساعد على تحديد موعد الولادة وفترة الحلابة لجميع إناث القطيع في المزرعة مما يُساعد في تقليل الجهد [8]. يتم التحكم بالشبق عند العنزات باستعمال الإسفنجات المهبلية المشبعة بالبروجيستيرون أو CIDR مع حقنة من الهرمون المنشط للمناسل المشيمائي الخيلي eCG عند نزع مصدر البروجيستيرون [7]. طُبقت مزامنة الشبق عند النعاج لمدة نصف قرن تقريباً [16] واعتمدت الطرائق المتبعة على التحكم في طول عمر الجسم الأصفر (باستخدام البروستاغلاندين أو البرجستاجين) وكانت أكثر الأدوات شيوعاً تلك المشبعة بالبروجستيرون التي يتم إدخالها لمدة 12-14 يوماً تليها حقنة عضلية من eCG [5]، وعلى الرغم من نجاح هذه التقانات [4]؛ [20] إلا أنه يمكن أن تؤدي المعاملة طويلة الأمد إلى انخفاض معدلات الحمل [22]؛ [11] والذي يمكن أن يعزى إلى ضعف نقل الحيوانات المنوية في الجسم الحي [6]. اقترح Pursley وزملاؤه (1995) [15] برنامجاً هرمونياً يعمل على التحكم بعدد الموجات الجريبية وبطول حياة الجسم الأصفر عند بقرات الحليب. يتضمن هذا البرنامج استخدام كلٍ من هرمون GnRH في اليوم 1 وهرمون PGF2 $\alpha$  في اليوم 7 ثم هرمون GnRH بعد 48 ساعة على التوالي وهو ما يعرف ببرنامج توقيت الإباضة "Ovsynch". استُخدم برنامج Ovsynch بنجاح عند النعاج [3]. اقترحت دراسات لاحقة مشاركة موجهاة المناسل مع Ovsynch بهدف تحفيز النمو الجريبي وتحسين نسبة الخصوبة [12]؛ [19].

يفترض برنامج Ovsynch أن الحقنة الأولى للهرمون المُحرر لموجهاة الغدد التناسلية (GnRH) تحث جريب المبيض على الإباضة ، مما يؤدي إلى تطور الجسم الأصفر.

### Ovsynch

كما تُؤدّي إلى بدء تطور موجةٍ جُريبيةٍ جديدة. في اليوم السابع من OvSynch ، يتم حقن البروستاغلاندين ( $PGF_{2\alpha}$ ) للحث على انحلال الأصفار، وللسماع بالتطور المستمر للجريب السائد في الموجة التالية. تتم مواقتة الإباضة باستخدام الجرعة الثانية من هرمون GnRH وتتم عملية التلقيح الصنعي بعد 12-16 ساعة دون الحاجة إلى كشف الشبق. هدفت هذه الدراسة إلى مقارنة تأثير مشاركة hMG في سياق برنامج توقيت الإباضة Ovsynch في أعداد الجريبات، والنمو الجريبي، ونسبة الحمل عند نعاج العواس، والماعز الشامي.

### مواد البحث وطرائقه

#### مكان إجراء البحث

أجريت الدراسة في محطتي دير الحجر لتربية أغنام العواس، وقرحتا لتربية الماعز الشامي في البحوث العلمية الزراعية في أثناء موسم التناسل (تموز-آب 2020) على 10 نعاج عواس و10 عنزات شامية بالغة بأعمار وأوزان متقاربة، ومرباة في حظائر نصف مفتوحة، وملحق بها مسرح خارجي وكان يقدم لها 600 غ من المركزات العلفية ، ويُسمح لها بالوصول الحر للتبن والدريس والحجر الملحي والماء .

