

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 22

1445 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث
م. هلا معروف

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	عضو هيئة التحرير

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- إذا كان الباحث طالب دراسات عليا: يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
- إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية: يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
- إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث : يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
- إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية : يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
 - 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 (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة 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 (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
34-11	أركان خلف د. عبد اللطيف هنانو	الجداء التنسوري لتمثيلات جبر لي وعلاقة هذه التمثيلات مع تمثيلات زمرة لي
64-35	اكتمال الحزوري د. جورج غندور	دراسة أثر استخدام الأسمدة العضوية في بعض خواص النمو وإنتاجية الزعفران في ظروف مدينة حمص
106-65	غيداء الحسن د. عدنان كودلاً د. جهاد الوهبي	دراسة كوانتية للخصائص البنيوية والإلكترونية والترموديناميكية والطيفية للبورفيرين
138-107	د. حسن المقدم د. علي ملحم كفى سنبل	تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة
188-139	وعد الطرابيشي د. ندى محفوض د. محمد بكداش	دراسة تأثير العوامل الديموغرافية على الإصابة الطفيلية المعوية عند أطفال المدارس في حمص وريفها

الجداء التنسوري لتمثيلات جبر لي وعلاقة هذه

التمثيلات مع تمثيلات زمرة لي

أركان الخلف¹ و أ.م.د. عبداللطيف هنانو²

قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة دمشق

المخلص

ليكن ρ, σ تمثيلين لجبر لي، عندئذٍ الجداء التنسوري لهما $\rho \otimes \sigma$ هو تمثيل جديد لجبر لي. في هذه الورقة العلمية درسنا صفات التمثيل $\rho \otimes \sigma$ انطلاقاً من صفات التمثيلين ρ, σ ، وتوصلنا إلى أنه إذا كان ρ و σ غير خزولين، فإن $\rho \otimes \sigma$ ليس بالضرورة غير خزول، وإذا كان ρ و σ واحديين فإن $\rho \otimes \sigma$ ليس بالضرورة واحدي. كما درسنا وزن التمثيل $\rho \otimes \sigma$ وأثبتنا أنه إذا كان μ, λ وزنين لـ ρ و σ على الترتيب، فإن $\mu + \lambda$ هو وزن لـ $\rho \otimes \sigma$ ، واستنتجنا أنّ $\mu + \lambda$ وزن أعلى لـ $\rho \otimes \sigma$ إذا كان كلٌّ من μ, λ هو وزن أعلى. درسنا أيضاً العلاقة بين تمثيل جبر لي وتمثيل زمرة لي واستطعنا إثبات أنّ كل تمثيل لجبر لي نصف البسيط هو خزول تماماً وواحد وذلك بالاعتماد على تمثيل زمرة لي الموافقة له، كما استطعنا تعيين تمثيلات وتمثيلات ثنوية غير خزولة و خزولة تماماً لجبر لي بالاعتماد على تمثيل زمرة لي الموافقة له وبالعكس.

الكلمات المفتاحية: جبر لي، زمرة لي، تمثيل جبر لي، تمثيل زمرة لي.

¹ طالبة دراسات عليا (دكتوراه).

² أستاذ مساعد، قسم الرياضيات جامعة دمشق.

The Tensor Product Of Representations Of Lie Algebra And It's Relation With Lie Group's Representations

Arkan Alkhalaf¹ and Abed Alatef Hanano²

Department of Mathematics- Faculty of Sciences-
Demascus University

ABSTRACT

Let ρ, σ representations of lie algebra, then the tensor product of them $\rho \otimes \sigma$ is a new representation of lie algebra. In this paper we studied the properties of the representation $\rho \otimes \sigma$ with depending on the properties of ρ and σ , and we finde that if ρ and σ are irreducible then $\rho \otimes \sigma$ is not necessarily irreducible and if ρ and σ are unitary then $\rho \otimes \sigma$ is not necessarily unitary. We also study the weight of the representation $\rho \otimes \sigma$, and proved that if μ, λ were weights of ρ, σ respectively, then $\mu + \lambda$ is weight of $\rho \otimes \sigma$, then we concluded that $\mu + \lambda$ is the highest weigh of $\rho \otimes \sigma$ if μ and λ were highest We also studied the relationship between the weights of ρ and σ . representation of lie algebra and the representation of lie group, and proved that the representation of semisimple lie algebra is completely reducible and unitary with depending on the representation of its lie group. We also find representation and dual representation that is irreducible and completely reducible of lie algebra with depending on the representation of its lie group and contrarily.

Keywords: Lie Algebra, Lie Group, Representation of Lie Algebra, Representation of Lie Group.

¹ High studies student, Ph.D student.

² Assistant Professor, Department of Mathematics, Demascus University

1- مقدمة:

كانت بداية ظهور نظرية التمثيل على يد العالم Frobenius عام 1896، وتم تطويرها من قبل عدد من العلماء منهم Burnsied و E.Noither، حيث قامت E.Noither بتعريف التمثيل المصفوفي الذي مثل نقلة نوعية في نظرية التمثيل، واكتسبت نظرية التمثيل أهميتها من خلال تطبيقاتها التي شملت ميادين عدة منها الكيمياء والفيزياء وخصوصاً ميكانيك الكم.

تشمل نظرية التمثيل عدة فروع منها تمثيل الجبر والزمير، وعندما نقوم بتمثيل جبر أو زمرة فإننا نستبدل كل عنصر من عناصرهما بمؤثر خطي وهذا ما ينقلنا إلى الجبر الخطي ويساعدنا على دراسة الصفات التي من الممكن أن يتمتع بها التمثيل كالحزولية والحزولية التامة والواحدية، كما أنه من أجل كل تمثيل ρ أو تمثيلين ρ, σ يمكن الحصول دائماً على تمثيلات جديدة كالتمثيل الثنوي ρ^* والجداء التنسوري لتمثيلين $\rho \otimes \sigma$ ، لذلك سيتبادر إلى الذهن التساؤل هل يتمتع ρ^* بصفات ρ ذاتها؟ وهل سيتمتع $\rho \otimes \sigma$ بصفات كل من ρ, σ ذاتها؟

تركز اهتمامنا على التمثيل منتهي البعد لجبر لي وزمرة لي منتهي البعد، لذلك درسنا في [1] التمثيل الثنوي لزمرة لي، وفي [2] التمثيل الثنوي لجبر لي نصف السيط، كما درسنا في [3] الجداء التنسوري لتمثيلات زمرة لي وفي المحور الأول من هذه الورقة العلمية قمنا بدراسة الجداء التنسوري لتمثيلات جبر لي ومناقشة الصفات التي سيكتسبها هذا التمثيل من التمثيلين الأساسيين.

وبما أن زمرة لي مرتبطة بجبر لي، تناولنا في المحور الثاني من هذه الورقة العلاقة بين تمثيل هاتين البنيتين، ودرسنا كيفية استنتاج صفات تمثيل كل منهما بالاعتماد على تمثيل البنية الأخرى.

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة الجداء التنسوري لتمثيلات جبر لي، ومعرفة فيما إذا كان الجداء التنسوري لتمثيلين يتمتع بصفات التمثيلين الأساسيين ذاتها، كما يهدف إلى دراسة العلاقة بين تمثيل جبر لي وتمثيل زمرة لي المقابلة له ومحاولة استنتاج صفات تمثيل كل منهما بالاعتماد على تمثيل الآخر.

3- مواد البحث وطرائقه:

اعتمدنا في بحثنا على المراجع والدوريات العلمية، بالإضافة إلى إجراء مناقشات مع متخصصين في هذا المجال من أعضاء قسم الرياضيات في كلية العلوم بجامعة دمشق.

4- الدراسة المرجعية:

جبر لي وزمرة لي:

1.4. تعريف [7]: ليكن g فضاءً متجهياً منتهي البعد على حقل K ، ومزوداً بالتطبيق $g \rightarrow g \times g: [\cdot, \cdot]$ ، يُقال عن g إنه جبر لي منتهي البعد على الحقل K إذا تحقق: - التطبيق $[\cdot, \cdot]$ ثنائي الخطية.

2- التطبيق $[\cdot, \cdot]$ متناظر تخالفاً أي: $[X, Y] = -[Y, X] \forall X, Y \in g$.

3- التطبيق $[\cdot, \cdot]$ يحقق متطابقة جاكوبي (Jacobi) أي:

$$[X, [Y, Z]] + [Y, [Z, X]] + [Z, [X, Y]] = 0 \forall X, Y, Z \in g$$

إذا كان $K = \mathbb{R}$ ، يُقال عن g إنه جبر لي الحقيقي، وإذا كان $K = \mathbb{C}$ ، يُقال عن g إنه جبر لي العقدي.

1.4. أمثلة [7]:

1- $gI(V)$ مجموعة الإندومورفيزمات على الفضاء $V(K)$ تشكل جبر لي وذلك

بتعريف التطبيق $[\cdot, \cdot]$ بالشكل:

$$[\varphi, \mu] = \varphi \circ \mu - \mu \circ \varphi \forall \varphi, \mu \in gI(V)$$

2- $gI(n, K)$ جبر المصفوفات المربعة بمدخلات من الحقل K يشكل جبر لي وذلك

بتعريف التطبيق $[\cdot, \cdot]$ بالشكل:

$$[A, B] = AB - BA \quad \forall A, B \in \mathfrak{gl}(n, K)$$

ويبرهن على أن $\mathfrak{gl}(V)$ و $\mathfrak{gl}(n, K)$ متماثلان.

2.4. تعريف [9]: ليكن \mathfrak{g} جبر لي مبني على الحقل \mathbb{R} ، عندئذٍ $\mathfrak{g}_{\mathbb{C}}$ هو جبر لي الناتج

عن تحويل \mathfrak{g} إلى جبر لي عقدي، ويكون معرف بالشكل:

$$\mathfrak{g}_{\mathbb{C}} = \mathfrak{g} \oplus i\mathfrak{g} = \{X + iY ; X, Y \in \mathfrak{g}\}$$

ويكون:

$$(X_1 + iY_1) + (X_2 + iY_2) = (X_1 + X_2) + i(Y_1 + Y_2)$$

$$(a + ib)(X + iY) = (aX - bY) + i(aY + bX)$$

وذلك من أجل كل $X_1, Y_1, X_2, Y_2 \in \mathfrak{g}$ ، $a, b \in \mathbb{R}$ ، كما أن

$$\dim \mathfrak{g} = \dim \mathfrak{g}_{\mathbb{C}}$$

3.4. تعريف [6]: ليكن \mathfrak{g} جبر لي، يُقال عن العنصرين $X, Y \in \mathfrak{g}$ إنهما متبادلان إذا

كان $[X, Y] = 0$ ، ويُقال عن \mathfrak{g} إنّه تبديلي إذا تحقق:

$$[X, Y] = 0 \quad \forall X, Y \in \mathfrak{g}$$

4.4. تعريف [7]: ليكن \mathfrak{g} جبر لي، وليكن \mathfrak{h} فضاءً جزئياً من \mathfrak{g} ، يُقال عن \mathfrak{h} إنّه جبر

لي جزئي من \mathfrak{g} إذا كان:

$$[H_1, H_2] \in \mathfrak{h} \quad \forall H_1, H_2 \in \mathfrak{h}$$

ويُقال عن \mathfrak{h} إنّه مثالي في \mathfrak{g} إذا تحقق:

$$[X, H] \in \mathfrak{h} \quad \forall X \in \mathfrak{g}, H \in \mathfrak{h}$$

ويُعرف مركز جبر لي، والذي يُرمز له $Z(\mathfrak{g})$ بأنه المثالي:

$$Z(\mathfrak{g}) = \{X \in \mathfrak{g} ; [X, Y] = 0 \quad \forall Y \in \mathfrak{g}\}$$

وإذا كان \mathfrak{h} جبر جزئي من \mathfrak{g} ، عندئذٍ يُعرف مناظم \mathfrak{h} في \mathfrak{g} (Normalizer) بأنه

الجبر الجزئي:

$$N_{\mathfrak{g}}(\mathfrak{h}) = \{X \in \mathfrak{g} ; [X, Y] \in \mathfrak{h} \quad \forall Y \in \mathfrak{h}\} \subset \mathfrak{g}$$

5.4. تعريف [7]: ليكن g, h جبري لي، يُقال عن التطبيق الخطي $\varphi: g \rightarrow h$ إنّه تشاكل لجبر لي إذا تحقق:

$$\varphi[X, Y] = [\varphi(X), \varphi(Y)] \quad \forall X, Y \in g$$

وفي الحالة التي يكون فيها φ غامر ومتباين، يُقال إنّه إيزومورفيزم، كما يُبرهن على أنّ نواة التشاكل هي مثالي في g .

6.4. تعريف [6]: ليكن g جبر لي، يُقال عن g إنّه غير خزل (Irreducible) إذا كان يملك مثاليين وحيدين هما g ونفسه $\{0\}$ ، كما يُقال عن g إنّه بسيط (Simple) إذا كان غير خزل، و $\dim g \geq 2$. يُقال عن g إنّه نصف بسيط (Semisimple) إذا كُتب على شكل مجموع مباشر لجبور لي بسيطة.

7.4. تعريف [7,8]: ليكن g جبر لي، وليكن h جبر جزئي من g ، يُقال عن h إنّه جبر كارتان جزئي من g إذا كان h عديم القوى، و $N_g(h) = h$.

في الحالة العامة ليس كل جبر لي يملك جبر كارتان جزئي، إلا أنّ جبر لي نصف البسيط يملك دائماً جبر كارتان جزئي. وفي الحالة التي يكون فيها جبر لي نصف بسيط يمكن تعريف جبر كارتان بآته الجبر الجزئي التبادلي الأعظمي من g .

8.4. تعريف [8]: يُقال عن المتنوع التبولوجي التفاضلي G ، والذي بعده n إنّه زمرة لي (Lie) منتهية البعد إذا كانت G زمرة وكان التطبيقان:

$$\begin{aligned} \mu: G \times G &\rightarrow G & I: G &\rightarrow G \\ (x, y) &\rightarrow xy & x &\rightarrow x^{-1} \end{aligned}$$

قابلين للمفاضلة.

2.4. أمثلة [8]:

1- $GL(V)$ زمرة المؤثرات الخطية القلوية على الفضاء المتجهي V .

2- $GL(n, K)$ زمرة المصفوفات المربعة القلوية بمدخلات من الحقل K .

ويُبرهن على أن $GL(n, K) \cong GL(V)$

9.4. تعريف [8]: لتكن G زمرة لي، يُقال عن H إنها زمرة لي جزئية من G إذا كانت H زمرة جزئية من G وتملك بنية تفضلية تجعلها زمرة لي، ومتنوع جزئي من G ، بحيث يكون تطبيق الاحتواء $i: H \rightarrow G$ قابل للمفاضلة.

1.4. ملاحظة [8]: كل زمرة لي تُعَيّن جبر لي موافق لها، وكل جبر لي حقيقي يماثل جبر لي موافق لزمرة لي.

2.4. ملاحظة [6]: إنّ زمرة لي تأخذ صفة الفضاء التبولوجي الذي بُنيت عليه، فقد تكون زمرة لي متراسة أو مترابطة أو بسيطة الترابط.

10.4. تعريف [6]: ليكن \mathfrak{g} جبر لي على الحقل \mathbb{C} ، يُقال عن \mathfrak{g} إنه اختزالي (reductiv) إذا وُجدت زمرة لي متراسة K و \mathfrak{k} جبر لي موافق لها، بحيث يكون $\mathfrak{g} = \mathfrak{k}_{\mathbb{C}}$.

يُقال عن جبر لي \mathfrak{g} إنه نصف بسيط إذا كان اختزالي و $Z(\mathfrak{g}) = \{0\}$

1.4. مبرهنة [6]: لتكن K زمرة لي متراسة وبسيطة الترابط، و \mathfrak{k} جبر لي موافق لها، عندئذٍ $\mathfrak{g} = \mathfrak{k}_{\mathbb{C}}$ هو جبر لي نصف بسيط

2.4. مبرهنة [6]: لتكن G زمرة لي، و \mathfrak{g} جبر لي موافق لها، عندئذٍ:

1- إذا كانت H زمرة جزئية من G ، و \mathfrak{h} جبر لي موافق لها، فإنّ \mathfrak{h} جبر لي جزئي من \mathfrak{g} .

2- إذا كان \mathfrak{h} جبر لي جزئي من \mathfrak{g} فإنّه توجد زمرة جزئية من G وحيدة مترابطة ولتكن H بحيث يكون \mathfrak{h} هو جبر لي موافق لها.

3.4. مبرهنة [6]: لتكن G, H زمرتي لي، و $\mathfrak{g}, \mathfrak{h}$ جبري لي الموافقين لهما على الترتيب، عندئذٍ:

1- إذا كان $\varphi: G \rightarrow H$ تشاكل لزمرة لي، فإنّ $d\varphi = \Phi: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{h}$ تشاكل لجبر لي.

2- إذا كان $\Phi: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{h}$ تشاكل لجبر لي، و G بسيطة الترابط فإنه يوجد تشاكل وحيد

$$d\varphi = \Phi \text{ بحيث يكون } \varphi: G \rightarrow H \text{ لزمرة لي}$$

تمثيل جبر لي وزمرة لي:

11.4. تعريف [8,7]: ليكن \mathfrak{g} جبر لي، وليكن $V(K)$ فضاءً متجهياً منتهياً البعد

بعده n ، يُعرّف تمثيل جبر لي \mathfrak{g} على الفضاء $V(K)$ بأنه تشاكل جبر لي:

$$\rho: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{gl}(V)$$

الذي يُقرن كل عنصر $X \in \mathfrak{g}$ بمؤثر خطي $\rho(X)$ على الفضاء $V(K)$ ، والذي يُحقق:

$$\rho[X, Y] = [\rho(X), \rho(Y)] = \rho(X) \circ \rho(Y) - \rho(Y) \circ \rho(X)$$

ومن أجل زمرة لي G ، يُعرّف التمثيل ρ بأنه التشاكل الزمري القابل للمفاضلة:

$$\rho: G \rightarrow GL(V)$$

$$g \rightarrow \rho_g$$

وبما أنّ $\mathfrak{gl}(V) \cong \mathfrak{gl}(n, K)$ و $GL(V) \cong GL(n, K)$ ، فإنّ التمثيل الناتج يُسمى

التمثيل المصفوفي.

12.4. تعريف [6,7]: ليكن \mathfrak{g} جبر لي، وليكن التطبيق الخطي

$$ad_X: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{g}; X \in \mathfrak{g} \text{، والمعرّف بالشكل } ad_X(Y) = [X, Y] \forall Y \in \mathfrak{g} \text{، عندئذٍ}$$

التطبيق:

$$ad: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{gl}(\mathfrak{g})$$

$$X \rightarrow ad_X$$

هو تشاكل لجبر لي يُسمى التمثيل المرافق لـ \mathfrak{g} ، ويُبرهن على أنّ

$$Ker(ad) = Z(\mathfrak{g}). \text{ وإذا كانت } G \text{ زمرة لي، و } \mathfrak{g} \text{ جبر لي الموافق لها، فإنه من أجل}$$

كل $g \in G$ يوجد تطبيق خطي $Ad_g: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{g}$ معرّف بالشكل:

$$Ad_g(X) = gXg^{-1} \forall X \in \mathfrak{g}$$

$$Ad: G \rightarrow GL(\mathfrak{g})$$

$$g \rightarrow Ad_g$$

يُسمى بالتمثيل المرافق لـ G .

13.4. تعريف [6]: ليكن ρ تمثيلاً لجبر لي \mathfrak{g} على الفضاء $V(K)$ ، وليكن W فضاءً جزئياً من V ، يُقال عن W إنه \mathfrak{g} -فضاء جزئي من V إذا كان:

$$\rho(X)(W) \subseteq W \quad \forall X \in \mathfrak{g}$$

وفي هذه الحالة يُمكن تعيين تمثيلاً ρ_W للجبر \mathfrak{g} على الفضاء W يسمى تمثيلاً جزئياً من ρ .

يُقال عن ρ إنه خزولٌ (Reducible) إذا كان يملك \mathfrak{g} -فضاء جزئي فعلي من V ، وبخلاف ذلك يُقال عن ρ إنه غير خزول (Irreducible).

كما يُقال عن ρ إنه خزولٌ تماماً (Completely reducible) إذا تحقق:

من أجل أي \mathfrak{g} -فضاء U جزئي من V يوجد \mathfrak{g} -فضاء جزئي من V وليكن W بحيث $V = U \oplus W$.

وبكلمة ثانية يُقال عن ρ إنه خزولٌ تماماً إذا كُتِبَ على شكل مجموع مباشر لتمثيلات جزئية غير خزولة.

وبشكلٍ مشابه يتم تعريف التمثيل الخزول، غير الخزول والخرول تماماً لزمرة لي.

4.4. مبرهنة [8]:

1- كل تمثيل لزمرة لي المتراسة هو تمثيل خزول تماماً.

2- كل تمثيل لجبر لي نصف البسيط هو تمثيل خزول تماماً.

14.4. تعريف [6]: ليكن ρ, σ تمثيلين لجبر لي \mathfrak{g} على الفضاءين $V(K), W(K)$ على الترتيب، يقال عن التطبيق $\varphi: V \rightarrow W$ إنه تطبيق مشابهة (Intertwining) أو \mathfrak{g} -تساكل إذا تحقق:

$$(\varphi \circ \rho(X))(v) = (\sigma(X) \circ \varphi)(v) \quad \forall X \in \mathfrak{g}, v \in V$$

ومن أجل زمرة لي G ، يُقال عن φ إنه G -تساكل إذا تحقق:

$$(\varphi \circ \rho(g))(v) = (\sigma(g) \circ \varphi)(v) \quad \forall g \in G, v \in V$$

وفي الحالة التي يكون فيها φ تقابل، يُقال عن σ و ρ إنهما متماثلان.

15.4. تعريف [8]: ليكن ρ تمثيلاً لجبر لي g على الفضاء $V(K)$ ، يُعرّف التمثيل

التثوي ρ بأنه تشاكل جبر لي التالي: $\rho^*: g \rightarrow gI(V^*)$ والمعرف بالشكل:

$$\rho^*(X)(\varphi) = -(\varphi \circ \rho)(X) \quad \forall X \in g, \varphi \in V^*$$

أي إن كل تمثيل ρ لجبر لي g على الفضاء $V(K)$ يعين تمثيلاً تثويًا ρ^* على الفضاء V^* .

وإذا كان ρ تمثيلاً لزمرة لي G على الفضاء $V(K)$ ، يُعرّف التمثيل التثوي ρ بأنه

التشاكل الزمري القابل للمفاضلة التالي:

$$\rho^*: G \rightarrow GL(V^*)$$

$$g \rightarrow \rho_{g^{-1}}^{tr}: V^* \rightarrow V^*$$

$$\rho_{g^{-1}}^{tr}(\varphi) = \varphi \circ \rho_{g^{-1}} \quad \forall \varphi \in V^*$$

16.4. تعريف [10,5]: ليكن $V(K), W(K)$ فضاءين متجهيين منتهيي البعد

قاعدتيهما على الترتيب $\alpha = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}, \beta = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ عندئذٍ

$\{e_i \otimes f_j; 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m\}$ قاعدة لفضاء الجداء التتسوري $V \otimes W$

المعرف بالشكل:

$$V \otimes W = \{v \otimes w = \sum_{i=1}^n \lambda_i e_i \otimes \sum_{j=1}^m \mu_j f_j\}$$

$$= \{\sum_{i,j=1}^{n,m} \lambda_i \mu_j e_i \otimes f_j; \mu, \lambda \in F\}$$

كما أن $\dim(V \otimes W) = \dim V \cdot \dim W$.

وإذا كان \tilde{V}, \tilde{W} فضاءين جزئيين من V و W على الترتيب، عندئذٍ $\tilde{V} \otimes \tilde{W}$ هو فضاء

جزئي من فضاء الجداء التتسوري $V \otimes W$.

ومن أجل فضاء الجداء التتسوري $V \otimes V$ ، والتطبيق الخطي:

$$\varphi: V \otimes V \rightarrow V \otimes V$$

$$v \otimes w \rightarrow w \otimes v$$

فإنّ كلاً من الفضاءين

$$S^2V = \{u \in V \otimes V; \varphi(u) = u\}, \quad A^2V = \{u \in V \otimes V; \varphi(u) = -u\}$$

هو فضاء جزئي من $V \otimes V$ ، كما أنّ $V \otimes V = S^2V \oplus A^2V$.

وإذا كان كلاً من V و W هو فضاء جداء داخلي، فإنّ فضاء الجداء التتسوري $V \otimes W$ هو فضاء جداء داخلي، ويُعرف الجداء الداخلي على $V \otimes W$ بالشكل:

$$\langle v \otimes w, \hat{v} \otimes \hat{w} \rangle = \langle v, \hat{v} \rangle \langle w, \hat{w} \rangle = \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i \lambda_i \sum_{j=1}^m \bar{\mu}_j \mu_j$$

17.4. تعريف [6]: ليكن ρ, σ تمثيلين لجبري لي $\mathfrak{g}, \mathfrak{h}$ على الفضاءين

$V(K), W(K)$ على الترتيب، يُعرّف الجداء التتسوري الخارجي لـ σ و ρ بأنه تشاكل

جبر لي التالي:

$$\rho \hat{\otimes} \sigma: \mathfrak{g} \oplus \mathfrak{h} \rightarrow \mathfrak{gl}(V \otimes W)$$

والمعرّف بالشكل:

$$(\rho \hat{\otimes} \sigma)(X, Y)(v \otimes w) = \rho(X)(v) \otimes w + v \otimes \sigma(Y)(w)$$

وذلك من أجل كل $X \in \mathfrak{g}, Y \in \mathfrak{h}$.

وإذا كان ρ, σ تمثيلين لجبر لي \mathfrak{g} على الفضاءين $V(K), W(K)$ على الترتيب،

يُعرّف الجداء التتسوري الداخلي للتمثيلين σ و ρ بأنه تشاكل جبر لي التالي:

$$\rho \otimes \sigma: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{gl}(V \otimes W)$$

والمعرّف بالشكل:

$$(\rho \otimes \sigma)(X)(v \otimes w) = \rho(X)(v) \otimes w + v \otimes \sigma(X)(w) \quad \forall X \in \mathfrak{g}$$

وإذا كان ρ, σ تمثيلين لزمريتي لي G, H على الفضاءين $V(K), W(K)$ على الترتيب،

يُعرّف الجداء التتسوري الخارجي لـ σ و ρ بأنه تشاكل زمرة لي التالي:

$$\rho \hat{\otimes} \sigma: G \times H \rightarrow GL(V \otimes W)$$

والمعرّف بالشكل:

$$(\rho \otimes \sigma)(g, h)(v \otimes w) = \rho(g)(v) \otimes \sigma(h)(w)$$

وذلك من أجل كل $g \in G, h \in H$.

ويُعرّف الجداء التيسوري الداخلي للتمثيلين σ و ρ بأنه تشاكل زمرة لي التالي:

$$\rho \otimes \sigma: G \rightarrow GL(V \otimes W)$$

والمعرّف بالشكل:

$$(\rho \otimes \sigma)(g)(v \otimes w) = \rho(g)(v) \otimes \sigma(g)(w) \quad \forall g \in G$$

18.4. تعريف [6]: ليكن $V(\mathbb{C})$ فضاء جداء داخلي، وليكن ρ تمثيلاً لجبر لي \mathfrak{g}

على الفضاء $V(\mathbb{C})$ ، يُقال عن ρ إنه واحد (Unitary) إذا كان كل مؤثر

$\rho(X) \quad \forall X \in \mathfrak{g}$ هو هرميتي متخالف، أي أن:

$$\langle \rho(X)v, w \rangle = -\langle v, \rho(X)w \rangle \quad \forall X \in \mathfrak{g}, v, w \in V$$

وإذا كان ρ تمثيل لزمرة لي G على الفضاء $V(\mathbb{C})$ ، يُقال عن ρ إنه واحد إذا كانت

المؤثرات $\rho(g) \quad \forall g \in G$ هي مؤثرات واحدية، أي أن:

$$\langle \rho(g)(v), \rho(g)(w) \rangle = \langle v, w \rangle \quad \forall g \in G, v, w \in V$$

5.4. مبرهنة [6]: لتكن G زمرة لي، و \mathfrak{g} جبر لي الموافق لها، وليكن Π, π تمثيلين

لـ G, \mathfrak{g} على الترتيب، عندئذ:

1- إذا كان Π تمثيل واحد، فإن π واحد.

2- إذا كانت G مترابطة، و π تمثيل واحد فإن Π واحد.

3- إذا كانت G مترابطة، فإن Π غير خزل إذا فقط إذا كان π غير خزل.

3.4. ملاحظة [6]: إذا كانت زمرة لي G بسيطة الترابط، فإنه يوجد تقابل بين تمثيل

زمرة لي وجبر لي الموافق لها.

6.4. مبرهنة [9]: ليكن ρ تمثيلاً لجبر لي الحقيقي \mathfrak{g} على الفضاء $V(F)$ ، عندئذ:

1- ρ يُمدد بشكل وحيد إلى تمثيل $\rho_{\mathbb{C}}: \mathfrak{g}_{\mathbb{C}} \rightarrow \mathfrak{gl}(V)$ ، بحيث يكون ρ و $\rho_{\mathbb{C}}$

متماثلان.

2- ρ خزل إذا فقط إذا كان $\rho_{\mathbb{C}}$ خزل.

19.4. تعريف [7]: ليكن ρ تمثيلاً لزمرة لي g على الفضاء $V(K)$ ، يُقال عن ρ إنه

مخلص (faithful) إذا كان التطبيق $\rho: G \rightarrow gI(V)$ متباين.

وبشكل مشابه يُعرّف التمثيل المخلص لزمرة لي.

7.4. مبرهنة [9,8]:

1- كل تمثيل لجبر لي منتهي البعد هو تمثيل مخلص.

2- كل تمثيل لزمرة لي المتراسة هو تمثيل مخلص.

8.4. مبرهنة [4]: ليكن $g = \mathfrak{h}_1 \oplus \mathfrak{h}_2$ ، حيث $\mathfrak{h}_1, \mathfrak{h}_2$ جبري لي، و \mathfrak{h}_1 جبر لي

بسيط، وليكن ρ_1, ρ_2 تمثيلين لـ $\mathfrak{h}_1, \mathfrak{h}_2$ على الفضاءين V_1, V_2 على الترتيب، عندئذ:

$$\ker(\rho_1 \otimes \rho_2) = \ker(\rho_1) + \ker(\rho_2)$$

وزن تمثيل جبر لي:

20.4. تعريف [8]: ليكن ρ تمثيلاً لجبر لي g على الفضاء $V(\mathbb{C})$ ، وليكن \mathfrak{h} جبر

كارتان الجزئي من g ، يُقال عن $\mathbb{C} \rightarrow \mathfrak{h}: \mu$ إنه وزن لـ ρ إذا وُجدَ $v \in V$ بحيث

يكون:

$$\rho(H)v = \mu(H)v \quad \forall H \in \mathfrak{h}$$

وفي هذه الحالة يُقال عن v إنه متجه وزن، كما أنّ مجموعة المتجهات والمحقة

للتعريف السابق تشكل فضاء متجهي يسمى فضاء الوزن، وأيضاً مجموعة الأوزان

المقابلة للتمثيل ρ تشكل قاعدة للفضاء $V(\mathbb{C})$.

ويُقال عن $\mathbb{C} \rightarrow \mathfrak{h}: \alpha$ إنه جذر إذا وُجدَ $X \in g$ ، بحيث يكون:

$$[H, X] = \alpha(H)X \quad \forall H \in \mathfrak{h}$$

ويُرمز لمجموعة الجذور بالرمز \mathfrak{R} .

تسمى مجموعة الجذور $\mathfrak{R} \subset \Delta$ بالجذور البسيطة، والتي تحقق:

$$\forall \beta \in \mathfrak{R} \quad \beta = \sum_{\alpha \in \Delta} k\alpha$$

بحيث تكون المعاملات k هي أعداد إما جميعها موجبة أو جميعها سالبة، ويبرهن على أن Δ تشكل قاعدة لـ \mathfrak{R} .

وتُعرّف الجذور الموجبة بالشكل:

$$\mathfrak{R}^+ = \left\{ \beta \in \mathfrak{R} : \beta = \sum_{\alpha \in \Delta} k\alpha \ ; \ k \in \mathbb{Z}_{\geq 0} \right\}$$

كما تُعرّف الجذور السالبة بالشكل:

$$\mathfrak{R}^- = \left\{ \beta \in \mathfrak{R} : \beta = \sum_{\alpha \in \Delta} k\alpha \ ; \ k \in \mathbb{Z}_{\leq 0} \right\}$$

ويكون $\mathfrak{R} = \mathfrak{R}^+ \cup \mathfrak{R}^-$

21.4. تعريف [8,6]: ليكن μ_1, μ_2 وزنين للتمثيل ρ ، عندئذ يُقال إنَّ الوزن μ_1 أعلى من μ_2 أو μ_2 أدنى من μ_1 ويكتب $\mu_1 \geq \mu_2$ إذا تحقق:

$$\mu_1 - \mu_2 = \sum_{\alpha \in \Delta} k\alpha \ ; \ k \in \mathbb{R}_{\geq 0}$$

ويُقال إنَّ μ وزن أعلى للتمثيل ρ إذا كان $\mu \geq \mu_i$ وذلك من أجل أي وزن μ_i للتمثيل ρ ، كما يُقال عن μ إنَّه وزن أدنى لـ ρ إذا كان $\mu \leq \mu_i$.
إنَّ العلاقة (\geq) بين مجموعة أوزان التمثيل ρ هي علاقة ترتيب جزئي أي أنَّه ليس بالضرورة أن يملك التمثيل وزن أعلى.

9.4. مبرهنة الوزن الأعلى [7]: ليكن g جبر لي نصف بسيط، عندئذ:

1- كل تمثيل غير خزل لـ g يملك وزناً أعلى.

2- ليكن ρ, σ تمثيلين غير خزولين لـ \mathfrak{g} ، ويملكان الوزن الأعلى نفسه، عندئذٍ $\rho \otimes \sigma$ متماثلان.

5- النتائج:

الجداء التنسوري لتمثيلات جبر لي:

1.5 مبرهنة: ليكن ρ, σ تمثيلين غير خزولين لجبر لي \mathfrak{g} على الفضاءين $V(K), W(K)$ على الترتيب، عندئذٍ $\rho \otimes \sigma$ تمثيل لـ \mathfrak{g} ، لكنّه ليس بالضرورة غير خزول. المثال التالي يُبين أنّ الجداء التنسوري لتمثيلين غير خزولين لجبر $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ هو تمثيل خزول.

1.5 مثال: ليكن جبر لي $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ ، الذي قاعدته:

$$E = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, F = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, H = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

ولنأخذ التمثيل ρ لـ $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ على الفضاء $V = \mathbb{C}^2$ ، والمعرف بالشكل:

$$\rho: \mathfrak{sl}(2, \mathbb{C}) \rightarrow GL(2, \mathbb{C}) \\ X \rightarrow X$$

وهو تمثيل غير خزول ببعده 2.

إذا أخذنا $\rho = \sigma$ و $V = W = \mathbb{C}^2$ ، وبما أنّ $\{e_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, e_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}\}$ قاعدة لـ \mathbb{C}^2 ،

فإنّ $\{e_1 \otimes e_1, e_1 \otimes e_2, e_2 \otimes e_1, e_2 \otimes e_2\}$ قاعدة للفضاء $V \otimes W$ ، عندئذٍ التمثيل

$$\rho \otimes \sigma: \mathfrak{sl}(2, \mathbb{C}) \rightarrow \mathfrak{gl}(V \otimes W)$$

$$\text{فنجد أنّ: } S^2 V = \langle e_1 \otimes e_1, e_2 \otimes e_2, e_1 \otimes e_2 + e_2 \otimes e_1 \rangle$$

$$\begin{aligned} (\rho \otimes \sigma)(H)(e_1 \otimes e_1) &= \rho(H)(e_1) \otimes e_1 + e_1 \otimes \sigma(H)(e_1) \\ &= 2(e_1 \otimes e_1) \in S^2 V \end{aligned}$$

$$(\rho \otimes \sigma)(H)(e_2 \otimes e_2) = 2(e_2 \otimes e_2) \in S^2 V$$

$$(\rho \otimes \sigma)(H)(e_1 \otimes e_2 + e_2 \otimes e_1) = 0 \in S^2 V$$

كما أنّ:

$$(\rho \otimes \sigma)(F)(e_1 \otimes e_1) = e_1 \otimes e_2 + e_2 \otimes e_1 \in S^2 V$$

$$(\rho \otimes \sigma)(F)(e_2 \otimes e_2) = 0 \in S^2V$$

$$(\rho \otimes \sigma)(F)(e_1 \otimes e_2 + e_2 \otimes e_1) = 2(e_2 \otimes e_2) \in S^2V$$

وأيضاً:

$$(\rho \otimes \sigma)(E)(e_1 \otimes e_1) = 0 \in S^2V$$

$$(\rho \otimes \sigma)(E)(e_2 \otimes e_2) = e_1 \otimes e_2 + e_2 \otimes e_1 \in S^2V$$

$$(\rho \otimes \sigma)(E)(e_1 \otimes e_2 + e_2 \otimes e_1) = 2(e_1 \otimes e_1) \in S^2V$$

أي إنّ S^2V هو \mathfrak{g} - فضاء جزئي من $V \otimes W$ ، وبالتالي $\rho \otimes \sigma$ خزل.

2.5. مبرهنة: ليكن ρ, σ تمثيلين لجبري لي $\mathfrak{h}, \mathfrak{g}$ على الفضاءين $W(\mathbb{C}), V(\mathbb{C})$

على الترتيب، عندئذٍ إذا كان ρ, σ تمثيلين واحدتين فإنّ الجداء التتسوري الخارجي

والداخلي للتمثيلين ليس واحدي.

الإثبات: بما أنّ التمثيلين واحدتين، فإنّ كلاً من $\rho(X); X \in \mathfrak{g}$ و $\sigma(Y); Y \in \mathfrak{h}$

هو هرميتي متخالف، كما أنّه من أجل كل $w, \dot{w} \in W$ و $v, \dot{v} \in V$ يكون لدينا:

$$\begin{aligned} \langle (\rho \otimes \sigma)(v \otimes w), \dot{v} \otimes \dot{w} \rangle &= \langle \rho(v) \otimes w + v \otimes \sigma(w), \dot{v} \otimes \dot{w} \rangle \\ &= \langle \rho(v) \otimes w, \dot{v} \otimes \dot{w} \rangle + \langle v \otimes \sigma(w), \dot{v} \otimes \dot{w} \rangle \\ &= \langle \rho(v), \dot{v} \rangle \langle w, \dot{w} \rangle + \langle v, \dot{v} \rangle \langle \sigma(w), \dot{w} \rangle \\ &= \langle v, \rho^*(\dot{v}) \rangle \langle w, \dot{w} \rangle + \langle v, \dot{v} \rangle \langle w, \sigma^*(\dot{w}) \rangle \\ &= \langle v \otimes w, \rho^*(\dot{v}) \otimes \dot{w} \rangle + \langle v \otimes w, \dot{v} \otimes \sigma^*(\dot{w}) \rangle \\ &= \langle v \otimes w, \rho^*(\dot{v}) \otimes \dot{w} + \dot{v} \otimes \sigma^*(\dot{w}) \rangle \\ &= \langle v \otimes w, (\rho^* \otimes \sigma^*)(\dot{v} \otimes \dot{w}) \rangle \end{aligned}$$

أي إنّ $(\rho \otimes \sigma)^* = \rho^* \otimes \sigma^*$ وذلك من أجل الجداء التتسوري الداخلي والخارجي، حيث

$$(\rho \otimes \sigma)^*(X, Y) = \rho^*(X) \otimes \sigma^*(Y)$$

$$(\rho \otimes \sigma)^*(X) = \rho^*(X) \otimes \sigma^*(X)$$

وبما أنّه إذا كانت A, B مصفوفتي ρ, σ بالنسبة لقاعدتين متعامدتين منظميتين

للفضاءين V, W على الترتيب، عندئذٍ كلاً من المصفوفتين A, B هي هرميتية متخالفة،

أي إنّ $A^* = -A, B^* = -B$ ، كما أنّ مصفوفة المؤثر $\rho \otimes \sigma$ هي

$A \otimes B$. ولدينا: $(A \otimes B)^* =$

$$A^* \otimes B^* = (-1)^2 A \otimes B = A \otimes B$$

أي إن

$A \otimes B$ ليست هرميتية متخالفة، وبالتالي $\rho \otimes \sigma$ ليس هرميتي متخالف، وبذلك يتم المطلوب.

3.5. مبرهنة: ليكن ρ, σ تمثيلين لجبر لي نصف البسيط g على الفضاءين

$V(\mathbb{C}), W(\mathbb{C})$ على الترتيب، عندئذٍ إذا كان μ, λ وزنين لـ ρ, σ على الترتيب، فإن $\mu + \lambda$ وزن لـ $\rho \otimes \sigma$.

الإثبات: ليكن \mathfrak{h} جبر كارتان الجزئي من g ، ولتكن $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ قاعدة للفضاء V مكوّنة من متجهات الوزن التي تقابل الأوزان $\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$ ، ولتكن $\{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ قاعدة للفضاء W مكوّنة من متجهات الوزن التي تقابل الأوزان $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$ عندئذٍ:

$$\rho(H)v_i = \mu_i(H)v_i, \quad \sigma(H)w_j = \lambda_j(H)w_j \quad \forall H \in \mathfrak{h}$$

كما أنّ:

$$\begin{aligned} (\rho \otimes \sigma)(H)(v_i \otimes w_j) &= \rho(H)(v_i) \otimes w_j + v_i \otimes \sigma(H)(w_j) \\ &= \mu_i(H)v_i \otimes w_j + v_i \otimes \lambda_j(H)w_j \\ &= (\mu_i + \lambda_j)(H)(v_i \otimes w_j) \end{aligned}$$

إذن $(\mu_i + \lambda_j)$ وزن لـ $\rho \otimes \sigma$ يقابل متجه الوزن $v_i \otimes w_j$.

4.5. مبرهنة: ليكن ρ, σ تمثيلين لجبر لي نصف البسيط g على الفضاءين

$V(\mathbb{C}), W(\mathbb{C})$ على الترتيب، عندئذٍ إذا كان μ, λ من $\mu \geq \mu_i, \lambda \geq \lambda_j$ وزناً أعلى لـ ρ, σ على الترتيب، فإن $\mu + \lambda$ وزن أعلى لـ $\rho \otimes \sigma$.

الإثبات: بما أنّ μ, λ هو وزن أعلى فإن $\mu \geq \mu_i, \lambda \geq \lambda_j$ وذلك من أجل كل وزن μ_i لـ ρ ، و وزن λ_j لـ σ ، وبالتالي فإن $\mu + \lambda \geq \mu_i + \lambda_j$ ، وعليه يكون $\mu + \lambda$ وزن أعلى لـ $\rho \otimes \sigma$.