#### توقيت الإباضة ضمن موسم التناسل

وقّنت الإباضة عند 10 نعاج عواس و10 عنزات شامية باستخدام برنامج Ovsynch، وفيه حُقنت جميع الإناث بجرعة أولى من GnRH (1mL) وبعد سبعة أيام حُقنت بـ  $PGF_{2\alpha}$  (1mL) (FATRO S.P.A,Italy) و hMG 25IU عضلياً في وقت واحد وبعد 52 ساعة حُقنت بجرعة ثانية من GnRH (1mL). نُقّحت جميع الإناث صناعياً باستخدام سائل منوي طازج بعد الجرعة الثانية بـ 12-16 ساعة بدون الحاجة إلى كشف شبق.

#### عينات الدم

سُحبت عينات الدم (5 مل) يومياً اعتباراً من يوم حقن  $PGF_{2\alpha}$  و hMG من الوريد الوداجي لجميع النعاج والعنزات، ولمدّة 5 أيام لاحقة باستخدام أنابيب مفرّغة، ومخصّصة

للاستعمال مرة واحدة مزودة بمادة  $K_3EDTA$  كمانع تخثر. نُقلت عينات الدّم باستخدام مثقّلة (Hettich, Rotofix 32A – ألمانيا) على سرعة 3500 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة، وعُزلت البلازما لكل عينة في عبوات بلاستيكية Eppendorf سعة كل منها 1.5 مل، خُصصت لقياس مستوى هرموني الإستراديول والبروجسترون. سُجّل على العبوات رقم النعجة/العنزة وتاريخ الجمع وحُفظت على درجة حرارة  $-20^{\circ}C$  لحين إجراء المعايرة الهرمونية. تم قياس تركيز الهرمونين في مخبر الفيزيولوجيا في مديرية الصحة الحيوانية التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، بطريقة معايرة الممتز المناعي المرتبط بالأنزيم ELISA (A3, DAS – إيطاليا) باستخدام مجموعات معايرة خاصة (DiaMetra إيطاليا).

### فحص التطور الجريبي وتشخيص الحمل

فُحصت الجريبات المبيضية يومياً اعتباراً من يوم حقن  $PGF_{2\alpha}$  و hMG ولمدّة 3 أيام متتابعة، باستخدام جهاز أمواج فوق صوتيّة (Honda Electronics, HS-2000V – اليابان) عن طريق المستقيم. صُنّقت الجريبات تبعاً لأقطارها في ثلاث فئات: جريباتٍ صغيرةٍ بأقطار ( $\geq 3$  مم)، جريباتٍ متوسطة تكون أقطارها (أصغر من 3 وأكبر من 6 مم)، جريباتٍ كبيرةٍ بأقطار ( $\leq 6$  مم). أُجري تشخيص الحمل في اليوم 35 بعد التلقيح باستخدام جهاز الأمواج فوق الصوتيّة أنف الذكر وسُجّلت حالات وجود حمل من عدمه.

### التحليل الإحصائي

نُستقت البيانات الخاصة بعدد الجريبات والنمو الجريبي ومعدل الحمل (نتائج تشخيص الحمل بالإيكو في اليوم 35 بعد التلقيح) في جداول خاصة تمهيداً لإجراء التحاليل الإحصائية الملائمة عليها باستخدام برنامج SAS 9.2 على النحو التالي:

- حُسبت متوسطات عدد الجريبات ومقدار النمو الجريبي والخطأ المعياري لهما باستخدام تعليمة MEANS.

### Ovsynch

- قُيِّمت الفروق بين عدد الجريبات ومقدار النمو الجريبي إحصائياً - في حال وجودها- باستخدام اختبار (Tuckey) المدرج ضمن تعليمة النماذج الخطية المعممة GLM تبعاً للنموذج الرياضي التالي:  