5.5. مبرهنة: ليكن ρ, σ تمثيلين غير خزولين لجبر لي نصف البسيط \mathfrak{g} على الفضاءين $V(\mathbb{C}), W(\mathbb{C})$ على الترتيب، ويملكان الوزن الأعلى نفسه λ ، وليكن ρ, σ تمثيلين غير خزولين لـ \mathfrak{g} على الفضاءين $\dot{V}(\mathbb{C}), \dot{W}(\mathbb{C})$ على الترتيب ويملكان الوزن الأعلى نفسه μ ، عندئذٍ إذا كان التمثيلان $\rho \otimes \rho, \sigma \otimes \sigma$ غير خزولين فهما متماثلين. **الإثبات:** بما أن λ وزن أعلى لـ ρ و μ وزن أعلى لـ ρ ، فإنّه وفقاً للمبرهنة (4.5) يكون $\lambda + \mu$ وزن أعلى للتمثيل $\rho \otimes \rho$ ، كما أنّ $\lambda + \mu$ وزن أعلى للتمثيل $\sigma \otimes \sigma$. إذا كان التمثيلان $\rho \otimes \rho, \sigma \otimes \sigma$ غير خزولين فإنّه وفقاً للمبرهنة الوزن الأعلى سيكونان متماثلين لأنّهما يملكان الوزن الأعلى نفسه.

1.5. نتيجة: ليكن ρ, σ تمثيلين لجبري لي $(\mathfrak{g}, \mathfrak{h})$ على الفضاءين $V(\mathbb{C}), W(\mathbb{C})$ على الترتيب، حيث \mathfrak{g} بسيط، عندئذٍ تمثيل $\rho \otimes \sigma$ مخلص لـ $\mathfrak{g} \oplus \mathfrak{h}$ على الفضاء $V \otimes W$. **الإثبات:** وفقاً للمبرهنة (8.4) يكون $\ker(\rho \otimes \sigma) = \ker(\rho) + \ker(\sigma)$ ، وبما أنّ كل تمثيل لجبر لي هو تمثيل مخلص، فإنّ $\ker(\rho) = \ker(\sigma) = 0$ ، وبذلك يتم المطلوب.

6.5. مبرهنة: ليكن \mathfrak{g} جبر لي مصفوفي منتهي البعد، عندئذٍ كل تمثيل مرافق لـ \mathfrak{g} ، يتعيّن بشكل كامل بواسطة مولدات \mathfrak{g} .

الإثبات: لنفرض أنّ \mathfrak{g} فضاء متجهي منتهي البعد بُعد n على الحقل K ، ولتكن $Y = \sum_{i=1}^n c_i X_i$; $c_i \in K$ عندئذٍ $Y \in \mathfrak{g}$ و $\alpha = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ قاعدة لـ \mathfrak{g} وليكن $\text{ad}: \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{gl}(\mathfrak{g})$ تمثيل مرافق لـ \mathfrak{g} ، عندئذٍ من أجل كل $Z = \sum_{j=1}^n k_j X_j \in \mathfrak{g}$; $k_j \in K$

$$\begin{aligned} \text{ad}_Y(Z) &= [Y, Z] = YZ - ZY \\ &= \sum_{i=1}^n c_i X_i \sum_{j=1}^n k_j X_j - \sum_{j=1}^n k_j X_j \sum_{i=1}^n c_i X_i \\ &= (c_1 X_1 + \dots + c_n X_n)(k_1 X_1 + \dots + k_n X_n) \\ &\quad - (k_1 X_1 + \dots + k_n X_n)(c_1 X_1 + \dots + c_n X_n) \end{aligned}$$

$$= (c_1 k_1 X_1 X_1 + \dots + c_n k_n X_n X_n) - (k_1 c_1 X_1 X_1 + \dots + k_n c_n X_n X_n) \\ = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_i k_j X_i X_j - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n k_j c_i X_j X_i$$

2.5. نتيجة: ليكن g جبر لي مصفوفي منتهي البعد، و ad تمثيله المرافق، عندئذٍ

التمثيل $\text{ad} \otimes \text{ad}$ يتعين بشكل كامل من خلال مولدات g .

الإثبات: ينتج بشكل مباشر من المبرهنة السابقة.

7.5. مبرهنة: كل تمثيل مرافق لجبر لي بسيط هو تمثيل غير خزول.

الإثبات: ليكن g جبر لي بسيط، و $\text{ad}: g \rightarrow \text{gl}(g)$ تمثيل مرافق لـ g . بفرض أنّ W

هو $-g$ فضاء جزئي من g ، أي أنّ $\text{ad}_X(W) \subset W \quad \forall X \in g$ ، ومنه $[X, W] \subset W$

$\forall X \in g \quad W = W$ أي أنّ W مثالي في g ، لكنّ g بسيط أي أنّ $W = g$ أو $W = \{0\}$

وبالتالي ad غير خزول.

العلاقة بين تمثيل جبر لي وتمثيل زمرة لي:

في المبرهنة التالية نقوم بإثبات أنّ كل تمثيل لجبر لي نصف البسيط هو تمثيل خزول

تماماً بالاعتماد على تمثيل زمرة لي الموافقة له.

8.5. مبرهنة: كل تمثيل منتهي البعد لجبر لي نصف البسيط هو تمثيل خزول تماماً.

الإثبات: ليكن g جبر لي نصف بسيط، عندئذٍ توجد زمرة لي متراسة و بسيطة الترابط

H ، و \mathfrak{h} جبر لي الموافق لها، بحيث يكون $g = \mathfrak{h}_{\mathbb{C}}$. ليكن Π تمثيلاً لـ H على الفضاء

V ، وبما أنّ H متراسة فإنّ Π خزول تماماً.

بما أنّ H بسيطة الترابط، فإنّه يوجد تمثيل π لـ \mathfrak{h} على الفضاء V ، وبما أنّ Π خزول

تماماً و H بسيطة الترابط فإنّ π خزول تماماً.

ليكن $\pi_{\mathbb{C}}$ تمثيلاً لـ $g = \mathfrak{h}_{\mathbb{C}}$ على الفضاء V ، وبما أنّ π و $\pi_{\mathbb{C}}$ متماثلان، فإنّ $\pi_{\mathbb{C}}$ تمثيل

خزول تماماً، وبذلك يتم المطلوب.

في المبرهنة التالية نقوم بإثبات أن كل تمثيل لجبر لي نصف البسيط هو تمثيل واحدي بالاعتماد على تمثيل زمرة لي الموافقة له.

9.5. مبرهنة: كل تمثيل لجبر لي نصف البسيط على فضاء عقدي هو تمثيل واحدي. **الإثبات:** ليكن g جبر لي نصف بسيط، عندئذٍ توجد زمرة لي متراسة و بسيطة الترابط H ، و \mathfrak{h} جبر لي الموافق لها، بحيث يكون $g = \mathfrak{h}_{\mathbb{C}}$.

ليكن Π تمثيلاً لـ H على الفضاء $V(\mathbb{C})$ ، وبما أن H متراسة فإن Π تمثيل واحدي. بما أن H بسيطة الترابط، فإنه يوجد تمثيل π لـ \mathfrak{h} على الفضاء $V(\mathbb{C})$ ، وبما أن Π تمثيل واحدي فإن π واحدي.

ليكن $\pi_{\mathbb{C}}$ تمثيلاً لـ $g = \mathfrak{h}_{\mathbb{C}}$ على الفضاء $V(\mathbb{C})$ ، وبما أن π و $\pi_{\mathbb{C}}$ متماثلان، فإن $\pi_{\mathbb{C}}$ تمثيل واحدي، وبذلك يتم المطلوب.

10.5. مبرهنة: لتكن G زمرة لي مترابطة، و g جبر لي الموافق لها، وليكن Π, π تمثيلين لـ G, g على الترتيب، عندئذٍ Π خزول تماماً إذا وفقط إذا كان π خزول تماماً. **الإثبات:** ليكن Π تمثيلاً لـ G على الفضاء V ، بفرض أن Π غير خزول، عندئذٍ π غير خزول، ويكون التمثيل غير الخزول هو تمثيل خزول تماماً يتم المطلوب. الآن لنفرض أن Π خزول تماماً، عندئذٍ $V = W \oplus U$ ، حيث كلاً من W, U هو G -فضاء جزئي من V ، وبما أن كلاً من W, U هو g -فضاء جزئي من V وأن $V = W \oplus U$ ، يكون π خزول تماماً.

إذا كان π خزول تماماً، بآلية مشابهة لما سبق ينتج أن Π خزول تماماً.

11.5. مبرهنة: لتكن G زمرة لي مترابطة، و g جبر لي الموافق لها، وليكن Π, π تمثيلين لـ G, g على الترتيب، عندئذٍ إذا كان Π خزول فإن كلاً من π^*, Π^* هو تمثيل خزول.

الإثبات: ليكن Π تمثيلاً لـ G على الفضاء V ، عندئذٍ G تملك تمثيلاً Π^* على الفضاء

V^* . بما أن Π خزول، فإنه يُبرهن في [1] على أن Π^* خزول، كما أن V يملك G -فضاء جزئي وليكن W ، عندئذٍ حسب المبرهنة (5.4) يكون W هو g -فضاء جزئي، وبالتالي فإن Π خزول. بما أن π خزول، فإنه يُبرهن في [2] على أن π^* خزول وبذلك يتم المطلوب.

12.5. مبرهنة: لتكن G زمرة لي مترابطة متراسة، و g جبر لي الموافق لها، عندئذٍ كل تمثيل لـ G هو تمثيل خزول تماماً ويُعيّن تمثيلاً خزولاً تماماً لـ g .

الإثبات: ليكن Π تمثيلاً لـ G على الفضاء V ، عندئذٍ يوجد تمثيل $d\Pi = \pi$ لـ g على الفضاء V . بما أن G متراسة، فإن كل تمثيل Π هو تمثيل خزول تماماً، وحسب المبرهنة (10.5) يكون π تمثيل خزول تماماً لـ g على الفضاء V .

3.5. نتيجة: لتكن G زمرة لي مترابطة متراسة، و g جبر لي الموافق لها، عندئذٍ كل تمثيل لـ G يُعيّن تمثيلاً ثنوياً خزولاً تماماً لـ g .

الإثبات: ليكن Π تمثيلاً لـ G على الفضاء V ، عندئذٍ حسب المبرهنة السابقة g يملك تمثيلاً خزولاً تماماً على الفضاء V وليكن π ، وبما أن π خزول تماماً، فإنه يُبرهن في [2] على أن π^* سيكون خزولاً تماماً.

13.5. مبرهنة: لتكن G زمرة لي مترابطة وبسيطة الترابط، و g جبر لي الموافق لها، عندئذٍ كل تمثيل غير خزول لـ g يُعيّن تمثيلاً غير خزول لـ G .

الإثبات: ليكن π تمثيلاً لجبر لي g على الفضاء V ، عندئذٍ بما أن G بسيطة الترابط فإنه يوجد تمثيل Π لـ G على الفضاء V ، بحيث يكون $d\Pi = \pi$. ليكن π تمثيل غير خزول، عندئذٍ بما أن G مترابطة فإن التمثيل Π غير خزول.

4.5. نتيجة: لتكن G زمرة لي مترابطة وبسيطة الترابط، و g جبر لي الموافق لها، عندئذٍ كل تمثيل غير خزول لـ g يُعيّن تمثيلاً ثنوياً غير خزول لـ G .

الإثبات: ليكن π تمثيل غير خزول لجبر لي g على الفضاء V ، عندئذٍ وفقاً للمبرهنة

السابقة فإن G تملك تمثيلاً غير خزول على الفضاء V وليكن Π ، بما أن Π غير خزول فإنه يُبرهن في [1] على أن Π^* غير خزول.

14.5. مبرهنة: لتكن G زمرة لي مترابطة وبسيطة الترابط، و g جبر لي الموافق لها، عندئذٍ كل تمثيل خزول تماماً لـ g يُعيّن تمثيلاً خزول تماماً لـ G .

الإثبات: ليكن π تمثيلاً لجبر لي g على الفضاء V ، بما أن G بسيطة الترابط فإنه يوجد تمثيل Π لـ G على الفضاء V ، بحيث يكون $\pi = d\Pi$.

ليكن π تمثيل خزول تماماً، عندئذٍ بما أن G مترابطة فإن التمثيل Π خزول تماماً.

5.5. نتيجة: لتكن G زمرة لي مترابطة وبسيطة الترابط، و g جبر لي الموافق لها،

عندئذٍ إذا كان g نصف بسيط فإن كل تمثيل لـ g يُعيّن تمثيلاً خزول تماماً لـ G .

الإثبات: ليكن π تمثيلاً لجبر لي g على الفضاء V ، بما أن g نصف بسيط، فإن π خزول تماماً. بما أن G بسيطة الترابط فإنه يوجد تمثيل Π لـ G على الفضاء V ، بحيث يكون $\pi = d\Pi$ ، ويكون G مترابطة حسب المبرهنة السابقة يتم المطلوب.

6.5. نتيجة: لتكن G زمرة لي مترابطة وبسيطة الترابط، و g جبر لي الموافق لها،

عندئذٍ إذا كان g نصف بسيط، فإن كل تمثيل خزول تماماً لـ g يُعيّن تمثيلاً ثنوياً خزولاً تماماً لـ G .

الإثبات: ليكن π تمثيلاً لجبر لي g على الفضاء V ، عندئذٍ حسب المبرهنة السابقة G

تملك تمثيلاً خزول تماماً على الفضاء V وليكن Π ، بما أن Π خزول تماماً فإن Π^* خزول تماماً.

6- الاستنتاجات والتوصيات:

في هذا البحث توصلنا إلى النتائج التالية:

- 1- الجداء التنسوري لتمثيلين غير خزولين لجبر لي ليس بالضرورة غير خزول.
- 2- الجداء التنسوري لتمثيلين واحدتين لجبر لي ليس بالضرورة تمثيل واحدتي.
- 3- وزن التمثيل $\rho \otimes \sigma$ هو مجموع الوزنين المقابلين للتمثيلين ρ و σ .
- 4- كل تمثيل لجبر لي نصف السيط هو تمثيل خزول تماماً وواحدتي وذلك بالاعتماد على تمثيل زمرة لي الموافقة له. كما نوصي بمناقشة الأمور التالية:

- 1- دراسة فيما إذا كان $\rho \otimes \sigma$ خزول، في حال كان كل من ρ و σ هو تمثيل خزول.
- 2- دراسة فيما إذا كان $\rho \otimes \sigma$ خزول تماماً، في حال كان كل من ρ و σ هو تمثيل خزول تماماً.

المراجع العلمية

- [1] Al-khalaf, A. and Hanano, A. (2022). **Dual representation of finite dimensional Lie groups** . Damascus. Univ. J. for Basic Sciences. P: 19.
- [2] Al-khalaf, A. and Hanano, A. (2023). **Dual representation of finite dimensional Semisimple Lie Algebra** . Damascus. Univ. J. for Basic Sciences. P: 19.
- [3] Al-khalaf, A. and Hanano, A. (2023). **The tensor product of representations of finite dimensional lie group**. Damascus. Univ. J. for Basic Sciences.P: 11.
- [4] Burde, Dietrich and Moens, Wolfgang. (2012). **MINIMAL FAITHFUL REPRESENTATION OF REDUCITIVE LIE ALGEBRAS**. Faculty of Mathematics, Wien University. P: 9.
- [5] B,Zwiebach. (2013). **MULTIPARTICLE STATES AND TENSOR PRODUCTS**. P: 20.
- [6] Hall, Brian. (2015). **Lie Groups, Lie Algebras, and Representations**. 2nd ed. Springer. P: 426.
- [7] Humphreys, James. (1980).**Introduction to Lie Algebra and Representation Theory**.3rd ed. Springer. P: 186.
- [8] Sepanski, Mark. (2007). **Compact Lie Groups**. Springer. P: 207.
- [9] Swaminathan, Ashvin. (2015).**LIE ALGEBRAS AND ADO'S THEOREM**. Harvard College. P: 20.
- [10] Vaidyanathan, Prahlad. (2017). **Representation Theory** . P: 49.

دراسة أثر استخدام الأسمدة العضوية في بعض خواص النمو وإنتاجية الزعفران في ظروف مدينة حمص

طالب الدراسات العليا: اكتمال الحزوري

كلية: العلوم - جامعة: البعث

الدكتور المشرف: جورج غندور

الملخص:

تم تنفيذ البحث في إحدى الحقول الخاصة الموجودة في محافظة حمص في الموسم 2021-2022 بهدف معرفة أثر الاختلاف في نوع الأسمدة العضوية المضافة (مخلفات الأبقار 2880 كغ/دسم - سماد عضوي تجاري ماركة الريف 3000 كغ/دسم - مخلفات الأغنام 3840 كغ/دسم) رمز لها ($M_3-M_2-M_1$) على التوالي ومقارنتها مع الزراعة في تربة زراعية حمراء كشاهد (M_0) في إنتاجية كورمات الزعفران الإسبانية *Crocus sativus* L. حيث تم قياس أقطار الأصيل وتوزيعها على أربعة مجموعات مختلفة (1-2-3-4) تراوحت أقطارها بين (0.5 - 1.5 سم) - (1.5 - 2.5 سم) - (2.5 - 3.2 سم) - (3.2 - 4.2 سم) على التوالي وبتلات مكررات، وتمت زراعة التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، وتم دراسة كل من المؤشرات التالية (عدد النموات لكل نبات - عدد الأزهار على النبات - الوزن الرطب والجاف للمياسم عدد الكورمات - قطر الكورمات).

لوحظ من خلال دراسة النتائج والتحليل الإحصائي وجود فروق معنوية واضحة في كل من عدد النموات حيث كانت (3.33) و ارتفاع عدد أزهار (24.5) وفي الوزن الرطب (0.0321 غ) والجاف للمياسم (0.0054 غ) لدى استخدام السماد العضوي الناتج عن مخلفات الأبقار بالمقارنة مع باقي الأنواع السمادية مقارنة بالشاهد وبالنسبة للكورمة ذات الحجم الكبير (10-13 سم) مقارنة مع باقي الأحجام، وتفق السماد العضوي التجاري ماركة الريف (وهو خليط من سماد الأبقار وبقايا أوراق النباتات مخمرة ومعقمة معا) على باقي الأنواع السمادية في إنتاج عدد الكورمات (4.105).

الكلمات المفتاحية: الزعفران، الأسمدة العضوية، الصفات المورفولوجية، والانتاجية.

Studying the effect of organic fertilizers on some characteristics of the growth and productivity of saffron plants in the conditions of the city of Homs

ABSTRACT:

The research was carried out in one of the private fields located in Homs Governorate in the season 2021-2022 in order to know the effect of the difference in organic fertilizers (cow manure 2880 kg/don - commercial organic fertilizer Al-Reef brand 3000kg/don - sheep manure 3840 kg/don) symbols (M3-M2-M1) respectively And comparing it with cultivation in red agricultural soil as a control (M0) in both the productivity of flower stigmas and the production of the vines of the Spanish saffron plant *Crocus sativus* L. Where four different sizes (1-2-3-4) were used, their circumference ranged between (0.5-1.5 cm) - (1.5-2.5) - (2.5-3.2)- (3.2-4.2) to respectively, and with three replications, The experiment was designed according to a randomized complete block design, and each of the following indicators were studied (number of growths per plant - number of flowers on the plant - wet and dry weight of stigmas, number of corms - diameter of corms).

It was noted that there were significant differences in the number of growths (3.33) , the high number of flowers(24.5) , and the wet and dry weight of stigmas(0.0321 gr) when using the organic fertilizer resulting from cow manure compared to the other types of fertilizer and compared to control and for the large sizes corms compared to the other size the commercial organic fertilizer Al-Reef brand(,which is a mixture of cow manure and the remains of fermented plant leaves of the other types of fertilizer types in producing the number of corms (4.105).

Key words: Saffron, Organic fertilizers, Morphological Characteristics, and Productivity.

1- المقدمة والدراسة المرجعية:

يعد نبات الزعفران (*Crocus sativus* L.) التابع للفصيلة Iridacea من النباتات العشبية الطبية العطرية، وهو ثلاثي الصيغة الصبغية ($2n=3x=24$) نشأ من طفرة في النوع البري *C. Cartwrightian* لذلك يعتبر نوعاً عقيماً يتكاثر عن طريق الكورمات الأرضية [2] [1]

كما يعد من أعلى أنواع التوابل في العالم، ونظراً لارتفاع ثمنه وانخفاض وزنه سمي بالذهب الأحمر المزروع [3] ، ومعظم نباتاته لها كورمات أو ابصال كما أنها تتكاثر عن طريق الكورمات الأرضية الكروية الشكل والتي تعتبر ساق أرضية متضخمة قصيرة وصلبة.

يعتبر حوض البحر الأبيض المتوسط هو الموطن الأصلي للزعفران وتنتشر زراعته في عدد من البلدان أهمها اليونان و المغرب و اسبانيا و ايطاليا إضافة إلى ايران والهند [6] [5] [4]

وتنتج ايران 90% من الإنتاج العالمي [7] وفي الآونة الأخيرة انتشرت زراعته بشكل محدود في سوريا رغم أنها تعتبر موطن أصلي والظروف البيئية السائدة في سوريا تعتبر مناسبة لزراعته ونموه، ويتميز الزعفران بانخفاض متطلباته المائية كما أن له القدرة على النمو في مجال واسع من الترب، وإشارت العديد من الدراسات إلى أنه لم يكن للتسميد المعدني الدور في تحسين المحصول الزهري مالم ترافقه الأسمدة العضوية إذ أن للسماد العضوي الأثر الأكبر في زيادة الغلة حيث كان للسماد العضوي نتائج ايجابية في الزعفران من خلال زيادة وزن الأزهار والمياسم والكورمات وحجمها مقارنة مع الأوساط التي لم تتم إضافة تلك المواد إليها إضافة للاطلاق البطيء للمغذيات

خلال فترة النمو بينما لم يكن للسماد المعدني وحده دلالة معنوية في زيادة عدد الأزهار

[9] [8] [10]

ويعتبر الزعفران من النباتات الهامة جدا لأهميته الطبية الكبيرة في العديد من المجالات كتأثيره في بعض مكونات الدم كالكريات الحمراء والكرياتين [11] كما أن له العديد من الخواص العلاجية كاستخدامه كمهدئ ومسكن للألام وفي علاج الالتهابات الرئوية وعلاج الأرق وأمراض القلب والشرايين وأوجاع المعدة والمغص عند الرضع، والنقرس المزمن وعسر الهضم والتئام الجروح [13] [12] وللزعفران فوائد أخرى كتأثيره المسكن والمهدئ للأعصاب وتحسن أعراض مرض الاكتئاب والتخفيف من أعراض مرض الزهايمر إضافة إلى قدرته على تحسين وتنشيط الذاكرة [14] [15]

و يمكن استخدامه كعامل واقٍ من السرطان لأنه يساهم في منع تشكل الأورام السرطانية و يحتوي على مواد كيميائية تعمل على تثبيط ومنع تشكيل الأورام السرطانية [16] [17]

ويعتبر مقوياً للجملة العصبية المركزية ومضاداً للتشنج ويمكن استخدام أزهاره لتطوير منتجات غذائية وإدارة واستغلال المخلفات البيولوجية التي تم الحصول عليها من انتاج التوابل [18]

و يحتل زيت الزعفران مرتبة متقدمة بين المحاصيل الطبية والعطرية وله استخدامات صناعية متعددة حيث يستخدم في صباغة المنسوجات و انتاج العطور [19].

و احتواء مياسم الزعفران على مركبات كيميائية مثل السكريات والمعادن والفيتامينات، وعلى (0.

04 - 1.3%) من الزيت العطري، إضافة لوجود ثلاث مواد فعالة أساسية كألدهيد السافرانال المسؤول عن الرائحة العطرة، ونوعين من الغليكوزيدات هما (Crocine) المسؤول عن اللون، والبيكروكروسين (Picrocrocin) المسؤول عن الطعم المميز، وتشكل نسبة تواجد المركبات الثلاثة السابقة في المياسم المعيار الرئيسي في تحديد جودة الزعفران [21] [12] [20]

يؤثر السماد العضوي بشكل مباشر من خلال تقديم المواد المغذية للنبات ويشكل غير مباشر من خلال تحسين الخواص الفيزيائية، حيث يعمل على تحسين قوام التربة ويحسن قدرتها على الاحتفاظ بالماء كما يحسن سعة التبادل الكاتيوني [11] [22]

توصل [23] إلى أن للسماد العضوي البقري نتائج إيجابية في نمو الزعفران من خلال زيادة عدد الأزهار والمياسم ووزن الكورمات وحجمها بالمقارنة مع المعاملات السمادية الأخرى التي لم تتم إضافة تلك المواد إليها، فالخواص التي يتسم بها السماد العضوي من خلال الإطلاق البطيء للمغذيات خلال فترة النمو والاستنفاد البطيء للمغذيات منه يمكن أن تكون أهم العوامل التي تعطي للسماد العضوي أهمية في الدورة الزراعية.

تشير بعض الدراسات أن الاختلاف في احجام الكورمات تلعب دوراً هاماً في إعطاء غلة جيدة سواء من المياسم أو من الكورمات [5] [4] [9]

يؤكد الباحثان [24] على العلاقة بين حجم الكورمات المزروعة والانتاجية حيث أظهرت الدراسة أن الكورمات ذات القطر (0.3 ± 3.7 سم و وزن 4.3 ± 21.6 غ) تعطي أفضل إنتاجية مقارنة بالكورمات ذات الأقطار (أقل من 2.5 سم).

أشار [4] إلى أن الكورمات الكبيرة الحجم ذات القطر الأكبر من (3سم و وزن 45غ) يمكن أن تعطي 12 زهرة في العام الأول بينما الأقل حجماً ذات القطر الأقل (من 3سم و وزن 30 غ) تعطي 6 أزهار فقط. وفي دراسة [5] تم استخدام كورمات متوسطة الحجم (من 3-2.5سم) وكورمات صغيرة الحجم (أقل من 2.25سم) فكان متوسط عدد الأزهار/كورمة في العام الثاني 3.9 زهرة للكورمات المتوسطة الحجم و 2.4 لل صغيرة الحجم، وفي العام الثالث كان المتوسط 4.2 و 5 زهرة / كورمة على التوالي، كما كان الوزن الرطب للمياسم (90 و 150 ملغ) للكورمات المتوسطة الحجم (65 و 125 ملغ) للكورمات الصغيرة الحجم، ويبدأ الإنتاج بالتراجع في العام الرابع حيث يبلغ هذا المتوسط 2.1 زهرة و ذلك للحجمين معاً.

وحسب [25] فإن نبات الزعفران يتطلب مناخاً معتدلاً و تربة ذات مستوى عضوي عالي. فهو يزدهر بالترب الرملية الطينية ذات الصرف الجيد والتي يرتفع فيها المحتوى الكلسي ومحتوى المادة العضوية. كما أن له القدرة على النمو في الترب الحامضية والقاعدية إذ انه يتحمل درجة حموضة تتراوح بين 6.5 و 8.2

وأكد [26] ان الأسمدة العضوية تعد ذات أثر كبير في زيادة الغلة فبدونها تعتبر الأسمدة الكيماوية ذات مردود أقل بالنسبة للإنتاج الزهري ، علماً أنها ناتجة أصلاً من بقايا النباتات ومخلفات الحيوانات وهذه الأسمدة غنية بالماء والمركبات الكربونية [27]

كما إن استخدام المخصب العضوي حسب [28] له دور إيجابي من خلال تدخله المباشر في العمليات الاستقلابية و الوظيفية للنبات مما يؤدي إلى زيادة في الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا

2- مبررات البحث

نظراً للأهمية الاقتصادية لمحصول الزعفران كمحصول طبي وعطري وإنتاجي و نظراً للمرونة البيئية التي يتمتع بها وامكانية توسع زراعته في البيئة السورية كان لابد من التركيز على دراسة بعض العوامل التي تزيد من حاصل انتاجه الزهري ومعدلات إكثار الكورمات.

تم إجراء البحث لدراسة امكانية تحسين انتاجية نبات الزعفران الذي يعد من المحاصيل الاستراتيجية الواعدة في سوريا نظرا لملائمة الظروف البيئية وانخفاض متطلباته المائية كما أن له القدرة على النمو في مجال واسع من الترب.

3- أهداف البحث:

يهدف البحث لمعرفة تأثير عدة أنواع من الأسمدة العضوية (روث أبقار، مخلفات أغنام ، خلطة من السماد العضوي ماركة الريف) في كل من إنتاجية المياسم الزهرية و نمو وانتاج الكورمات المزروعة.

4- مواد البحث وطرائقه:

4-1- الموقع:

أجري البحث في بستان خاص في مدينة حمص على طريق طرابلس غرب حمص ويبعد نحو 2 كم عن مركز المدينة باتجاه محافظة طرطوس.

4-2- المناخ:

تتمتع المنطقة المدروسة بمناخ متوسطي (صيف حار وشتاء ماطر)، حيث متوسط درجة الحرارة السنوي للمدينة 16.4 درجة مئوية، بينما يبلغ معدل الهطول

المطري السنوي 422 ملم، ويُعدّ شهر آب أكثر الأشهر حرارةً خلال العام، حيث تصل درجة الحرارة بالمتوسط 25.5 درجة مئوية، و يُعدّ شهر كانون الثاني أكثر الشهور برودةً خلال العام، حيث يصلُ متوسطُ درجة الحرارة إلى 6.6 درجة مئوية (هذه المعلومات مأخوذة من المحطة المناخية في حمص 2021).

4-3- التربة:

التربة طينية إلى طينية لومية، والقطعة التجريبية شبه مستوية تم تحليلها ومعرفة خصائصها في مختبر البحوث العلمية الزراعية وكانت نتائج هذا التحليل وفق الجدول رقم (1).

جدول (1): يبين بعض الخصائص الكيميائية لتربة الموقع المدروس.

P PPm	K PPm	الآزوت الكلي %	CaCO ₃ %	المادة العضوية %	EC ms/cm	pH	التحليل الميكانيكي %		
							رمل	طين	سنت
242.2	152	0.22	26.8	2.7	1.8	6.9	37	31	32

4-4- المادة التجريبية:

زراعة كورمات نبات الزعفران الاسبانية الخالية من العيوب والامراض حيث تم الحصول عليها عن طريق مديرية الزراعة في حمص وتم فرزها حسب المحيط باستخدام البياكوليس و قسمت لعدة مجموعات وفق الآتي:

- 1- كبيرة محيطها (13 - 10سم) قطر (4.2-3.2 سم) 60 بصلة
- 2- متوسطة 1 محيطها (10-8سم) قطر (3.2-2.5 سم) 36 بصلة

دراسة أثر استخدام الأسمدة العضوية في بعض خواص النمو وإنتاجية الزعفران في ظروف مدينة حمص

- 3- متوسطة 2 محيطها (5.5 - 5 سم) قطر (2.5 - 1.5 سم) بصلة 36
- 4- صغيرة محيطها (أقل من 5 سم) قطر (1.5-0.5 سم) 48 بصلة

4-5- معاملات البحث:

تم أخذ ثلاثة أنواع من الأسمدة العضوية (مخلفات الأبقار - سماد عضوي تجاري ماركة الريف - مخلفات الأغنام) وتم تحليلها في مخابر البحوث العلمية الزراعية فكانت النتائج وفق التالي:

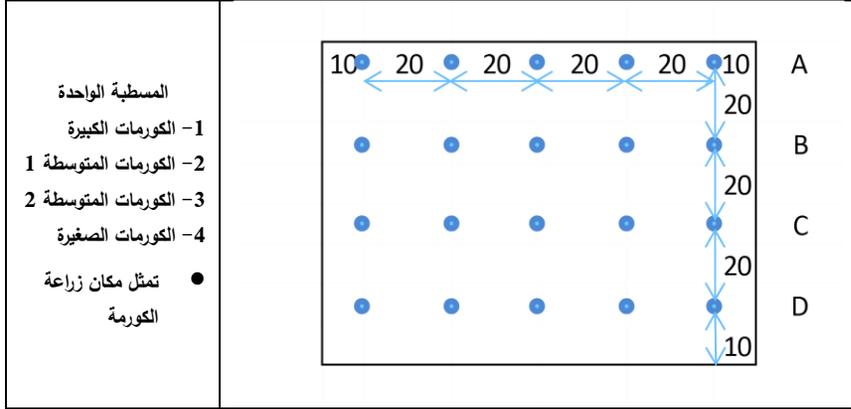
جدول رقم (2) يوضح تحليل الأسمدة العضوية

نسبة C/N	K كلي غ.كغ-1	P كلي غ.كغ-1	N الكلي غ.كغ-1	المادة العضوية %	E.C ms/cm	المعلق pH	العينة
16.7	15.3	7.5	19	45.11	3.1	3.92	روث أبقار
19.2	17.1	8.4	1.75	40:1	2.7	6.1	خليط الريف
21.5	18.6	9.2	16	54.14	4.2	2.5	روث أغنام

استخدمت في التجربة أربع معاملات وهي: ($M_3-M_2-M_1-M_0$) مثلت كل من الآتي

- M_0 - الشاهد:
- لم يتم اضافة له أي نوع سمادي.
- M_1 - مخلفات الأبقار: (3000كغ/دنم)
- M_2 - خليط الريف التجاري: (3000كغ/دنم)
- M_3 - مخلفات الأغنام: (3000كغ/دنم)

(علماً أن خليط الريف عبارة عن مزيج بين سماد عضوي حيواني و بقايا نباتية تم تخميرها وتعقيمها معاً)



شكل رقم (1) يوضح مخطط عام للتجربة المدروسة

ضمّت المسطبة الواحدة على كافة أحجام الكورمات (D-C-B-A) حيث تم زراعت (5 كورمات- 3 كورمات- 3 كورمات- 4 كورمات) على التوالي في كل المساطب كان التباعد بين الخط والآخر 20 سم والمسافة بين الكريمة والأخرى 20 سم وزرعت على عمق 12 سم، تمت الزراعة بتاريخ 2021/9/16

تمت عملية الري بعد الزراعة مباشرة بطريقة الري بالتنقيط ومن ثم تم تنظيم عملية الري مرة كل اسبوع مع مراعاة التباعد بين السقايات في حال حدوث أمطار والجدول التالي يبين مواعيد الريات.

جدول رقم (3) يوضح مواعيد الريات خلال الموسم.

الريات	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع
التاريخ	17/9	23/9	30/9	6/10	14/10	22/10	11/11

الإنبات وبدء خروج الأوراق : بدأت أولى الأوراق بالظهور بتاريخ 2021/10/14

الإزهار: بدأت بالظهور بتاريخ 2021/11/1

التعشيب: تم يدوياً ودون استخدام أي مبيد على مرحل:

1- قبل ظهور الأوراق والانبات بتاريخ 7/10/2021

2- بعد الانبات بتاريخ 27/10/2021

4- بعد انتهاء موسم الازهار بتاريخ 15/2/2021

4-7- تصميم التجربة والتحليل الاحصائي:

استخدم في التجربة تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) Randomized Complete Block Design وبثلاثة مكررات لكل معاملة.

عدد القطع التجريبية كالتالي:

$$4 \text{ معاملات} \times 1 \text{ صنف} \times 3 \text{ مكررات} = 12 \text{ قطع تجريبية.}$$

$$\text{مساحة القطعة التجريبية الواحدة} = 1 \text{ م}^2$$

$$\text{مسافة الأمان الخارجية والمحيطية بمكان التجربة} = 1 \text{ م}^2 \text{ من كل الجهات}$$

$$\text{مساحة التجربة} = 9 \text{ م} \times 7 \text{ م} = 63 \text{ م}^2$$

تم التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Genestate 12 وحساب أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى معنوية (0.05).

5- الصفات المورفولوجية والانتاجية المدروسة:

أ- متوسط عدد النموات / النبات

ب- متوسط عدد الأزهار / النبات

ت- متوسط الوزن الرطب للمياسم (غ)

ث- متوسط الوزن الجاف للمياسم (غ)

ج- عدد الكورمات الجديدة / النبات

ح- قطر الكورمات الجديدة

6- النتائج والمناقشة:

6-1- متوسط عدد النموات / النبات:

يتبين من الجدول رقم (4) وجود فروق معنوي لأثر عمليات التسميد العضوي في عدد النموات للكورمات، فالمعاملة السمادية (M3-M2-M1) اعطت بالمتوسط (2.41-2.67-3.33) على التوالي مقارنة بالشاهد الذي اعطى اقل عدد من النموات وهو 1.842 بالنسبة لكافة الاحجام اي بزيادة قدرها 80.9% -45.33% -30.99% عند كل من المعاملات السمادية (M3-M2-M1) على الترتيب بالمقارنة مع الشاهد، كما نلاحظ ان عدد النموات/الكورمة كان مرتفعا بالمتوسط بالنسبة للكورمات الكبيرة 1 فأعطت 4.95 مقابل الكورمات 0.958-1.497-2.866 على التوالي بالنسبة لبقية الأحجام (2-3-4) على التوالي. إضافة لتفوق الحاصل في عدد النموات بالنسبة للمعاملة السمادية لمخلفات الأبقار بالنسبة لكافة الأحجام المدروسة.

وهذا يعود للدور الرئيسي لجودة الكورمات المزروعة وخلوها من الأمراض، هذه النتائج تتفق مع نتائج [10] [23] التي أكدت على وجود علاقة ارتباط إيجابية بين حجم الكورمات المزروعة و عدد النموات المتشكلة على الكورمة. إضافة لدور السماد العضوي في تحسين بناء التربة وتهويتها وتوفير الأوكسجين ودعم نشاط الكائنات الحية الدقيقة الداعم للحصول على أكبر عدد من النموات/الكورمة.

جدول رقم (4) يبين متوسط عدد النموات / الكورمة بالنسبة لكافة المعاملات السمادية وكافة الأحجام الكرومات المدروسة.

المتوسط	4	3	2	1	الحجم المعاملات السمادية
1.842 ^c	0.750	1.000	1.220	4.400	M0
3.333 ^a	1.250	2.107	3.777	6.200	M1
2.677 ^b	1.000	1.553	3.220	4.933	M2
2.413 ^b	0.836	1.330	3.223	4.267	M3
	0.958 ^d	1.497 ^c	2.86 ^b	4.950 ^a	المتوسط
	C.T= 1.0407		C=0.5203		LSD (%5)
	24.3				C.V

تدل a على أفضل نتيجة ومن ثم b ثم c و d أخيراً

ومن الجدير بالذكر أن للأسمدة العضوية لها تأثير في زيادة حجم الكورمة لما تحتويه من جزيئات عضوية صغيرة حيث تحدث تغيرات كيميائية حيوية داخل الأغشية الخلوية وتزيد من امتصاص العناصر المغذية الكبرى والصغرى، كما تحفز نشاط بعض الأنزيمات مما يحفز الأنشطة الحيوية داخل النبات كما يزيد

اصطناع البروتين وتنشط الكتلة الحيوية [38]

6-2- متوسط عدد الأزهار / النبات:

من الجدول رقم (5) لوحظ عدم وجود ازهار في كل من الكورمات ذات الاحجام 3-4 بالنسبة لكافة المعاملات السمادية وهذا يتفق مع ما اكده [30] أن الكورمات التي لا تملك الحجم المناسب لا يمكنها الإزهار وإنما تعطي نموات خضرية فقط، وبالتالي فإن عدد الأزهار الناتجة يتعلق بشكل كبير بحجم الكورمة الأم.

جدول رقم (5) يوضح متوسط عدد الأزهار / النبات الواحدة بالنسبة لكافة المعاملات السمادية وكافة الأحجام الكورمات المدروسة.

المتوسط	4	3	2	1	الحجم المعاملات السمادية
9.5 ^d	0	0	3	16	M0
24.5 ^a	0	0	15	34	M1
20 ^b	0	0	10	30	M2
16.5 ^c	0	0	9	26	M3
	0 ^c	0 ^c	9.25 ^b	26.5 ^a	المتوسط
	C.T=0.837			C=1.673	LSD (%5)
	11.6				C.V

كما لوحظ وجود فروق معنوية واضحة بين كل من المعاملات السمادية فقد اعطت المعاملات السمادية M1 - M2 - M3 عدد أزهار قدره (16.5 - 20 - 24.5) على التوالي و معاملة الشاهد M0 أعطت أقل عدد من الأزهار (9.5) وكانت الزيادة مقدرة بـ 157.9% ، 110.5% ، 73.7% عند كل من المعاملات السمادية (M3- (M2-M1) على التوالي مقارنة بالشاهد M0 وإيضاً كانت الفروق واضحة بالنسبة لكل من أحجام الكورمات 1-2 فكانت عدد الأزهار بالمتوسط بالنسبة لكل من المعاملات السمادية 26.5 بالنسبة للكريمة الكبيرة من المجموعة 1 تلاها الكريمة ذات الحجم المتوسط من المجموعة 2 التي اعطت 9.25 زهرة بالمتوسط.

ومن دراسة المعاملات السمادية وحجم الكريمات نلاحظ ارتفاع عدد الأزهار بالنسبة للكريمات الكبيرة 1 والتي نمت في السماد العضوي البقري فأعطت 34 زهرة بالمتوسط مقابل 15 زهرة بالنسبة للكريمة ذات الحجم 2 وهذا يتفق مع نتائج العديد من الأبحاث [10-31] [32]

التي أكدت على وجود علاقة ارتباط طردية بين قطر الكريمة الأم وعدد الأزهار المتشكلة ويقوم السماد العضوي بتعزيز هذه العلاقة ويجعلها أكثر وضوحاً.

6-3- متوسط الوزن الرطب والجاف للمياسم/النبات:

من الجدول رقم (6-7) لمتوسط الوزن الرطب والجاف للمياسم / النبات يتضح عدم وجود المياسم بالنسبة لكل من الكريمات المتوسطة 2 والصغيرة وهذا ما اكده [30] أن الكورمات الصغيرة لا يمكنها أن تعطي أزهاراً وبالتالي أيضاً المياسم، كما أنه لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات السمادية فلو حظ أن أعلى وزن رطب وجاف

دراسة أثر استخدام الأسمدة العضوية في بعض خواص النمو وإنتاجية الزعفران في ظروف مدينة حمص

كان للمعاملة السمادية M1 (مخلفات الأبقار) تلاه المعاملة بمخلفات الغنم M3 ومن ثم السماد العضوي التجاري ماركة الريف M2 وأخيراً الشاهد أي بفروق 23.7% ، 21.4% ، 18.28% (M2-M3-M1) على التوالي مقارنة بالشاهد الذي كان وزنه الرطب 0.0257.

جدول رقم (6) يوضح متوسط الوزن الرطب للمياسم / النبات الواحدة بالنسبة لكافة المعاملات السمادية وكافة الأحجام الكرومات المدروسة.

المتوسط	4	3	2	1	الحجم المعاملات السمادية
0.0257 غ b	0	0	0.0233 غ	0.0282 غ	M0
0.0312 غ a	0	0	0.0302 غ	0.0322 غ	M1
0.0304 غ a	0	0	0.0291 غ	0.0318 غ	M2
0.0318 غ a	0	0	0.03 غ	0.032 غ	M3
	0 ^c	0 ^c	0.028 ^b غ	0.031 ^a غ	المتوسط
	C.T=0.00108		C=0.00216		LSD (%5)
	8.6				C.V

ولوحظ تفوق الوزن الرطب للمياسم بالنسبة للكريمة ذات الحجم الكبير إذ أعطت 0.031 مقارنة بالمتوسطة الكورمات من المجموعة 1 التي أعطت 0.028 غ/نبات.

جدول رقم (7) يوضح متوسط الوزن الجاف للمياسم / النبات الواحدة بالنسبة لكافة المعاملات السمادية وكافة الأحجام الكورمات المدروسة.

المتوسط	4	3	2	1	الحجم المعاملات السمادية
0.0048 ^a غ	0	0	0.0047 غ	0.0049 غ	M0
0.0055 ^a غ	0	0	0.0053 غ	0.0058 غ	M1
0.0056 ^a غ	0	0	0.0059 غ	0.0054 غ	M2
0.0055 ^a غ	0	0	0.0056 غ	0.0054 غ	M3
	0 ^b	0 ^b	0.0053 ^a غ	0.0053 ^a غ	المتوسط
	C.T=0.000098 C=0.00019				LSD (%5)
	4.4				C.V

أما بالنسبة للوزن الجاف فقد كانت الفروق بنسبة 14.5% ، 16.6% ،
14.5% لكل من (M2-M3-M1) على التوالي مقارنة بالشاهد.