$$Y_i = X_i\beta + Z_i\gamma + \epsilon_i$$
 ، حيث:
  - $Y_i$ : المتغير المدروس (عدد الجريبات، مقدار النمو الجريبي).
  - $X_i$ : مصفوفة عمودية للمتغيرات التوضيحية (تعد مؤشرات ثابتة) التي يمكن قياسها من الإعدادات التجريبية (وهي في دراستنا معاملة تحريض النمو الجريبي بـ hMG أو eCG).
  - $\beta$ : مصفوفة المعاملات غير المعروفة وتُقدر بتطبيق طريقة أقل المربعات على بيانات المتغير المدروس.
  - $Z_i$ : تمثل  $\gamma$  مصفوفة العوامل العشوائية (مثل الحيوان) المؤثرة في المتغيرات المدروسة.
  - $\epsilon_i$ : الخطأ التجريبي.
- اختبرت الفروق -في حال وجودها- في نسبة الحمل باستخدام اختبار فيشر.

### النتائج

يبين الجدول (1) متوسط أعداد الجريبات بحسب أقطارها عند نجاج العواس والعنزات الشامية المُعاملة ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG. يُستدل من الجدول عدم تسجيل فروق معنوية في متوسط أعداد الجريبات الصغيرة والمتوسطة بين النجاج والعنزات في اليوم الأول من حقن موجّه المناسل، وسُجِّل غياب الجريبات الكبيرة عند النوعين الحيوانيين. وسُجِّلَت بعد 24 ساعة من حقن hMG فروقاً معنوية ( $P < 0.05$ ) في متوسط أعداد الجريبات الصغيرة إذ كانت أعدادها عند العنزات أكبر مقارنة مع نظيرتها عند النجاج (6.50 مقابل 4.60) على التوالي، ولم تُسجَّل فروق معنوية في متوسط أعداد الجريبات المتوسطة، ولوحظ غياب الجريبات الكبيرة عند النجاج والعنزات المُعاملة. وسُجِّلَت بعد 48 ساعة من حقن موجّه المناسل فروقاً معنوية ( $P < 0.05$ ) في متوسط أعداد الجريبات الصغيرة إذ كانت أعدادها عند العنزات أكبر مقارنة مع نظيرتها عند

النعاج (2.90 و 0.60, على التوالي), بينما لم تُسجَل فروق معنوية في متوسط أعداد الجربيات المتوسطة, أما بالنسبة لمتوسط أعداد الجربيات الكبيرة فقد كانت أعدادها عند النعاج أكبر مقارنة مع نظيراتها عند العنزات (3.50 و 0.80, على التوالي).

جدول (1) مقارنة متوسط أعداد الجربيات بحسب أقطارها عند معاملة نعاج العواس والعنزات الشامية ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG وبعدها بـ 24 و 48 ساعة

العنزات الشامية		نعاج العواس			قطر الجريب	ساعة بعد hMG حقن
المدى	المنوال	المتوسط	المدى	المنوال		
5-11	11	9.80 <sup>a</sup>	7-13	11	10.50 <sup>a</sup>	صغير
-	-	-	0-3	-	0.30	متوسط
-	-	-	-	-	-	كبير
3-10	5	6.50 <sup>b</sup>	1-7	5	4.60 <sup>a</sup>	صغير
0-8	4	4.00 <sup>a</sup>	3-9	4	5.70 <sup>a</sup>	متوسط
-	-	-	-	-	-	كبير
0-7	2	2.90 <sup>b</sup>	0-2	-	0.60 <sup>a</sup>	صغير
3-9	7	7.00 <sup>a</sup>	4-8	6	6.40 <sup>a</sup>	متوسط
0-3	-	0.80 <sup>b</sup>	1-6	4	3.50 <sup>a</sup>	كبير

تشير الأحرف العلوية المختلفة ضمن السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية ( $P < 0.05$ )

يبين الجدول (2) متوسط قطر الجريب الإباضي (مم) بعد معاملة نعاج العواس والعنزات الشامية ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG داخل موسم التناسل، إذ لم تُسجَل

مقارنة خصائص النمو الجريبي عند نجاج العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة بـ hMG -

### Ovsynch

فروق معنوية ( $P>0.05$ ) في هذا المؤشر بين النوعين الحيوانيين. ولم تُسجَل فروق معنوية ( $P>0.05$ ) في متوسط النمو الجريبي (مم/اليوم) بين نجاج العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG داخل موسم التناسل (جدول 3).