ولوحظ تفوق الوزن الجاف للمياسم بالنسبة للكريمة ذات الحجم الكبير 1 إذ أعطت (0.0053غ) مقارنة بالكورمات 2 التي أعطت (0.0048غ) ، وهذا يتفق مع [33] و [10] الذي أكد بان الكورمات ذات القطر الكبير تعطي إنتاجية عالية من المياسم إذا ما قورنت بمثيلاتها.

6-4- متوسط عدد الكورمات:

من الجدول رقم (8) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين الأحجام فقد أعطت الكورمات (1-2-3-4) في الموسم الأول عدد كورمات وهو (6.71 - 3.71 - 1.95 - 1.025) على التوالي، وبالنسبة للمعاملات السمادية فقد تفوقت المعاملة السمادية (M2 ثم M3 ثم M1 وأخيراً الشاهد M0) وفق الترتيب التالي (4.105-3.59- 3.11-2.59) بزيادة قدرها (58.49% - 38.61% - 20.07%) مقارنة بالشاهد.

جدول رقم (8) يوضح متوسط عدد الكريمات بالنسبة لكافة المعاملات السمادية وكافة الأحجام الكرومات المدروسة.

المتوسط	4	3	2	1	الحجم المعاملات السمادية
2.59 ^c	1	1.33	2.16	5.86	M0
3.11 ^{bc}	1	1.83	3.03	6.6	M1
4.105 ^a	1.1	2.66	4.66	8	M2
3.59 ^{ab}	1	2	5	6.36	M3
	1.025 ^d	1.95 ^c	3.71 ^b	6.71 ^a	المتوسط
	C.T=0.585 C=0.606				LSD (%5)
	13.6				C.V

وهذا يتفق مع ما توصل إليه [34] أن الاستخدام المشترك للأسمدة العضوية والبيولوجية يعزز نوعية وكمية محصول الزعفران في بحثه على تأثير الأسمدة العضوية والحيوية على الخصائص الكمية والنوعية للزعفران، ومع ما أشار إليه [35] للحصول على أفضل إنتاجية للزعفران من الكوريمات وما أكده [3] على أن الكوريمات ذات الحجم الأكبر (3.5-4.4سم) أعطت إنتاجية وصلت لثلاثة أضعاف إنتاجية مثيلاتها ذات الحجم (2.5-3.4 سم).

إضافة إلى أن الكورمة الأم المتوسطة الحجم (قطر 3 سم وزن 30 غ) تحقق أفضل معامل تكاثر مقارنة بالكورمات الأصغر حجماً [35] وإن هذه الزيادة في عدد الكورمات تعود للمواد العضوية التي تعتبر مصدراً غنياً بالعناصر الغذائية مثل النتروجين والفوسفور والكبريت وحامض الهيوميك الذي يحتوي على مجاميع فعالة بنسب 26% من الدبال الكلي على هيئة تراكيب مختلفة [36]

6-5- متوسط قطر الكورمات:

جدول رقم (9) يوضح متوسط قطر الكريمات بالنسبة لكافة المعاملات السمادية وكافة الأحجام الكورمات المدروسة.

المتوسط	4	3	2	1	الحجم المعاملات السمادية
2.97 ^a	3.67	2.6	2.52	3.10	M0
2.5 ^a	2.38	2.2	2.33	2.99	M1
2.55 ^a	2.6	2.5	2.45	2.67	M2
2.55 ^a	2.66	2.25	2.39	3.03	M3
	2.57 ^a	2.38 ^a	2.42 ^a	2.94 ^a	المتوسط
	C.T=0.585			C=0.292	LSD (%5)
	13.6				C.V

من الجدول رقم (9) يتضح لنا عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات السمادية وأحجام الكريمات الناتجة إلا أن الملاحظ هو تفوق معاملة الشاهد M0 إذ

اعطت بالمتوسط 2.97 سم تلا ذلك كلا من المعاملات السمادية (M1-M2-M3) بالقيم (2.47-2.55-2.58) على التوالي بانخفاض قدره 5.17% - 6.25% - 9.19% بالمقارنة مع الشاهد. ويمكننا اوضح هذا الأمر بالنسبة لتفوق الكريمات ذات الحجم الصغير 4 على كل من الأحجام 2-3 على التسلسل هو أن الكريمات المتوسطة الحجم أعطت بتكاثرها عدداً أكبر من الكريمات الجديدة في الموسم الأول بينما كانت عدد الكريمات الناتجة عن الكورمات الصغيرة محدود ولكن لوحظ ازدياد حجمها.

وهذا يتفق مع [29] حيث أكد من خلال دراسته الممتدة لثلاث سنوات أن الكورمات الأصغر حجماً تأخرت في الإزهار من 5 ل 7 أيام مقارنة بالكورمات الأكبر حجماً و أنتجت الكورمات ذات الوزن أقل من 2 غرام عدد قليل من من الأزهار وأنتجت الكورمات ذات الوزن الأكبر من 33 غرام عدد أزهار في السنوات الثلاثة (4 - 16 - 487) زهرة على التوالي بأوزان كانت (115 - 627 - 1905) ملغ على التوالي من المياسم الطازجة

بينما أنتجت الكورمات ذات الوزن من 11-15 غرام عدد أزهار في السنوات الثلاثة (1 - 4 - 20) زهرة على التوالي بأوزان كانت (29 - 171 - 906) ملغ على التوالي من المياسم الطازجة

7- الاستنتاجات:

أدى استعمال عدة أنواع مختلفة من الأسمدة العضوية (سماد أبقار- سماد أغنام- سماد الريف) في زراعة الزعفران بالتوازي مع أحجام مختلفة من الكورمات إلى التوصل للاستنتاجات التالية:

- 1- زيادة معنوية في عدد النموات وارتفاع عدد الأزهار في الترب المعاملة بالسماذ العضوي الناتج عن مخلفات الأبقار بالمقارنة مع باقي الأنواع السماذية وخاصة للكورمات ذات الحجم الكبير من المجموعة 1 مقارنة مع باقي الأحجام المدروسة مجموعة الكورمات 2 و 3 و 4.
- 2- عدم الحصول على الأزهار في الموسم الأول من الزراعة وضمن ظروف التجربة بالنسبة للكورمات ذات المحيط (أقل من 5 سم) و (5 - 5.5 سم).
- 3- زيادة في وزن المياسم الرطب والجاف بالنسبة للزراعة في تربة مسمدة بالسماذ العضوي الناتج عن مخلفات الأبقار مقارنة مع باقي الأنواع السماذية.
- 4- تفوق السماذ العضوي التجاري ماركة الريف على باقي الأنواع السماذية في إنتاج الكريمات.

8- التوصيات:

- 1- توجيه مزارعي الزعفران لاستخدام السماذ العضوي الخالي من المسببات المرضية الناتج عن (مخلفات الأبقار) في الزراعة الخاصة لإنتاج المياسم، واستخدام السماذ التجاري ماركة الريف الذي أعطى نتائج جيدة من حيث إنتاج كورمات جديدة.
- 2- توسيع رقعة زراعة نبات الزعفران (إنتاج المياسم أو الكوريمات) في سورية نظراً للظروف البيئية المناسبة حيث تعتبر سوريا ضمن مناطق الموطن الأصلي للزعفران وهذا ما يمكنه أن يؤمن آلاف من فرص العمل و يمكن أن يعد رافداً جيداً للاقتصاد الوطني .

9- المراجع:

1. Fernández J.A. 2004- Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. Dev. Plant Sci, 2, 127-159.
2. Rashed-Mohassel, M.H. 2007. *Saffron from wild to the field*. Acta Hort. Vol.739, 187-193
3. Poggi, L,M, Portela, A,J, Pontin ,M.A and Molina RV, 2010. Corm size and incubation effects on time to flowering and threads yield and quality in saffron production in Argentina .Acta Hout 850: 193-198.
4. Negbi, M. 1999. Saffron Cultivation: post present and future prospect: In ,Ncgbi M (ED) Saffron (*Crocus Sativus* L.) vol, 154, Harwood Academic publishers ,Amsterdam pp1-17.
5. De-Juan, J.A., Corcoles, H.L., Munoz, R.M. and Picornell, M.R .2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial cropping systems. industrial crop and products. 101, 3-11.
6. Salwee.Y, and Nehvi. F.A. 2013. Saffron as a valuable spice. Saffron Research Station, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology, India. African Journal of Agricultural Research Vol. 8(3), pp. 234-242.
7. Vahedi, M., Kabiri, M., Salami, S.A., 2018. Quantitative HPLC-based metabolomics of some Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) accessions. Ind. Crop. Prod. 118, 26-29.

8. Marcinek, B. and Hetman J. 2006. The effect of the date and depth of corm planting on the quality traits of *Sparaxis tricolor* ker.-gawl. flowers grown in the conditions of the lublin district, *Ejpau* Vol. 9, N°. 2: 10–19.
9. Le nard, M. and De Hetrogh, A. 1993. Bulb growth and development and flowering. In: De Hertogh, A., Le Nard, M. (Eds.) *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, 29–44.
10. Gresta, F; Lombardo, G.M.; Siracusa, L. and Ruberto, G. , 2008. effect of mother corm dimention and sowing time on stigmas yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. *J.Sci. Food Agric*. Vol. 88, 1144–1150.
11. Modaghegh, M. H.; Shahabian, M.; Esmaeili, H. A.; Rajbai, O. and Hosseinzadeh, H. 2008. *Safety evaluation of saffron (Crocus sativus) tablets in healthy volunteers*. *Phytomedicine*, Vol. 15, N°.12, 1032–1037.
12. Winterhalter P, Straubinger M. 2000. Saffron–renewed interest in an ancient spice. *Food Rev. Int.* 16: 39–59.
13. Abdullaev, F.I. and Espinosa–Aguirre, J.J. 2004. Biomedical properties of saffron and its potential use in cancer therapy and chemoprevention trials, *Cancer Detect Prev* 28: 426–432.
14. Nemati, H.; Boskabady, M.H. and H. Vostakolaei, H. A. 2008, Stimulatory effect of (*Crocus sativus*) saffron on β 2–

- adrenoceptors of guinea pig tracheal chains. *Phytomedicine*, Vol. 15, N°. 12, 1038–1045.
15. Boskabady, M. H. and Aslani, M. R. 2006. Relaxant effect of *crocus sativus* (saffron) on guinea-pig tracheal chains and its possible mechanisms. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, Vol. 58, N°.10, 1385–1390.
16. Soeda, S.; Ochiai, T.; Shimeno, H.; Saito, H.; Abe, K.; Sugiura, M.; Tanaka, H.; Taura, F.; Morimoto, S. and Shoyama, Y., 2003. Promising pharmacological actions of croon in *crocus sativus* on the central nervous system. *Studies in Natural Products Chemistry*. Vol. 28, N°. 9, 313–329.
17. Tavakkol-Afshari, J.; Brook, A. and Seyed Hadi Mousavi, S. H. 2008. Study of cytotoxic and apoptogenic properties of saffron extract in human cancer cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 46, N°.11, 3443–3447.
18. Serrano-Díaz. J, Sánchez. AM, Martínez-Tomé. M, Winterhalter. P and Alonso. GL. 2013. A contribution to nutritional studies on *Crocus sativus* 60 flowers and their value as food Original Research Article *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 31, Issue 1, Pages 101–108.
19. Alavi urban, H. 1995. Effect of manure and irrigation on saffron yield. *Journal No. 11 seed and seedlings*. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj.

20. ISO., 2003. The International Standardization for Organization 3632-1 and 2. Saffron (*Crocus sativus* L.). Part 1: Specifications. Part 2: Test Methods. International Standards Organisation, Geneva, Switzerland, ISO 3632-1-2.
21. Sánchez, A. M.; Carmona, M.; Carmen Priscila Del Campo, C. Pand Alonso, G. L. 2009. Solid-phase extraction for picrocrocin determination in the quality control of saffron spice (*Crocus sativus* L.). Food Chemistry, Vol. 116, 792-798.
22. Molina, R.V.; Valero, M.; Navarro, Y.; Guardiola, J.L. and Garcia-Luis, A., 2005. Temperatura effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae, Vol. 103, 361-379.
23. Mashayekhi, K.; Soltani, A. and Kamkar, B. 2007. The relationship between corm weight and total flower and leaf number in saffron. Acta Hort. Vol. 739, 93-97.
24. LAGE, M. AND CANTRELL, C. L. 2009. Quantification of saffron (*Crocus sativus* L.) metabolites crocins, picrocrocin and safranal for quality determination of the spice grown under different environmental Moroccan conditions. Scientia Horticulturae, Vol. 121, 366-373.
25. Kafi, M. 2002. Saffron, Production and Processing. Center of Excellence for Agronomy. 1st Ed., Faculty of Agricult.,

- Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran, ISBN: 964-94429-4-4 pp: 27.
26. Cavnsoglu, A. and Unal, M .2005. The effect of various nitrogen fertilizers on saffron (*Crocus sativus L.*) yiled. Kocaeli University, Arslanbey Vocational School, Kocaeli, Turkey 18(2), 257-260.
27. Mengel ,K and Kirkby ,E.A. 1982. Principle of plant Nutrition 4th edit potash iust, Bern, Switzerland.
28. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biol. Biochem, 34(11:) 1536-1527
29. Douglas, M.H., smallfield , B.M ; Wallace , A.R.,M Mc Gimpsey. 2014 Saffron (*crocus sativus L.*) The effect of mother corm size on progeny mmultiplicanion , flower and stigma producnction. Scientia Horticulturae 166 (2014) 50-58
30. Benschop, M. 1993. Crocus: The physiology of flower bulbs. Hertogh,A. de; Nard, M. le ed. Amsterdam, Elsevier. P. 257-272.
31. Gresta, F; Avola, G.; Lombardo, G.M.; Siracusa, L. and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus L.*) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae, Vol. 119, 320-324.
32. DE Mastro, G. and Ruta, C. 1993. *Relation between corm size and saffron (Crocus sativusL.) flowering.* Acta Hort. Vol. 344, 512-517.

33. Sepeaskah AR, Ghasemi MM. Every-other-furrow irrigation with different irrigation intervals for grain sorghum. Pak G Biol Sci. 2008 May 1;11(9):1234-9/ doi: 10.3923/pjbs.2008.1234.1239. PMID:18819531.
34. Makarian, Hassan and Ebadi, Ali (2019). The effect of organic and biological fertilizers on quantitative and characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) AT the climate of Ardabil region. P.227-244
35. Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Laura, S., Nunzia, C. and Vincenzo, C. 2020- The Influence of Soil Physical and Chemical Properties on Saffron (*Crocus sativus* L.) Growth, Yield and Quality. Agronomy, 10, 1154.
36. Zabih. HR, Hoseini. RA and Posban. M. 2003. Investigation the effects of Nitrogen and potassium on saffron yield ,Agricultural Scientific Information and Documentation centre, Agricultural Research and education Organization. P12.
37. Verkaik, E. 2006. Short term and long term effect of tannins on nitrogen mineralization and litter decomposition in kauri (*agathi australis* don lind) fores, plant and soil 87:337-343.
38. Chen, Y. and T. Avid, 1990. Effects of humic substances on plant growth. In : MacCarthu, P., Clapp, C.E., Malcolm ,R.L., Bloom, P.R.(Eds) , Humic substances in soil and crop sciences: selected Readings. ASA and SSSA, Madison , WI, Pp: 161-186.

دراسة كوانتية للخصائص البنيوية والإلكترونية والترموديناميكية والطيفية للبورفيرين

غيداء الحسن* أ. د. عدنان كودلاً** د. جهاد الوهبي***

مُلخَص البحث

تمّ في هذا البحث دراسة الخصائص البنيوية والإلكترونية والترموديناميكية والطيفية للبورفيرين و ذلك باستخدام المجموعة القاعدية ((6-311+g(d,p)) ضمن الطريقة الكوانتية B3LYP والتي تعتمد على نظرية تابعة الكثافة DFT لِمَا تملكه هذه الطريقة من دقة عالية بالنسبة للنتائج التي يتم الحصول عليها. حيث نُقدت جميع الحسابات باستخدام برنامجي Gaussian03 و Gaussian 09 و برنامج النمذجة GaussView6. ويمكن تلخيص ذلك بالنقاط الآتية:

- تمّ إيجاد البنية الهندسية الفضلى للبورفيرين وحساب بعض الخصائص البنيوية والإلكترونية والطاقة في الحالة الغازية وفي مذيبات مختلفة.
- دراسة قابلية انحلاله في مذيبات مختلفة، حيث وجدنا أنّ المذيب المناسب هو الأسيتون.
- دُرس تأثير المذيب على بعض الخصائص الطاقية والإلكترونية، ثم تمّ تحديد معامل التوزّع من خلال دراسة قابلية انحلال البورفيرين في مزيج ثنائي المكون مؤلف من مذيبين غير قابلين للمزج. وذلك عن طريق حساب طاقات جيبس

للعبور من الطور العضوي (الدهني) إلى الطور المائي.

- حساب القساوة الكيميائية والكمون الكيميائي ومؤشر الكهربائية غير الموضوعية (الفعالية البيولوجية).
- دراسة بعض الخصائص الطيفية كوانتياً من خلال إيجاد طيف الرنين المغناطيسي النووي البروتوني (H^1 -NMR) والكربوني (C^{13} -NMR) وطيف الأشعة تحت الحمراء (IR) وطيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis).

كلمات مفتاحية: بورفيرين، نظرية تابعة الكثافة، عرض المجال المحظور، معامل التوزع، الفعالية البيولوجية.

* طالبة ماجستير كيمياء فيزيائية - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا.

** أستاذ دكتور في قسم الكيمياء - كيمياء فيزيائية كوانتية - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا.

*** أستاذ مساعد في قسم الكيمياء - كيمياء فيزيائية - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا.

Quantum-chemical Study of structural, electronic, thermodynamic and spectral properties of Porphyrin

Abstract

In this research, the structural, electronic, thermodynamic, spectral and biological properties of porphyrin were studied using the base set

(6-311+g(d,p)) within the quantum method B3LYP, which is based on the density functional theory (DFT) because of the high accuracy of this method for the results obtained.

Where all accounts have been implemented using Gaussian 09 and modeling software GaussView6. This can be summarized by the following points:

- The optimal geometric structure of porphyrin was found and some structural, electronic and energy properties were calculated in the gaseous state and in different solvents.
- Study its dissolution in different solvents, and we found that the appropriate solvent is acetone.
- The effect of the solvent on some energy and electronic properties was studied, then the partition coefficient was

determined by studying the solubility of porphyrin in a two-component mixture consisting of two immiscible solvents. This is done by calculating the Gibbs energies of crossing from the organic (fatty) phase to the aqueous phase.

- Calculation of chemical hardness, chemical potential and non-local electrical index (biological activity).
- Studying some spectral properties by finding proton nuclear magnetic resonance (H^1 -NMR) and carbon (C^{13} -NMR), infrared (IR) and ultraviolet-visible (UV-Vis) spectrum.

Keywords: porphyrin, density functional theory (DFT), energy gap(E_{gap}), Partition coefficient, biological efficacy (ω).

*Master's student in physical chemistry, Department of Chemistry, Faculty of Science, Al-Baath University, Homs, Syria.

** Professor. Doctor. in the Department of Chemistry - Quantum Physical Chemistry - Faculty of Science - Al-Baath University - Homs - Syria.

***Assistant Professor. in the Department of Chemistry - Physical Chemistry - Faculty of Science - Al-Baath University - Homs – Syria.

المقدمة والدراسة المرجعية (Introduction and the Reference Study):

البورفيرين جزيء حلقي كبير غير متجانس يتكون من أربع حلقات بيرول، وهي حلقات خماسية مكونة من أربع ذرات من الكربون ونيتروجين واحد. وهو مركب كيميائي ذو أهمية كبيرة.

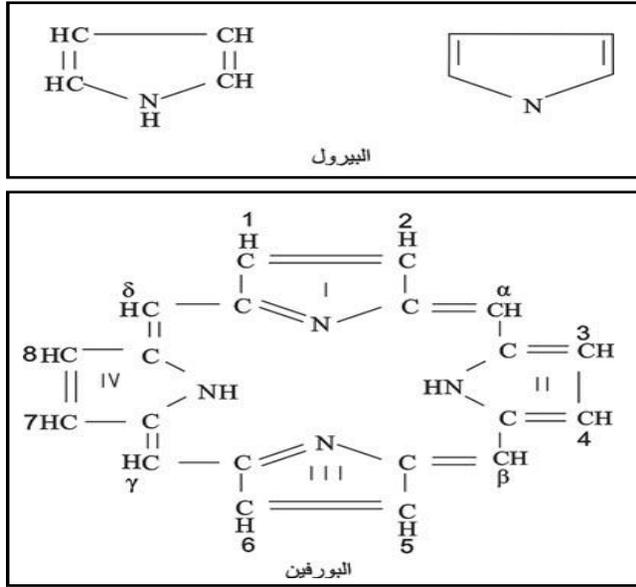
تسمى البورفيرينات المستبدلة بالبورفيرينات ويُدعى نموذج البورفيرين العام بـ "البورفين" ونادراً ما يوجد هذا الجزيء في الطبيعة باعتباره وسيطاً، لكنه أساس جميع جزيئات البورفيرين [1].

ترتبط جزيئات البيرول معاً من خلال سلسلة من الروابط الفردية والمزدوجة التي تتشكل جزيء البورفيرين في حلقة كبيرة، تكون الحلقة مسطحة في الفراغ ويتساوى توزيع الإلكترونات إلى حدٍّ ما حول محيط الحلقة، لهذا السبب يُعد البورفيرين مركب عطري [2] وهذا يعني أن جزيء البورفيرين مستقر للغاية.