جدول (2) متوسط قطر الجريب الإباضي (مم) بعد معاملة نجاج العواس والعنزات الشامية ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG داخل موسم التناسل

العنزات الشامية		نجاج العواس		المعاملة
SE	المتوسط	SE	المتوسط	
0.67	5.30 <sup>a</sup>	-	6.00 <sup>a</sup>	Ovsynch+ hMG

تشير الأحرف العلوية المتماثلة ضمن السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية ( $P>0.05$ )

جدول (3) متوسط النمو الجريبي (مم/اليوم) عند نجاج العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG داخل موسم التناسل

P	العنزات الشامية		نجاج العواس		ساعة بعد حقن PGF <sub>2α</sub> +hMG
	SE	المتوسط	SE	المتوسط	
0.09	0.11	1.37 <sup>a</sup>	0.09	1.57 <sup>a</sup>	24
0.08	0.27	1.50 <sup>a</sup>	0.16	1.71 <sup>a</sup>	48

تشير الأحرف العلوية المتماثلة ضمن السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية ( $P>0.05$ )

يبين الجدول (4) نسبة الحمل داخل موسم التناسل عند نجاج العواس والعنزات الشامية المُعاملة ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG في اليوم 35 بعد التلقيح. لم

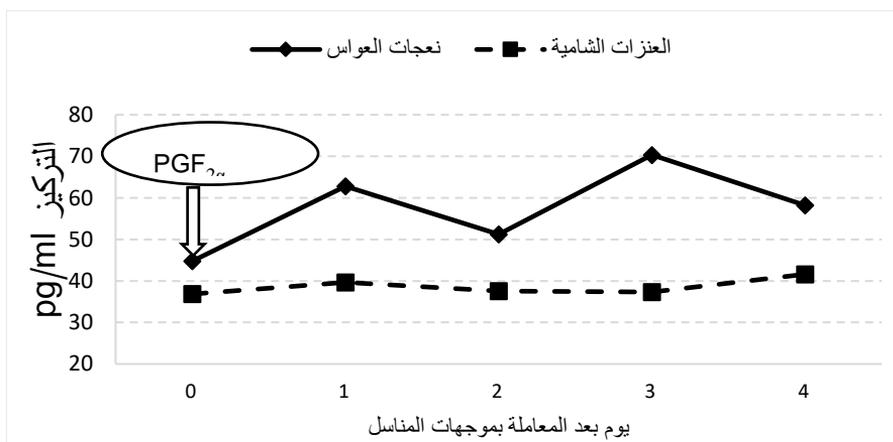
تُسجّل فروق معنوية بين النعاج والعنزات المُعاملة مع تفوق للعنزات الشامية على نعاج العواس رقمياً دون أن ترقى إلى مستوى المعنوية.

جدول (4) نسبة الحمل عند نعاج العواس والعنزات الشامية المعاملة ببرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG في اليوم 35 بعد التلقيح داخل موسم التناسل

المعاملة	نعاج العواس	العنزات الشامية	P
معدل الحمل %	80%	100%	0.13

#### تركيز هرموني الاستراديول والبروجسترون

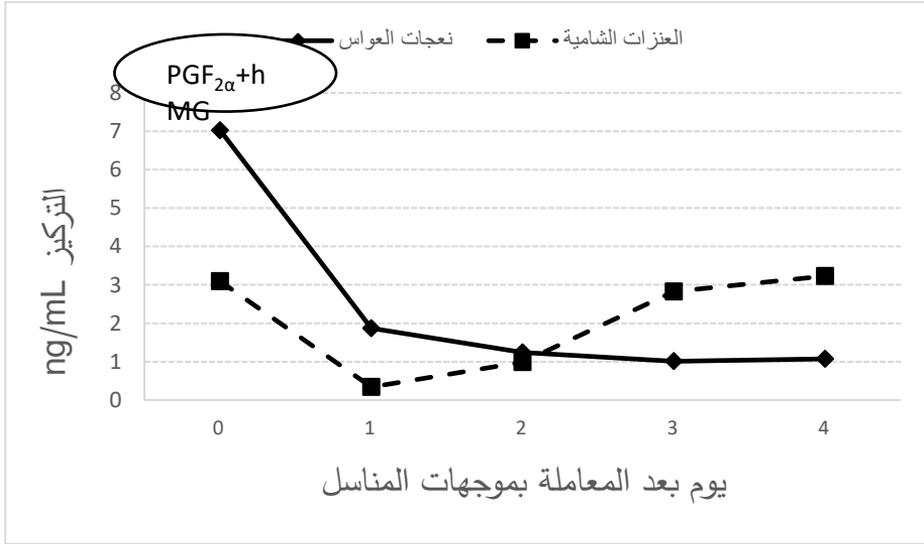
وعند المقارنة بين نعاج العواس والعنزات الشامية في متوسط تراكيز الاستراديول عند المعاملة ببرنامج توقيت الإباضة داخل موسم التناسل (الشكل 1)، يُلاحظ أن الخط البياني للعنزات بقي مستقراً ومنخفضاً طول فترة المعاملة، أما عند النعاج فكان الخط متذبذب صعوداً ونزولاً إذ بدأ منخفضاً في يوم حقن موجّه المناسل والبروستاغلاندين ثم ارتفع في اليوم التالي لينخفض في يوم حقن GnRH ليعود للارتفاع في اليوم التالي (يوم التلقيح) ثم عاد للانخفاض في اليوم الذي يلي يوم التلقيح.



## مقارنة خصائص النمو الجريبي عند نجاج العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة بـ hMG - Ovsynch

شكل (1) متوسط تراكيز الاستراديول عند نجاج العواس والعنزات الشامية عند المعاملة ببرنامج توقيت الإباضة داخل موسم التناسل

عند مقارنة متوسط تراكيز البروجسترون بين نجاج العواس والعنزات الشامية داخل موسم التناسل وعند المعاملة ببرنامج توقيت الإباضة (الشكل 2)، يُلاحظ أن تركيز البروجسترون عند العنزات والنجاج في يوم حقن موجه المناسل والبروستاغلاندين كان مرتفعاً ثم انخفض بشكل حاد بعد 24 ساعة من الحقن، واستمرت التراكيز منخفضة لمدة 3 أيام عند النجاج، في حين ارتفعت التراكيز عند العنزات بعد 48 ساعة من الحقن.



شكل (2) متوسط تراكيز البروجسترون عند نجاج العواس والعنزات الشامية عند المعاملة ببرنامج توقيت الإباضة داخل موسم التناسل

### المناقشة

إن النشاط الدوري للمبيض هو نتيجة التفاعل والتأثير المنسق لهرمونات متعددة في النظام البيولوجي. تتأثر الأنشطة التناسلية الدورية بالهرمونات في مراحل مختلفة مما يتيح مفهوم استخدام هرمونات خارجية مختلفة إما بمفردها أو مجتمعة من أجل مزامنة الشبق وتحسين الكفاءة التناسلية عند المجترات الصغيرة [23].