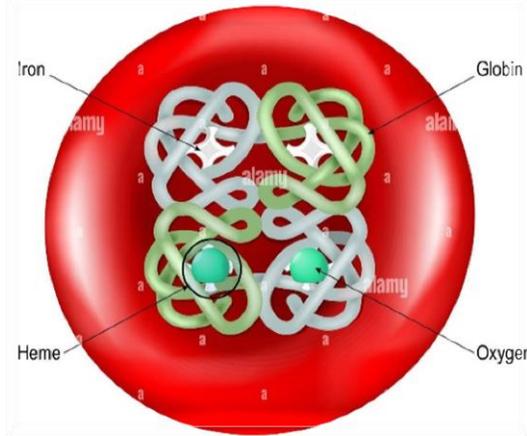
صيغته الجزيئية: $C_{20}H_{14}N_4$

من أهم الخصائص التي تتمتع بها البورفيرينات هي قابلية ارتباطها بالمعادن خاصة الحديد و المغنيزيوم وبدرجة أقل مع الزنك والنيكل والكوبالت والنحاس والفضة فيتشكل ما يُسمى بـ البورفيرين المعدني (metalloporphyrin)، أهمها جزيء الهيم (Heme) الذي يتشكل من ارتباط البورفيرين مع الحديد (II) وهو مادة صلبة بلورية حمراء داكنة

قابلة للذوبان في بعض المذيبات القطبية مثل: البيريدين، الديوكسين، .. إلخ، ويمكن تسخينها إلى 360 درجة مئوية دون أن تذوب.



إن الدور الرئيسي لجزيئات البورفيرين هو بناء مجموعات الهيم وتؤدي حلقة البورفيرين وظيفة مهمة، حيث تقوم ذرات النتروجين الموجودة في الوسط باستضافة أيون الحديد حيث أنّ النتروجين لا يرتبط عملياً بأيون الحديد إلا أنه يتم تثبيته في مكانه بتأثير ذرات النتروجين. إنّ الغرض العام من الهيم هو نقل الأكسجين، فعندما يرتبط الأكسجين بالهيم الموجود في الدم يمكن نقله بسرعة حول الجسم وعبر الخلايا.



تم فحص البورفيرين لفترة طويلة في مجالات مختلفة من الكيمياء بسبب خصائصه المؤكسدة والبصرية الممتازة وتم تصنيع إيزوميرات هيكلية من البورفيرينات، وهي البورفيسين والهيمبورفيسين والكورفيسين و...، حيثُ دُرِس الانتقال الإلكتروني المحرّض ضوئياً لمماكبات البورفيرين، وتمّ توضيح عمليات نقل الإلكترون بين هذه المماكبات، وتوضيح خصائصها الكهروكيميائية والاختلافات بين هذه الإيزومرات في عمليات نقل الإلكترون [3].

كما دُرست البنى الهندسية، الإيزوميرية والتوتوميرية والتماكب البنيوي والاستقرار لبعض مماكبات البورفيرين، حيثُ تم إجراء عمليات حسابية لتابعة الكثافة على البورفيرين الحر ومماكباته السبعة المحتملة مع نواة معدن رباعي التساند N4-metal، حيث تمت دراسة ما مجموعه 27 بنية ناتجة عن التماكب البنيوي (E / Z) وانتقال ذرة هيدروجين النتروجين NH [4] وتم البحث عن البنى الهندسية المستقرة بالكامل بالاعتماد على تقريب تابعة الكثافة غير الموضعية (BLYP) باستخدام المجموعات القاعدية 3-21G و 6-31G** [4].

كما درست معقدات هيدروكسو بورفيرين الحديد (III) في المحاليل العضوية من خلال عمليات التحليل الطيفي للأشعة المرئية و فوق البنفسجية UV- Vis ومطيافية [5] EPR.

وتم إجراء دراسات ميكانيكية لتفاعل أكسيد النيتريك مع المحاليل المائية لمعقدات بورفيرين الحديد (II) والكوبالت (II) والحديد (III) والآثار المترتبة على النشاط البيولوجي لها [6].

كما تم إجراء مقارنة للخصائص البنيوية والاهتزازية لبعض مأكبات البورفيرين باستخدام نظرية تابعة الكثافة المستقلة عن الزمن (DFT) والمتعلقة بالزمن (TD-DFT) [7].

وُدُرست الخصائص المميزة لاستقرار معقدات بورفيرين الحديد الثنائي مع الأكسجين في الميوغلوبين [8].

أيضاً تمت دراسة الخصائص البنيوية والإلكترونية والبصرية والطيفية لسلسلة من بورفيرينات المعادن الانتقالية (TMP; TM = Fe , Ni , Co) بالاعتماد على نظرية تابعة الكثافة DFT وباستخدام المجموعة (LANL2DZ) كمجموعة أساسية وتم تنفيذ جميع الحسابات باستخدام برنامج GAUSSIAN 09. حيث تم تسجيل قابلية التأين، والصلابة الكيميائية (η)، طاقات الروابط للمعادن الانتقالية، طيف الأشعة تحت الحمراء وطيف رامان [9].

المفاهيم الأساسية:

الكيمياء الكمومية (Quantum chemistry):

تُعد الكيمياء الكمومية أداة مهمة من أدوات البحث العلمي الحديث وهي جزء من الكيمياء الفيزيائية، تشمل جميع التطبيقات الكيميائية للنظرية الكوانتية النسبية، حيث تُحاكي التفاعلات الكيميائية حاسوبياً قبل تطبيقها تجريبياً من خلال تحديد الخصائص الفيزيائية

والكيميائية للمواد المتفاعلة والنتيجة عن التفاعل مروراً بالمواد الوسطية والانتقالية، ومن هذه الخصائص:

- الخصائص البنيوية (البنى الهندسية الفراغية، ثوابت البنية، ... الخ).
- الخصائص الإلكترونية (الشحنات الجزئية للذرات داخل الجزيئة، عزوم ثنائيات الأقطاب، قابلية الاستقطاب، ... الخ).
- الخصائص الطاقية (طاقة الارتباط، عرض المجال المحظور، طاقة التأين، الألفة الإلكترونية، الصلابة الكيميائية الكمون الكيميائي، ... الخ).
- الخصائص الطيفية (طيف الأشعة تحت الحمراء، طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية، طيف الرنين المغناطيسي النووي، ... الخ).
- الخصائص البيولوجية (معامل الفعالية البيولوجية، ... الخ).
- الخصائص الدوائية (معامل التوزع، ... الخ).

قابلية الانحلال (Solubility) ومعامل التوزع (Partition coefficient):

إنّ الفرق بين قابلية انحلال (Solubility) مادة ما ومعامل التوزع (Partition coefficient) لهذه المادة هو أن الأول يقيس كمية المادة المنحلة التي يمكن أن تنحل في مذيب واحد، بينما الثاني يقيس قدرة المادة المنحلة على التوزع بين مذيبين (مُحلين) غير قابلين للمزج.

تُستخدم معاملات التوزع في تصميم الدواء كمقياس لانحلال المادة المنحلة في الماء (أي كراهية المادة المنحلة للماء) (a measure of a solute's hydrophobicity) وكمعيار لنفاذية المادة المنحلة للغشاء (proxy for its membrane permeability). فكلما زادت قابلية انحلال المادة زاد معامل التوزع مما يعني ازدياد نفاذية الغشاء لتلك المادة المعينة.

تكون معاملات التوزع مفيدة في تقدير توزع الأدوية (العقاقير) داخل الجسم، حيث تتوزع العقاقير التي تحتوي على معاملات توزع عالية للمزيج (أوكتانول/الماء) بشكل أساسي في مناطق كارهة للماء مثل طبقات الدهون في الخلايا. وعلى العكس من ذلك، تتواجد العقاقير ذات معاملات التوزع المنخفضة لـ (الأوكتانول/الماء) بشكل أساسي في المناطق المائية مثل مصل الدم (blood serum) ^[10].

في العلوم الكيميائية والصيدلانية، يكون كلا الطورين عادة محلات ^[11] والأكثر شيوعاً أن يكون أحد المحلات هو الماء، في حين أن الثاني نافر أو كاره للماء (hydrophobic) مثل 1-أوكتانول ^[12] ومن ثم يقيس معامل التوزع كيف تكون المادة الكيميائية (محببة للماء) (hydrophilic) أو كارهة للماء (hydrophobic).

يتم التعبير عن معامل التوزع بين محلين غير قابلين للانحلال مثل الماء والأوكتانول، على أنه توزع التوازن بين تركيزي المادة المنحلة في كل محل ويتعلق بتغير الطاقة

المرتبطة بالتأثيرات المتبادلة بين المادة المنحلة والمحل، والتي يتم التعبير عنها بفرق الطاقة الحرة (ΔG) للمادة المنحلة في كل محل.

يمكن أن يشكل التنبؤ عن الطاقة الحرة لانحلال جزيئة ما باستخدام التقنيات الكيميائية تحدياً بسبب الصعوبات في تحديد التأثيرات المتبادلة بين المحلات والمواد المنحلة، حيث هناك العديد من قوى التأثير المتبادل الجزيئية التي تساهم في الانحلال.

يمثل LogD معامل التوزع (distribution coefficient) لجزيئة ما بين الطورين المائي والدهني، ويتم تحديده تجريبياً بطرائق مختلفة مثل GLC ، MS ، ... الخ؛ مثلاً يمكن تحديد LogD للمادة المنحلة عن طريق ربط وقت الاحتفاظ به مع مركبات مماثلة معروفة الـ LogD ويُعرّف كما يأتي:

$$\text{LogD} = \frac{[\text{Solute}]_{\text{lipophilic}}}{[\text{Solute}]_{\text{aqueous}}} \equiv \frac{[\text{Solute}]_{\text{n-octanol}}}{[\text{Solute}]_{\text{water}}}$$

حيث:

$[\text{Solute}]_{\text{lipophilic}}$: تركيز القسم المنحل من المادة المنحلة في الطور

العضوي (الدهني).

$[\text{Solute}]_{\text{aqueous}}$: تركيز القسم المنحل من المادة المنحلة في الطور

المائي.

أما LogP فيمثل أيضاً معامل التجزئة (التوزع) (partition coefficient) لجزيئة ما بين الطورين المائي والدهني، ويتم تحديده كوانتياً بطرائق مختلفة من أفضلها DFT/B3LYP. ويُحسب من العلاقة الآتية:

$$\begin{aligned} \text{LogP} &= \frac{[\text{Solute}]_{\text{lipophilic}}}{[\text{Solute}]_{\text{aqueous}}} \equiv \frac{[\Delta G_{\text{aqueous}} - \Delta G_{\text{lipophilic}}] \text{Log}_{10}e}{K T} \\ &= \frac{[\Delta G_{\text{aqueous}} - \Delta G_{\text{lipophilic}}]}{\ln 10 K T} = \frac{\Delta G_{\text{aqueous}} - \Delta G_{\text{lipophilic}}}{2.303 K T} \\ &= \frac{\Delta G_{\text{aqueous}} - \Delta G_{\text{lipophilic}}}{2.303 R T} \\ &\equiv \frac{\Delta G_{\text{hydration}} - \Delta G_{\text{solvation}}}{2.303 R T} \equiv \frac{- \Delta G_{\text{transfer}}}{2.303 R T} \end{aligned}$$

حيث:

e : عدد أويلر (Euler) (e = 2.718) ، K : ثابت

Boltzmann

R : الثابت العام للغازات ، T : درجة الحرارة المطلقة

$$\text{Log}_{10}e \cong \text{Log}_{10}(2.718) \cong 0.434 \quad , \quad \text{LogP} = \log_{10}P$$

$$\frac{1}{\text{Log}_{10}e} \cong 2.303$$

$\Delta G_{\text{aqueous}}$: طاقة جيبس الحرة لانهلال المادة المدروسة في الماء

(الإمالة).

$\Delta G_{\text{lipophilic}}$: طاقة جيبس الحرة لانحلال المادة المدروسة في المحل

العضوي أو الدهني.

$$\Delta G_{\text{transfer}} = \Delta G_{\text{aqueous}} - \Delta G_{\text{lipophilic}}$$

طاقة جيبس الحرة للعبور

من الطور

العضوي أو الدهني (Lipophilic) إلى الطور المائي (Aqueous) تحت شروط

الحالة القياسية.

$$\Delta G_{\text{aqueous}} = G_{\text{tot}} (\text{waterphase}) - G_{\text{tot}} (\text{gasphase})$$

$$\Delta G_{\text{lipophilic}} = G_{\text{tot}} (\text{octanolphase}) - G_{\text{tot}} (\text{gasphase})$$

$$\Delta G_{\text{solvation}} \equiv \Delta G_{\text{aqueous}} \equiv \Delta G_{\text{lipophilic}}$$

هي تغير طاقة جيبس

الحرّة في الحالة القياسية لانحلال المركب المدروس في الماء أو الأوكتانول عند الدرجة

(298.15 K).

وتعرّف طاقة جيبس الحرة للانحلال في الحالة القياسية بأنها طاقة جيبس الحرة للعبور

من الطور الغازي (gas phase) إلى الطور المكثف (condensed phase) تحت

شروط الحالة القياسية. لأن طاقة جيبس الحرة في الطور الغازي تُحسب بالنسبة للحالة

القياسية (1atm)، لذلك نحتاج لإضافة عامل تصحيح ($RT \ln(24.46) \text{ kcal.mol}^{-1}$)

عند الدرجة (298.15K) لتحويله إلى الحالة الأساسية لـ (1 mol.dm^{-3}).

إن القيمة السالبة لـ $\log P$ تعني أن للمركب ميل عالي للطور المائي (أكثر محبة للماء)؛ عندما

$\log P = 0$ يتوزع المركب بالتساوي بين المذيبين (بين الطورين الدهني والمائي)؛ بينما تشير القيمة الموجبة لـ $\log P$ إلى تركيز أعلى في الطور الدهني (أي أن المركب أكثر محبة للدهون) مثلاً: $\log P = 1$ يعني أن نسبة تركيز المركب (1/10) في الطور العضوي/الطور المائي (أي تركيز المركب في الطور العضوي عشر أضعاف تركيزه في الطور المائي).

على الرغم من أن $\log P$ ثابت، فإن قيمته تعتمد على اختيار نوع المذيب العضوي. يُستخدم على وجه التحديد المزيج (1- أوكتانول ، الماء) (octan-1-ol, water) وهو النظام الأكثر استخداماً.

لدراسة محبة المواد للدهون يمكن استخدام أي مذيب غير قطبي لا يمكن خلطه بالماء. ويُعتقد أن خصائص الأوكتانول تشبه خصائص الأغشية ثنائية الطبقة الدهنية بشكل جيد (أي أن توزع المواد الكيميائية/ العقاقير في الأوكتانول-1 يُحاكي قدرتها على الانتشار الإيجابي عبر الأغشية في النظم الحية). إلى أن يكتشف شخص ما نظاماً أفضل للمذيبات سيبقى (الماء/1-أوكتانول) هو المعيار.

معامل الفعالية البيولوجية (Biological activity index):

تُصنف فعالية أو نشاط جزيئة ما تبعاً للخاصية المدروسة، فهناك الفعالية الحفزية والفعالية الضوئية وفعالية الارتباط والفعالية البيولوجية و... الخ.

يُقاس مؤشر الكهربائية غير الموضعية ميل أو قدرة أي مركب على كسب الإلكترونات.

و هو مقياس للاستقرار في الطاقة بعد أن تكسب الجملة مقداراً إضافياً من الشحنة

الإلكترونية من المحيط [13] ويتعلق بالقساوة الكيميائية والكمون الكيميائي للمركب. ترتبط

القساوة (الصلابة) الكيميائية بثباتية أو تفاعلية المركب الكيميائي، فهي تقيس مقاومة

التغيير في توزيع الإلكترونات أو نقل الشحنة.

واعتماداً على المدارات الجزيئية الحدودية فإن الصلابة الكيميائية تقابل الفجوة بين

HOMO وLUMO، حيث كلما كانت الفجوة ϵ_{gap} (energy gap) كبيرة كانت

الجزيئة أصلب وأكثر ثباتاً وأقل تفاعلية^[14,15].

أهداف البحث (Research Aims):

سنركز في هذا العمل على:

1. دراسة استقرار البورفيرين من خلال تحديد الخصائص البنوية والإلكترونية والترموديناميكية.
2. دراسة انحلاليته في مذيبات مختلفة.
3. دراسة فعاليته البيولوجية.
4. دراسة محبته للدهون.

أدوات البحث (Research Tools):

الطريقة الكوانتية (Quantum Method):

تُعد نظرية تابعة الكثافة المستقلة عن الزمن Density Functional Theory

(DFT) وكذلك المتعلقة بالزمن Time Dependet -Density Functional Theory

(TD-DFT) من أهم الطرائق الكمومية وأكثرها استخداماً في الوقت الحاضر.

لذلك نستخدم في هذا العمل طريقة (DFT/B3LYP) [16-20]، وهي عبارة عن طريقة تابعة الكثافة المستقلة عن الزمن DFT المطورة من قبل بيكي (A.D.Becke) [21] ولي-يانغ بار (C.Lee, W.Yang, .G.Parr) [22] والمجموعة القاعدية الموسعة التكافؤية (6-311+g(d,p)) والمرمزة بـ DFT/B3LYP/6-311+g(d,p) ويشير (d,p) إلى الاستقطاب أما (+) تشير إلى الانتشار.

الحسابات (Calculations):

باستخدام برامج Gaussian03 [23] و Gaussian09 [24,25] نُفذت حسابات DFT/B3LYP/6-311+g(d,p) على الذرات (الهيدروجين والكربون والنيتروجين) وعلى الجزيئات (بعض مأكبات البورفيرين) المكونة من كل الذرات السابقة. من أجل ذلك كان لابد من إدخال المعاملات الخاصة بالذرة أو المركب المدروس عبر واجهات بيانية صُممت لعمل برامج غاوصيان (Gaussian 09W , Gaussian 03W ... الخ) مثل (GaussView5.0) [26] ، GaussView6.0 [27] ، HyperChem [28] ... الخ) وهي عبارة عن برامج مستقلة، الأمر الذي سهل العمل كثيراً وجعله أكثر متعة وقلل من الأخطاء المحتملة في أثناء إدخال المعاملات وخاصة تلك المتعلقة بمعاملات الهندسة الفراغية (إحداثيات الذرات داخل المركب بتابعية المسافات والزوايا بالنسبة لجملة إحداثيات فراغية).

تمَّ حساب المقادير المميزة للخصائص الطاقية والترموديناميكية والبيولوجية والطيفية وقابلية الانحلال وفق ما يأتي:

1. حساب المقادير المميزة للخصائص الترموديناميكية:

يتم حساب التوابع الترموديناميكية للجزيئات باستخدام برامج غاوسيان أعلاه حسب (Simon, McQuarrie)^[29] و (Joseph)^[30]. حيث أن المعادلات المستخدمة في حساب هذه التوابع في غاوسيان مكافئة لتلك المعطاة في النصوص الأساسية في الترموديناميك.

تُحسب الانتالبية الكلية للذرة أو للجزيئة كما يأتي:

$$\mathbf{H}_{\text{tot}} = \mathbf{E}_i + \mathbf{H}_{\text{corr}} \quad (1a)$$

حيث:

\mathbf{H}_{corr} : الانتالبية الكلية الداخلية وتُحسب من العلاقة:

$$\mathbf{H}_{\text{corr}} = \mathbf{E}_A + k_B \mathbf{T} \equiv \mathbf{E}_A + \frac{\mathbf{R}}{N_A} \mathbf{T} \quad (1b)$$

حيث:

\mathbf{E}_A : الطاقة الكلية الداخلية.

\mathbf{T} : درجة الحرارة المطلقة.

N_A : عدد أفوكادرو ($N_A = 6.02 \times 10^{23}$).

\mathbf{R} : الثابت العام للغازات:

$$\mathbf{R} = 8.31 \text{ J.mol}^{-1}.\mathbf{K}^{-1} = 8.31 \times 0.624 \times 10^{12} = 5.1854 \times 10^{12} \text{ eV.mol}^{-1}.\mathbf{K}^{-1}$$

k_B : ثابت بولتزمان:

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} = 1.38 \times 10^{-23} \times 0.624 \times 10^{12} = 0.8611 \times 10^{-11} \text{ eV.K}^{-1}$$

أما الانتروبية الكلية فنحسب من العلاقة:

$$S_{\text{tot}} = S_t + S_r + S_v + S_e \quad (2)$$

حيث:

S_t : الانتروبية الناتجة عن الحركة الانسحابية للجزيئة.

S_r : الانتروبية الناتجة عن الحركة الدورانية للجزيئة.

S_v : الانتروبية الناتجة عن الحركة الاهتزازية لذرات الجزيئة.

S_e : الانتروبية الناتجة عن حركة الإلكترونات.

وطاقة جيبس الكلية من العلاقة:

$$G_{\text{tot}} = H_{\text{tot}} - T S_{\text{tot}} \quad (3)$$

2. حساب مُعامل التوزّع:

نحسب طاقة جيبس الحرّة لقابلية انحلال المركب المدروس في الماء (الطور المائي):

(4)

$$\Delta G_{\text{aqueous}} = G_{\text{tot}} (\text{waterphase}) - G_{\text{tot}} (\text{gasphase})$$

وطاقة جيبس الحرّة لقابلية انحلال المركب المدروس في الأوكتانول (الطور العضوي):

(5)

$$\Delta G_{\text{lipophilic}} = G_{\text{tot}} (\text{octanolphase}) - G_{\text{tot}} (\text{gasphase})$$

أما طاقة جيبس الحرّة للعبور من الطور العضوي إلى الطور المائي فنحسب من

العلاقة:

$$\Delta G_{\text{transfer}} = \Delta G_{\text{aqueous}} - \Delta G_{\text{lipophilic}} \quad (6)$$

وأخيراً يتم حساب معامل التوزّع من العلاقة الآتية:

$$\text{LogP} = \frac{\Delta G_{\text{transfer}}}{2.303 \text{ R T}} \quad (7)$$

حيث:

$$\begin{aligned} 2.303 \text{ R T} &= 2.303 \times (8.31 \text{ J} \times \text{mol}^{-1} \times \text{K}^{-1}) \times (298.15 \text{ K}) \\ &= 5.706 \text{ kJ} \times \text{mol}^{-1} = 1.3651 \text{ kcal} \times \text{mol}^{-1} \\ &= 0.05917 \text{ eV} \end{aligned}$$

3. حساب المقادير المميزة للخصائص الطاقية والإلكترونية:

يتم حساب طاقة الارتباط أو التماسك ΔE_b (Cohesion energy) للجزيئة M كما يأتي:

$$\Delta E_b (M) = E_i (M) - \sum_{A=1}^N E_i (A) \quad (8a)$$

حيث:

$E_i (A)$: الطاقة الكلية الإلكترونية للذرة A (total electronic energy)

$E_i (M)$: الطاقة الكلية الإلكترونية للجزيئة M (total electronic energy)

ويُمكن أن تُضاف إليها طاقة النقطة الصفرية كحد تصحيح:

$$\Delta E_b (M) = (E_i (M) + \epsilon_{\text{ZPE}} (M)) - \sum_{A=1}^N E_i (A) \quad (8b)$$

حيث:

$\epsilon_{\text{ZPE}} (M)$: طاقة النقطة الصفرية للجزيئة M (Zero-point vibrational energy)

.energy)

ويُحسب عرض المجال المحظور E_{gap} (energy gap) كما يأتي:

$$E_{\text{gap}} = | \epsilon_{\text{HOMO}} - \epsilon_{\text{LUMO}} | \quad (9)$$

حيث:

ϵ_{HOMO} : طاقة أعلى مدار جزيئي مشغول بالإلكترونات
(energy of highest occupied molecular orbital)

ϵ_{LUMO} : طاقة أخفض مدار جزيئي غير مشغول بالإلكترونات:
(energy of lowest unoccupied molecular orbital)

4. حساب المقادير المميزة للخصائص البيولوجية:

يتم حساب كل من طاقة التأين (VIP) (Vertical Ionization Potential) والألفة

الإلكترونية (EA) (Electron Affinity) وفقاً لما يأتي:

$$\text{VIP} = E_i(\text{M})^+ - E_i(\text{M}) \quad (10)$$

$$\text{EA} = E_i(\text{M}) - E_i(\text{M})^- \quad (11)$$

$E_i(\text{M})^+$: الطاقة الكلية الإلكترونية للأيون الموجب (total electronic energy)

$E_i(\text{M})^-$: الطاقة الكلية الإلكترونية للأيون السالب (total electronic energy)

أما القساوة الكيميائية η (Chemical Hardness) فتُحسب وفق العلاقة الآتية:

$$\eta = \frac{(\text{VIP} - \text{EA})}{2} \quad (12)$$

والكمون الكيميائي الإلكتروني μ (Electronic chemical potential) فيتم حسابه من العلاقة الآتية:

$$\mu = - \frac{(\text{VIP} + \text{EA})}{2} \quad (13)$$

و يُحسب مؤشر الكهربية غير الموضعية ω (Global Electrophilicity Index) باستخدام الكمون الكيميائي الإلكتروني والقسوة الكيميائية وفقاً للعلاقة:

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta} \quad (14)$$

5. حساب الانتقالات الإلكترونية وتواترات الاهتزاز:

يتم تحديد طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis spectrum) كوانتياً من خلال حساب تغيرات شدة الهزاز (الامتصاصية) بدلالة تغيّر طول الموجة وفق العلاقة الآتية :

$$\mathbf{f} = \text{const}_1 \times \int_{\text{band}} \epsilon(\lambda) d\lambda \quad (15)$$

حيث $\epsilon(\lambda)$ مُعامل التخماد الجزيئي واحده (L.mol⁻¹.cm⁻¹) أو (M⁻¹.cm⁻¹) و يرتبط بمعامل الامتصاص الجزيئي بالعلاقة الآتية :

$$\alpha(\lambda) = 2.303 \times C \times \epsilon(\lambda) \quad (16)$$

حيث C التركيز المولي واحده (mol . L⁻¹)
علماً أن :

$$\ln 10 = 2.303$$

$$\text{const}_1 = \frac{2303 m_e c^2}{\pi e^2 N_A} = 4.319 \times 10^{-9}$$

كما يتم تحديد طيف الأشعة تحت الحمراء (IR spectrum) كوانتياً من خلال حساب تغيرات مربع عزم ثنائي الأقطاب بدلالة تغير العدد الموجي وفق العلاقة الآتية:

$$\mathbf{D} = \mu_p^2 = \text{const}_2 \times \frac{\mathbf{f}}{\nu} \quad (17)$$

حيث:

\mathbf{D} : مربع عزم ثنائي الأقطاب واحدته (esu². cm²)

μ_p : عزم ثنائي الأقطاب واحدته (C. m) أو (Debye) . علماً أن:

$$\text{const}_2 = \frac{3 \hbar e^2}{4 \pi m_e c} = 0.213 \times 10^{-29} \text{ cm} \cdot \text{esu}^2$$

و يتم تحديد طيف الرنين المغناطيسي النووي (NMR Spectrum) بتطبيق طريقة

GIAO

(gauge-including atomic orbital) من خلال حساب تغيرات شدة الطاقة اللازمة

لإنشطار السبين المغناطيسي النووي بدلالة الانزياحات الكيميائية (Chemical

Shifts) التي تتعلق بالعزوم المغناطيسية السبينية للنترونات والبروتونات. إن سويات

الطاقة للرنين المغناطيسي النووي تتعلق بكيفية تغيرات الطاقة الكلية كتابع لشعاع العزم

المغناطيسي النووي (μ_I) للنوى (I)، وشعاع الحقل المغناطيسي المطبق (B). حيث أن

العزم المغناطيسي μ_I للنواة (I) الموضوع في الحقل المغناطيسي (B) يكتسب طاقة

إضافية:

$$\mathbf{E}_{\text{magn}} = \mu_I \cdot \mathbf{B} = h \nu \quad (18)$$

حيث:

μ_I : العزم المغناطيسي السبيني للنواة (البروتوني أو النيتروني):

$$\mu_I = \sqrt{4s(s+1)} \mu_b$$

S: العدد الكوانتي السبيني وقيمته دائماً (1/2).

μ_b : مغناطيس بور (Bohr magneton).

ν : تواتر الإشعاع للعينة.

وفي الجزيئة المؤلفة من عدة نوى تصبح الطاقة المكتسبة:

$$\mathbf{E}_{\text{mag}} = \mu_I \cdot (1-\sigma) \cdot \mathbf{B} + \sum_J \mu_I \cdot \mathbf{J}_{IJ} \cdot \mu_J \quad (19)$$

التي تتضمن تصحيحين الأول يتعلق بالحجب المغناطيسي للإلكترونات والثاني

بالتأثيرات المتبادلة بين سبينات النوى المختلفة. حيث يكون الحجب المغناطيسي (σ)

عبارة عن المشتق الثاني للطاقة الكلية الإلكترونية للجزيئة بالنسبة للحقل المطبق والعزم

المغناطيسي النووي:

$$\sigma = \partial^2 \mathbf{E}_{\text{elec}} / \partial \mathbf{B} \partial \mu_I \quad (20)$$

وهو يتناسب طرماً مع الانزياح الكيميائي (δ) للنواة I. أما ثابت التزواج سبين-سبين

فيكون:

$$\mathbf{J}_{IJ} = \partial^2 \mathbf{E}_{\text{elec}} / \partial \mu_I \partial \mu_J \quad (21)$$

النتائج والمناقشة (Results and Discussion):

I- الخصائص الترموديناميكية:

I-I - اختيار المذيب المناسب (قابلية الانحلال):

تمت دراسة قابلية انحلال البورفيرين في مذيبات مختلفة من خلال حساب طاقات جيبس الكلية في الطور الغازي وفي الطور المكثف. حيث يُبين الجدول (3) قابلية انحلال البورفيرين (Porphyrin) في المذيبات المختلفة.

الجدول (1): طاقة جيبس الكلية (G_{tot}) وقابلية الانحلال (طاقة جيبس الحرة للعبور من الطور الغازي إلى المذيب) ($\Delta G_{Solubility}$) للبورفيرين.

Solvent	G_{tot} (eV)	$\Delta G_{Solubility}$ (eV)
Gas phase	-26915.7294	0
Water phase	-26916.1662	-0.4368
Acetone phase	-26916.5347	-0.8053
1-Octanol phase	-26916.3470	-0.6176
Chloroform phase	-26916.5278	-0.7984
Benzene phase	-26916.4043	-0.6750
DMSO phase	-26916.3430	-0.6134

نلاحظ من قيم الجدول أعلاه أن المذيب المناسب هو الأسيتون لأن قيمة طاقة جيبس الحرة للعبور من الطور الغازي إلى الطور العضوي (الأسيتون) أكبر، وبالتالي يمتلك طاقة جيبس أكبر ويُمكننا ترتيب المذيبات وفق أفضلية انحلال البورفيرين كما يأتي:

Acetone > Chloroform > Benzene > 1-Octanol > DMSO > Water.

II-I - تحديد مُعامل التوزع:

تمت دراسة قابلية انحلال البورفيرين في مزيج ثنائي المكون مؤلف من مذيبين غير قابلين للمزج. وذلك عن طريق حساب طاقات جيبس للعبور من الطور العضوي (الدهني) إلى الطور المائي.

سنختار المزيج الثنائي (أوكتانول / ماء) لكون الطور المائي يُمثّل مصل الدم، والأوكتانول شبيه بالطبقة الدهنية الموجودة في جسم الإنسان ولأنه النظام الأكثر شيوعاً عالمياً في العلوم الكيميائية والصيدلانية^[3].

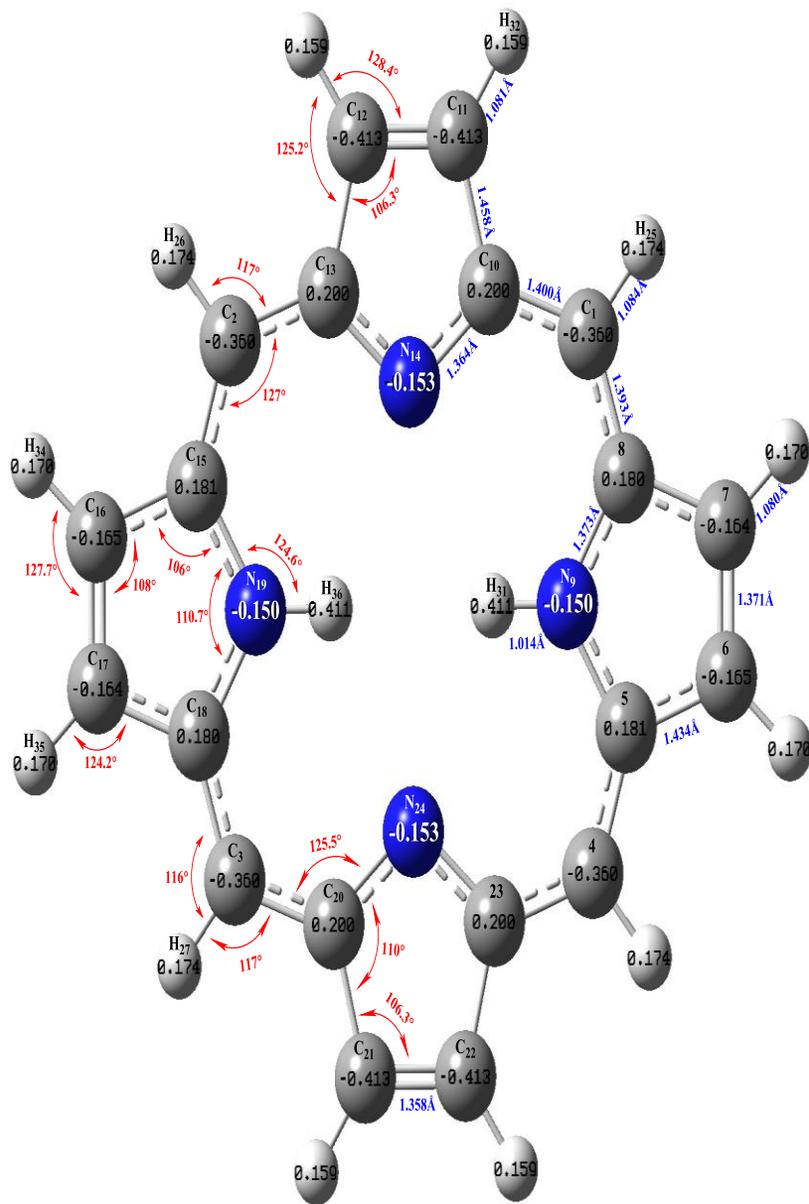
الجدول (2): طاقة جيبس العبور ($\Delta G_{\text{transfer}}$) ومعامل التوزع ($\log P$) لبورفيرين عند درجة حرارة الغرفة ($T=298.15 \text{ K}$).

Compound	Binary mixture of two solvents	$\Delta G_{\text{transfer}}$ (eV)	LogP
Porphyrin	(Water , 1-Octanol)	0.1808	3.0551

تشير القيمة الموجبة لـ $\log P$ إلى تركيز أعلى في الطور الدهني (أي أن المركب أكثر محبة للدهون) وأن تركيزه في الطور العضوي حوالي ثلاثون ضعف تركيزه في الطور المائي. وبما أنّ المركب محبّ للدهون بالتالي لديه القدرة على التوزع داخل الجسم، أي يمكن أن يكون مضاد فيروسي.

II - الخصائص البنوية:

تمّ إيجاد البنية الهندسية الفضلى (المستقرة) لهذا المركب في الأسيتون، ويُظهر الشكل (1) بنية البورفيرين مع توزع الشحنات الجزئية (elemental charges) وأطوال الروابط (bond lengths) والزوايا (angles). كما يتضمن الجدول (3) بعض الثوابت البنوية المحسوبة كوانتياً ومقارنتها مع القيم المرجعية المتوفرة.



الشكل (1): البنية الهندسية الفضلى للبورفيرين مع أطوال الروابط مقدره بالأنغستروم والزوايا بالدرجات والشحنات الجزئية بالإلكترون

الجدول(3): أطوال الروابط وقياسات الزوايا في البورفيرين:

الخصائص البنيوية في الحالة الأساسية					
Bond Lengths (Å)	This work	Reference	Bond angles (°)	This work	Reference
C ₁ -C ₁₀ , C ₄ -C ₂₃ C ₃ =C ₂₀ , C ₂ =C ₁₃	1.40	1.38 ^(a) , (b) 1.40 ^(c)	C ₁₁ -C ₁₂ =C ₁₃ C ₂₂ -C ₂₁ =C ₂₀	106.3	108.0 ^(a)
C ₂₁ =C ₂₂ , C ₁₁ =C ₁₂	1.358	1.365 ^(a) 1.35 ^(c)	N ₁₉ -C ₁₅ =C ₁₆ N ₉ -C ₈ -C ₇	106.5	108 ^(a)
C ₁₀ =N ₁₄ , C ₂₃ =N ₂₄ C ₁₃ -N ₁₄ , C ₂₀ -N ₂₄	1.364	1.380 ^(a)	C ₁₅ -N ₁₉ -C ₁₈ C ₈ -N ₉ -C ₅	110.7	108 ^(a) 110.3 ^(b)
C ₁₀ -C ₁₁ , C ₁₂ -C ₁₃ C ₂₀ -C ₂₁ , C ₂₂ -C ₂₃	1.458	1.431 ^(a) 1.428 ^(b) 1.46 ^(c)	C ₁₃ =C ₂ -C ₁₅ C ₁₀ -C ₁ =C ₈	127	127 ^(a) 126.6 ^(b)
C ₁₁ -H ₃₂ , C ₁₂ -H ₃₃ C ₂₁ -H ₃₇ , C ₂₂ -H ₃₈	1.081	1.090 ^(a)	C ₃ =C ₂₀ -N ₂₄ C ₄ -C ₂₃ -N ₂₄ C ₁ -C ₁₀ =N ₁₄ C ₂ =C ₁₃ -N ₁₄	125.5	125 ^(a) 125.7 ^(b)
C ₁ -H ₂₅ , C ₂ -H ₂₆ C ₃ -H ₂₇ , C ₄ -H ₂₈	1.084	1.090 ^(a)	C ₁₈ -C ₁₇ -H ₃₅ C ₅ -C ₆ -H ₂₉	124.23	125 ^(a)
N ₉ -H ₃₁ , N ₁₉ -H ₃₆	1.014	0.86 ^(a) 1.028 ^(b) /1.02 ^(c)	C ₁₇ -C ₁₆ -H ₃₄ C ₆ =C ₇ -H ₃₀	127.7	127 ^(a)
C ₁ =C ₈ , C ₄ =C ₅ C ₂ -C ₁₅ , C ₃ -C ₁₈	1.393	1.384 ^(b) /1.39 ^(c)	C ₁₈ -C ₃ -H ₂₇	116	115 ^(a)
-	-	-	C ₁₅ -N ₁₉ -H ₃₆ C ₈ -N ₉ -H ₃₁	124.6	126.0 ^(a)

(a): taken from Ref. [31] , (b) : taken from Ref. [32] , (c) : taken from Ref. [33]

من الجدول نلاحظ:

1. تساوي أطوال الروابط وقياسات الزوايا المتقابلة والمتناظرة في المركب مما يدل

على تناظر هذا المركب.

2. بالمقارنة بين القيم في هذا العمل والقيم المرجعية نلاحظ تطابق شبه تام.

III- الخصائص الإلكترونية:

بعد معرفة المذيب المناسب تمّ حساب طاقات المدارات الجزيئية، عرض المجال

المحظور، طاقة الارتباط وعزم ثنائي الأقطاب، إضافة إلى الطاقة الكلية الإلكترونية

للمركب المدروس وأيوناته الموجبة والسالبة، وباعتماد على قيم الطاقات الكلية

الإلكترونية تمّ حساب كل من طاقة التأين والألفة لإلكترونية وصولاً إلى القساوة الكيميائية

الإلكترونية والكمون الكيميائي الإلكتروني ومؤشر الكهربية غير الموضعية (معامل

الفعالية البيولوجية) بموجب العلاقات المذكورة أعلاه.

الجدول(4): طاقات المدارات الجزيئية الحدودية (ϵ_{HOMO} و ϵ_{LUMO}) وعرض المجال

المحظور (E_{gap}) وطاقة الارتباط (ΔE_b) وعزم ثنائي الأقطاب (μ_p) للبورفيرين

Compound	ϵ_{HOMO} (ev)	ϵ_{LUMO} (ev)	E_{gap} (ev)	ΔE_b (ev)	μ_p (debye)
Porphyrin	-5.5782	- 2.6593	2.9188	- 197.1782	0.000866

كما يوضح الجدول (5) الطاقة الكلية الإلكترونية ($E_i (M)$) للمركب المدروس والطاقة الكلية الإلكترونية لأيوناته الموجبة ($E_i (M^+)$) والطاقة الكلية الإلكترونية لأيوناته السالبة ($E_i (M^-)$) محسوبة في الأسيتون.

الجدول (5): الطاقة الكلية الإلكترونية ($E_i (M)$) والطاقة الكلية الإلكترونية لأيوناته الموجبة ($E_i (M^+)$) والطاقة الكلية الإلكترونية لأيوناتها السالبة ($E_i (M^-)$).

Compound	E_i (eV)	$E_i (M^+)$ (eV)	$E_i (M^-)$ (eV)
Porphyrin	-26923.3114	-26917.9932	- 26926.2650

واعتماداً على قيم الطاقات الكلية الإلكترونية تمّ حساب كل من طاقة التأين والألفة

لإلكترونية. حيث تعرض الجداول (6_7) تلك القيم محسوبةً في الأسيتون

الجدول (6): طاقة التأين (VIP) والألفة لإلكترونية (EA) للبورفيرين:

Compound	VIP (eV)	EA (eV)
Porphyrin	5.3182	2.9536

كما تمّ حساب القساوة الكيميائية والكمون الكيميائي الإلكتروني ومؤشر الكهربائية غير الموضوعية بموجب العلاقات المذكورة أعلاه.

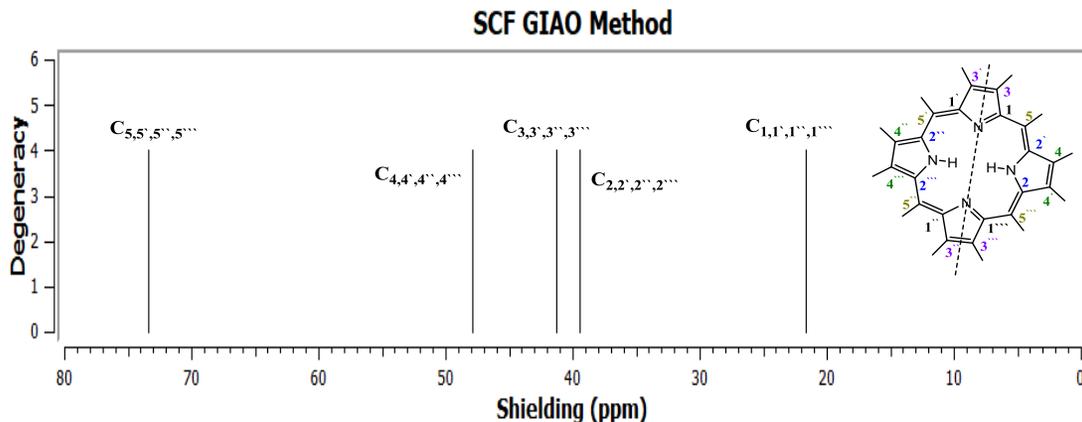
الجدول (7): المساواة الكيميائية الإلكترونية (η) والكمون الكيميائي الإلكتروني (μ_e) ومؤشر الكهربائية غير الموضعية (ω):

Compound	η (eV)	μ_e (eV)	ω (eV)
Porphyrin	1.1823	- 4.1359	7.2340

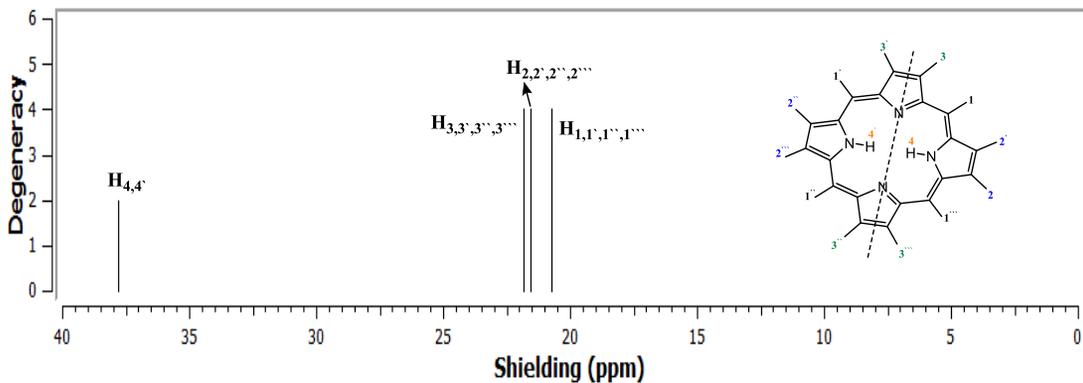
IV- الخصائص الطيفية (Spectroscopic Characteristics):

IV- I- طيف الرنين المغناطيسي النووي (NMR-Spectrum):

توضح الأشكال (2-3) أطيف (C^{13} -NMR Spectrum) و (H^1 -NMR Spectrum) للمركبات المدروسة باستخدام الأسيتون (Acetone) كمذيب.