يرجع وجود فروق معنوية في متوسط أعداد الجريبات الصغيرة بعد 24 و 48 ساعة من حقن hMG عند النجاج والعنزات إلى أن الجريبات الصغيرة عند النجاج نمت بصورة أسرع

مقارنة مع العنزات وأصبحت جريبات متوسطة ولاحقاً كبيرة مع ملاحظة أنه لم يُسجل إلا تغيرات طفيفة في العدد الإجمالي للجريبات خلال أيام الفحص المتتالية. أظهرت نتائج هذه الدراسة معدلات حمل مرتفعة سواء بالنسبة للماعز أو النعاج (100% و80%)، على التوالي) وهذا يتفق مع دراسات سابقة [2] والتي أجراها على الماعز وسُجّلت فيها نسب حمل وصلت إلى 85%، إلا أنها أقل من دراسات أخرى [8]؛ [14]؛ [9] والتي بلغت نسب الحمل لديهم 58%، وقد تُعزى هذه الاختلافات في نسب الحمل إلى الاختلاف في السلالة أو المناخ أو الحالة الفيزيولوجية للحيوانات، كما يُمكن أن تُعزى إلى تأثير المشاركة مع موجه المناسل الإياسي البشري hMG.

استجابت جميع النعجات والعنزات للمعاملة ببرنامج ovsynch وهذا يتوافق مع دراسات كثيرة بهذا الخصوص [8]؛ [13]؛ [21]؛ [18]، وهذا يشير إلى ملائمة هذا البرنامج للمجترات الصغيرة تحت ظروف القطر العربي السوري.

يدل التقارب في مستويات الاستراديول بين النعجات والعنزات خلال فترة الدراسة على وجود تشابه إلى حد ما في خصائص النمو الجريبي بين النوعين، ومعلوم أن هذا الهرمون يُفرز من الجريبات النامية والتي تعمل على زيادة معدل إفراز الاستراديول [1]؛ [18]. إن الانخفاض الفوري في تراكيز البروجيستيرون عند النعجات والعنزات بعد جرعة البروستاغلاندين دليل واضح على الحساسية المرتفعة للأجسام الصفراء عند النوعين للبروستاغلاندين، وقد سلكت مستويات البروجيستيرون سلوكاً مشابهاً لما هو متعارف عليه عند الأغنام والماعز [10]؛ [18]؛ [17].

### الاستنتاجات والتوصيات

يمكن بناءً على نتائج الدراسة الحالية القول أن تطبيق برنامج توقيت الإباضة Ovsynch بالمشاركة مع hMG يعطي نتائج مرضية من حيث ارتفاع نسب الحمل وأنه يوجد تشابه كبير بين نعاج العواس والعنزات الشامية بخصوص استجابتها لبرنامج توقيت الإباضة بالمشاركة مع hMG.

يوصى بتطبيق هذا البرنامج على أعداد أكبر من نعاج العواس والماعز الشامي بغرض توثيق النتائج التي تم التوصل لها في هذه الدراسة.

## المراجع

1. **Barrett D, Bartlewski P, Batista-Arteaga M, Symington A, Rawlings N. (2004).** Ultrasound and endocrine evaluation of the ovarian response to a single dose of 500 IU of eCG following a 12-day treatment with progestogen-releasing intravaginal sponges in the breeding and nonbreeding seasons in ewes. *Theriogenology* 61, 311-327.
2. **Cinar M, Ceyhan A, Yilmaz O, Erdem H. (2017).** Effect of estrus synchronization protocols including PGF<sub>2α</sub> and GnRH on fertility parameters in hair goats during breeding season. *JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(4), 1083-1087.
3. **Deligiannis C, Valasi I, Rekkas CA, Goulas P, Theodosiau E, Lainas T, Amiridis GS. (2005).** Synchronization of ovulation and fixed time intrauterine insemination in ewes. *Reprod Domest Anim*, 40, 6-10.
4. **Fukui Y, Ishikawa D, Ishida N, Okada M, Itagaki R, Ogiso T. (1999).** Comparison of fertility of estrous synchronized ewes with four different intravaginal devices during the breeding season. *J Reprod Dev*, 45, 337-343.
5. **Gordon I.(1997).** *Controlled Reproduction in sheep and goat.* CAB International 1997.
6. **Hawk HW, Cooper BS. (1977).** Sperm transport into the cervix of the ewes after regulation of estrus with prostaglandin or progestogen. *J Anim Sci*, 44, 638-643.
7. **Holtz W. (2005).** Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Rum. Res.*, 60: 95-110.
8. **Holtz W, Sohnrey B, Gerland M, Driancourt MA. (2008).** Ovsynch synchronization and fixed-time insemination in goats. *Theriogenology*, 69:785-792.
9. **Kulaksiz R, Ucar O, Daskin A. (2013).** Effects of FGA Sponge and Ovsynch Based Protocols on Reproductive Performance of Fat-tailed Ewes During the Breeding Season. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 19 (4): 629-633.
10. **Maldonado J, Moreno EA, Caballero JF, Corredor CA, Sanchez J. (2021).** Reproductive management of the goat. *Agro*

Productividad. Agro Productividad.

<https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2059>.

11. **Martin GB, Milton J, Davidson R, Banchero-Hunzicker G, Lindsay D, Blache D. (2004).** Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim Reprod Sci*, 82-83, 231-245.
12. **Nowicki A, Baranski W, Baryczka A, Janowski T. (2017).** OvSynch protocol and its modifications in the reproduction management of dairy cattle herds – an update. *J Vet Res* 61, 329-336.
13. **Nur Z, Nak Y, Nak D, Ner BST, Tuna B, Simsek G, Sagirkaya H.(2013).** The use of progesterone-supplemented Co-synch and Ovsynch for estrus synchronization. *Turk J Vet Anim Sci*, 37: 183-188.
14. **Panicker SS, Kanjirakuzhiyil P, Koodathil R, Kanakkaparambil R. (2015).** Oestrous response and conception rate in Malabari cross-bred goats following two different oestrus synchronization protocols. *J. Anim. Health Prod*, 3(2), 39-42.
15. **Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. (1995).** Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF $2\alpha$  and GnRH. *Theriogenology*, 44, 915-923.
16. **Robinson TJ, Moore NW, Holst PJ, Smith JF. (1967).** The evaluation of several progestogens administered in intravaginal sponges for the synchronization of estrus in the entire cyclic Merino ewe. In, Robinson TJ (Ed): *Control of the Ovarian Cycle in the Sheep*. White and Bull PTY Ltd. United States. pp.76-91.
17. **Saleh M, Holtz W.(2022).** LH pattern and ovarian response in ovsynch-synchronized superovulated goats induced to ovulate with GnRH or hCG. *Theriogenology*: [www.theriojournal.com](http://www.theriojournal.com).
18. **Salloum A, Saleh M.(2022).** Comparison of GnRH and hCG effects on oestradiol, progesterone and premature luteolysis in Ovsynch-synchronized ewes. *Reproduction in Domestic animals*, DOI: 10.1111/rda.14094.

19. **Skliarov P, Perez C, Petrusha V, Fedorenko S, Bilyi D. (2021).** Induction and synchronization of oestrus in sheep and goats. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1), p.39-53.
20. **Ucar O, Kaya M, Yildiz S, Onder F, Cenesiz M, Uzun M. (2005).** Effect of progestagen/PMSG treatment for oestrus synchronisation of Tuj ewes to be bred after the natural breeding season. *Acta Vet Brno*, 74, 385-393.
21. **Vallejo DA, Londono JD, Yepes YA, Tamayo V, Mejia AF, Maldonado JG. (2019).** Pregnancy rates in hair sheep after Ovsynch synchronization and a combined intracervical fixed-time artificial insemination and 10 day mating period. *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916.
22. **Viñoles C, Forsberg M, Banchemo G, Rubianes E. (2001).** Effect of long term and short term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*, 55, 993-1004.
23. **Yadav V, Chandolia RK, Dutt R, Bisla A, Saini G, Singh G, Ranga LC. (2020).** Effect of ovsynch estrus synchronization protocol on fertility in crossbred ewes. *J. Anim. Res.*, 10(4): 543-549.

مقارنة خصائص النمو الجريبي عند نعاك العواس والعنزات الشامية بعد المعاملة بـ hMG -  
Ovsynch

---