SCF GIAO Method



الشكل (3): طيف $(H^1\text{-NMR})$ لـ Porphyrin

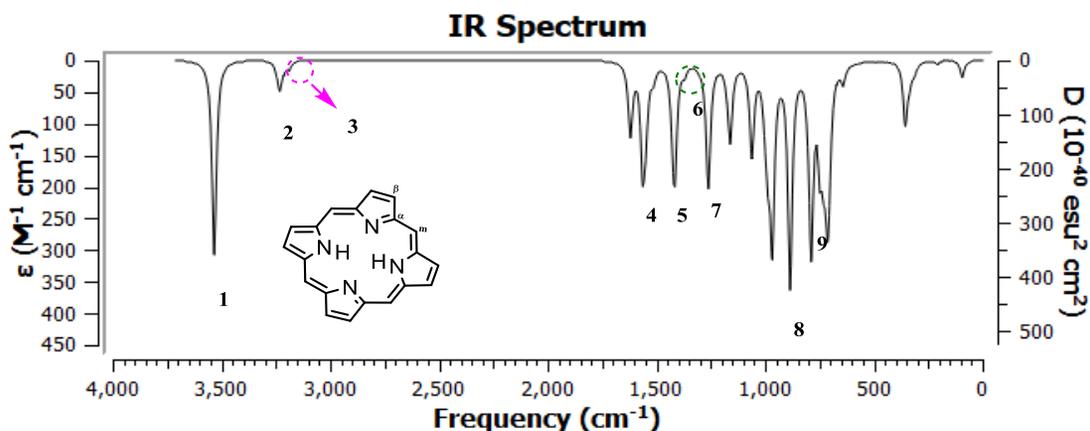
الجدول (2): الانزياحات $(C^{13}\text{-NMR})$ في طيف NMR لـ Porphyrin

Chemical shift (ppm)	
Groups	$C^{13}\text{-NMR}$
$\underline{C}=\text{N}$ (1)	21.63
$\underline{C}=\text{N-H}$ (2)	39.48
$=\underline{C}\text{-H}$ (3)	41.3
$=\underline{C}\text{-H}$ (4)	41.89
$=\underline{C}\text{-H}$ methine (5)	73.36

الجدول (3): الانزياحات (H^1 -NMR) في طيف NMR لـ PORPHYRIN

Chemical shift (ppm)	
Groups	H^1 -NMR
H(1,1',1'',1''')	20.74 (q,4)
H(2,2',2'',2''')	21.57 (q,4)
H(3,3',3'',3''')	21.848 (q,4)
H(4,4')	37.818 (q,4)

II-IV - طيف الأشعة تحت الحمراء (IR-Spectrum):



الشكل (4): طيف (IR) المحسوب كوانتياً لـ PORPHYRIN

وبيّن الجدول (9) أدناه قيم تواترات الاهتزاز للزمر الوظيفية الأساسية المحسوبة كوانتياً

ومقارنتها بالقيم المرجعية المتوفرة.

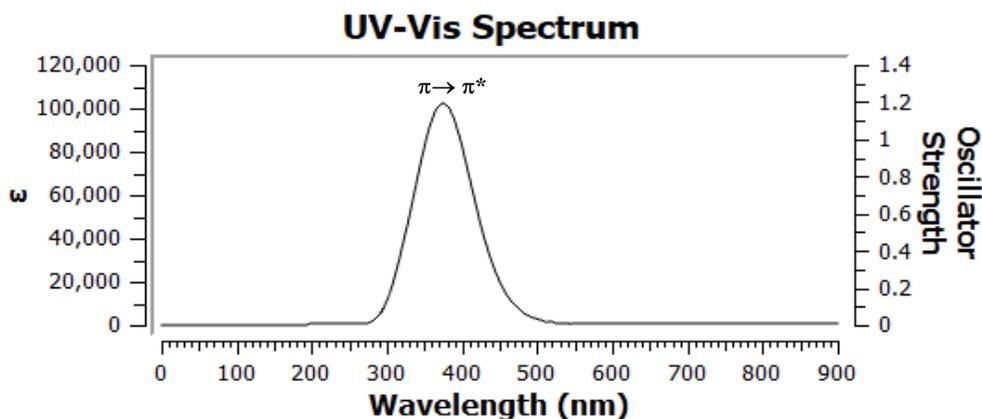
الجدول(4): قيم تواترات الاهتزاز لأهم المجموعات الوظيفية للبيورفيرين.

Functional Group	Peak Number	Wave number (cm ⁻¹)			
		This work (in acetone)	Ref		
			[34]	[35]	
				Exp (In KBr)	calc
N-H str	1	3561 & 3532	3312	3305	3310
Pyrrole C-H str	2	3231.88	3108	3100	3105 3110
Methylidyne C-H str	3	3187.8 & 3188.2	3065 & 3041	3040	3043
C-C str	4	1562.62 & 1548.82	-	-	-
Pyrrole bend (IP)	5	1414.83 & 1423.26	&1407 1357	-	-
Methylidyne bend (IP)	6	1373	1237	1135	& 1135 1130
N-H bend	7	1260.42 & 1253.36	1137	1223	1218
Pyrrole CCN bend (IP)	-	966.89 & 986.60	-	-	-
C _α C _m C _α bend (OP)	8	884.99	& 855 900	-	-
Pyrrole CNC bend (OP)	-	788.11	-	-	-
Pyrrole bend (IP)	9	748.24 & 730.54	& 731 720	-	-

III-IV - طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (UV-Vis-Spectrum):

تضيء البورفيرينات بتأثير الأشعة فوق البنفسجية UV عندما تتحلل في محلات عضوية أو حموض معدنية قوية، وتصدر تالفاً (وَمَضاناً) أحمر قوياً. ويمكن استخدام هذه الخاصية في الكشف عن كميات قليلة من البورفيرينات الحرة. وتُعدّ الروابط المضاعفة التي تربط الحلقات البيروولية بعضها ببعض في البورفيرينات هي المسؤولة عن الإشعاع والامتصاص [36].

فعندما يمتص الجزيء الطاقة من الأشعة فوق البنفسجية أو الضوء المرئي فإن أحد إلكتروناته تقفز من مدار جزيئي ذو طاقة منخفضة إلى مدار جزيئي ذو طاقة مرتفعة [37].



الشكل (5): طيف (UV-VIS) لـ PORPHYRIN

نلاحظ ظهور قمة واضحة عند طول الموجة ($\lambda_{max} = 376.6 \text{ nm}$) عائد للانتقال ($\pi \rightarrow \pi^*$) نتيجة احتواء المركب على روابط ثنائية (C=C).

الجدول (5): الأطوال الموجية والانتقالات الإلكترونية الموافقة لـ PORPHYRIN

Electronic transitions	Wavelength (nm)	
	Computational	Ref
$\pi \rightarrow \pi^*$	376.6	367 ⁽³⁸⁾ , 379 ⁽³⁹⁾

الخلاصة و الاستنتاجات (Summary and Conclusions):

تم دراسة الخصائص البنيوية والإلكترونية والترموديناميكية والطيفية للبورفيرين كوانتياً وذلك بالاعتماد على نظرية تابعة الكثافة DFT وباستخدام الطريقة (B3LYP) والمجموعة القاعدية (6-311+g(d,p)) حيث تم :

1. دراسة قابلية انحلاله في مذيبات مختلفة، ووجدنا أنّ المذيب المناسب هو

الأسيتون.

2. دراسة قابلية انحلاله في مزيج ثنائي المكون مؤلف من مذيبين غير قابلين للمزج

حيث تم حساب طاقة جيبس العبور من مذيب إلى آخر إضافةً إلى حساب معامل

التوزع ووجدنا أنه كاره جداً للماء ومُحبّ للدهون.

3. إيجاد البنى الهندسية الفضلى وحساب بعض الخصائص الفيزيائية البنيوية

والإلكترونية (أطوال الروابط، الشحنات الجزئية ..) وذلك في الطور العضوي

(الأسيتون).

4. دراسة تأثير المذيب على بعض الخصائص الطاقية والإلكترونية.
5. حساب الطاقات الكلية الإلكترونية والطاقات الكلية الإلكترونية لأيوناته الموجبة والسالبة.
6. حساب طاقة التأين، الألفة الإلكترونية، القساوة الكيميائية، الكمون الكيميائي ومؤشر الكهربائية غير الموضوعية.
7. حساب الفعالية البيولوجية كوانتياً وتبين أنه ذو تأثير مضاد للفيروس.
8. دراسة بعض الخصائص الطيفية كوانتياً من خلال إيجاد طيف الرنين المغناطيسي النووي البروتوني (H^1 -NMR) والكربوني (C^{13} -NMR) وطيف الأشعة تحت الحمراء (IR) وطيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis).

المراجع

References

- [1] Rayati, S., & Malekmohammadi, S. **Catalytic activity of multi-wall carbon nanotube supported manganese (III) porphyrin: an efficient, selective and reusable catalyst for oxidation of alkenes and alkanes with urea-hydrogen peroxide.** Journal of Experimental Nanoscience, 11(11), (2016), pp.872-883.
- [2] Ivanov AS., Boldyrev AI. "**Deciphering aromaticity in porphyrinoids via adaptive natural density partitioning**". Organic & Biomolecular Chemistry. **12** (32), (August 2014), pp. 6145–6150.
- [3] Fujitsuka, M., & Majima, T. **Photoinduced Electron Transfer of Porphyrin Isomers: Impact of Molecular Structures on Electron- Transfer Dynamics,** Chemistry–An Asian Journal: 10(11), (2015), pp. 2320-2326.
- [4] Wu, Y. D., et al. **Porphyrin isomers: geometry, tautomerism, geometrical isomerism, and stability,** The Journal of Organic Chemistry: 62(26), (1997), pp.9240-9250.
- [5] C.M.C.P. Manso., et al. **Characterization of iron (III) porphyrin-hydroxo complexes in organic media through UV-Vis and EPR spectroscopies,** Journal of Inorganic Biochemistry, 73, (1999), pp. 85-92.

- [6] Leroy E. Laverman., & Peter C. Ford. **Mechanistic Studies of Nitric Oxide Reactions with Water Soluble Iron(II), Cobalt(II), and Iron(III) Porphyrin Complexes in Aqueous Solutions: Implications for Biological Activity**, J. Am. Chem. Soc, 123(7), (2001), pp.11614-11622.
- [7] Aydin, M. **Comparative Study of the Structural and Vibroelectronic Properties of Porphyrin and Its Derivatives**, journal of molecules, 19, (2014), pp. 20988-21021.
- [8] Shirma, K. **STABILITY PROPERTIES OF DIOXYGEN-IRON PORPHYRINS: AN OVERVIEW FROM SIMPLE COMPLEXES TO MYOGLOBIN**, Elsevier Science Publishers, 83, (1988), pp.73-91.
- [9] Roy, D. R., Shah, E. V., & Roy, S. M. **Optical activity of Coporphyrin in the light of IR and Raman spectroscopy: a critical DFT investigation**. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 190, (2018), pp. 121-128.
- [10] Shargel L, Susanna WP, Yu AB (2012). "**Chapter 10: Physiological Drug Distribution and Protein Binding**". Applied Biopharmaceutics **Pharmacokinetics (6th ed.)**. New York:McGraw-Hill Medical. p. 211.
- [11] Jump up to:^{a b} Leo A, Hansch C, Elkins D (1971). "**Partition coefficients and their uses**". Chem. Rev. **71**(6), pp. 525–616.

- [12] Sangster J., **Octanol–Water Partition Coefficients: Fundamentals and Physical Chemistry**. Wiley Series in Solution Chemistry. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., Vol 2 (1997). p.178.
- [13] Stanchev, S., Mitkov, J., Georgieva, M., Zlatkov, A., **DFT study of the physicochemical characteristics and spectral behavior of new 8-substituted 1,3,7-trimethylxanthines**. International Journal of Quantum Chemistry, 113, (2013) pp.1384–1393.
- [14] Chattaraj, P. K., Maiti, B., **HSAB principle applied to the time evolution of chemical reactions**. J. Am. Chem. Soc., 125(9), (2003), pp.2705-2710.
- [15] Kadhum, A. H., Al-Amiery, A. A., Musa, A.Y., Mohamad,A.,**The antioxidant activity of new coumarin derivatives**. Int. J.Mol. Sci., 12, (2011), pp.5747-5761.
- [16] Al-Abd Z, M., **Synthesis of new complexes using [1,4-phenylene bis (methanylylidene) bis benzohydrazide] and study some of them** (2020), Albaath-University- **quantum-chemically**, Master-Thesis , Syria.
- [17] Jaber N._K., **Quantum Study of the Structural, Electronic and Spectral Properties of Gold Clusters**, Master-Thesis, 2017, Albaath-University- Syria.
- [18] M._B. Shaherlee T , **Quantum-Chemical and Experimental Study of Synthesis of Transition-Metals complexes using an Imine Ligands** , Doctorate-Thesis , 2019, Albaath-University-Syria.

- [19] Ghanoum K., **Synthesis of Quinoxaline Derivative and Studying Its Structural and Optical Properties**, Master-Thesis, 2017, Albaath-University-
Syria.
- [20] Alraheb C._J., **Quantum Study of the Structural, Electronic and Spectral Properties of Sodium Clusters Ions**, Master-Thesis, 2014, Albaath-
University- Syria.
- [21] Becke A.D., **Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior**, Phys. Rev. A38 (1988) p.3098.
- [22] Le C., Yang W., Parr R.G., **Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density**, Phys. Rev. B37 (1988) p.785.
- [23] Frisch M.J., et.al: **GAUSSIAN 03, Revision B.05**, Gaussian, Inc., Pittsburgh, PA, (2003).
- [24] Frisch M. J., et.al: **GAUSSIAN 09, Revision A.02**, Gaussian, Inc., Wallingford, CT, (2009).
- [25] Frisch M. J., et.al: **GAUSSIAN 09, Revision D.01**, Gaussian, Inc., Wallingford, CT, (2013).
- [26] Roy D. Dennington II, Todd A. Keith and John M. Millam, **GaussView 5.0.8**, Semichem, Inc. 2000-2008.

- [27] Roy D. Dennington II, Todd A. Keith and John M. Millam, **GaussView 6.0.16**, Semichem, Inc. 2000-2016.
- [28] HyperChem Professional Release 8.0.7, **Molecular Modeling System**, Hypercube.Inc. (1995-2009).
- [29] McQuarrie D.A., Simon J.D., **Molecular Thermodynamics**, USA, (1999).
- [30] Joseph W., **Thermochemistry in Gaussian**, Gaussian, Inc. (2000).
- [31] Li, X. Y., & Zgierski, m. Z. **Porphyrine force field: in-plane normal modes of free-base porphine; comparison with metalloporphines and structural implications**, Journal of Physical Chemistry, 95(11), (1991), pp. 4268-4287, doi: 10.1021/j100164a020.
- [32] Hashimoto, Tomohiro, et al. "**Theoretical study of the Q and B bands of free-base, magnesium, and zinc porphyrins, and their derivatives.**" The Journal of Physical Chemistry A 103.12 (1999), pp. 1894-1904.
- [33] Marchand, Gabriel, et al. "**N-confused porphyrin tautomers: lessons from density functional theory.**" Physical Chemistry Chemical Physics 17.7 (2015), pp. 5290-5297.
- [34] Nelson, H. M. The infrared spectrum of porphin. (1954).
- [35] Gladkov, L. L., Gradyushko, A. T., Shulga, A. M., Solovyov, K. N., & Starukhin, A. S. **Experimental and theoretical investigation of infrared spectra of porphin, its deuterated derivatives**

and their metal

complexes. Journal of Molecular Structure, 47, (1978). pp. 463-493.

[36] <https://almerja.com/more.php?idm=160221>

[37] Soderberg, T., "**Ultraviolet and visible spectroscopy,**
Organic chemistry with a biological emphasis, (2012) p.1-8.

[38] Aydin, M., & Akins, D. L. **Geometric and Electronic Properties of Porphyrin and its Derivatives.** Rijeka: InTech. (2016), p. 10.

[39] Vyas, S., Hadad, C. M., & Modarelli, D. A., **A computational study of the ground and excited state structure and absorption spectra**

of free-base N-confused porphine and free-base N- confused tetraphenylporphyrin. The Journal of Physical Chemistry A, 112(29), (2008), pp. 6533-6549.

تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة

أ.د. حسن المقدم (*)، د. علي ملحم (**)، كفى سنبل (***)

(*) الدكتور المشرف، عضو هيئة تدريسية، جامعة البعث.

(**) الدكتور المشارك، عضو هيئة تدريسية، جامعة البعث.

(***) طالبة ماجستير، قسم الفيزياء، جامعة البعث.

الملخص

في هذا البحث تمّ تحديد الانتقالات الطورية للمواد الفيرومغناطيسية ferromagnetic عند درجات حرارة مختلفة وحقول مغناطيسية خارجية مختلفة لجمل ذات أبعاد (حجوم) مختلفة. وذلك بالاعتماد على برنامج المحاكاة الماتلاب Matlab. حيثُ استخدم البرنامج وفق الآتي: أولاً: تمّ إدخال البارامترات السابقة (درجة الحرارة $10 \rightarrow 0$ ، الحقول المغناطيسية الخارجية $1.2, 0.6, 0$ ، أبعاد الجملة $8 \times 8, 32 \times 32, 64 \times 64$ / average Energy) ثانياً: تمّ إجراء الحسابات للمقادير الفيزيائية (متوسط الطاقة average Heatcapacity ومتوسط السعة الحرارية average Magnetization ومتوسط الطواعية المغناطيسية average Susceptibility). ثالثاً: تمّ تحديد الانتقالات الطورية ومناقشة المقادير الفيزيائية السابقة وذلك بعد ملاحظة تأثير كل من درجة الحرارة والحقول المغناطيسية الخارجية وأبعاد الجملة.

الكلمات المفتاحية: المواد الفيرومغناطيسية، الانتقالات الطورية، درجة حرارة كوري.

Determining phase transitions in ferromagnetic systems at different temperatures and external fields based on simulation

Abstract:

In this research, phase transitions of ferromagnetic materials were determined, At different temperatures and different external magnetic fields for structures of different dimensions (volume). This is based on the MATLAB simulation program. The program was used as follows: Firstly: The previous parameters have been entered (temperatures /0 → 10/, External magnetic fields /0, 0.6 , 1.2/, Wholesale dimensions /8 × 8 , 32 × 32 , 64 × 64/). Second: Calculations were made for the physical quantities (average Energy, average Heatcapacity, average Magnetization, average Susceptibility. Third: Then we define phase transitions and discuss the previous physical quantities, after noting the effect of temperature, external magnetic fields, and bulk dimensions.

Keywords: ferromagnetic materials, phase transitions, Curie temperature.

1. المقدمة:

تتشأ الحقول المغناطيسية من خلال حركة الشحنات تحت تأثير الحقول الكهربائية المتغيرة بتغير الزمن بالإضافة إلى العزم المغناطيسي \vec{M} المرتبط مع السبين \vec{S} . [1] والسبين هو صفة مميزة لسلوك المغناطيسي للإلكترون أكثر من دوران الإلكترون حول نفسه. على الرغم أن السبين هو الصفة المميزة للأجسام المشحونة إلا أنه يملك قيمة محددة تساوي $\pm 1/2$. والخاضع لمبدأ الاستبعاد لباولي. تعتمد الدراسات المغناطيسية الحديثة على معرفة الأصول الجزيئية والذرية لخصائص المواد المغناطيسية، حيث وضع العالم الفرنسي بول لانجفين عام 1905 نظرية تربط بين الخواص المغناطيسية ودرجة الحرارة، واعتمدت هذه النظرية على البنية الذرية للمادة، وتصف هذه النظرية الخصائص الميكروسكوبية (المجهريّة) وعلاقتها بخواص الذرات والإلكترونات، ثم طور العالم بيير ويس هذه النظرية حيث افترض وجود حقل مغناطيسي جزئي داخلي في بعض المواد، وهذا ما ساعد على تفسير خصائص المواد شديدة المغنطة بحيث بينت هذه النظرية أن العزم المغناطيسي هو مقدار متجهي يعبر عن شدة الحقل المغناطيسي للمادة. ثم فسر العالم هايزنبرغ هذا الحقل الجزئي بعد ظهور ميكانيك الكم، أعطى هذا التفسير مجال للعلماء بالتنبؤ بالعديد من التوجهات (الترتيبات) الذرية المعقدة للعزم المغناطيسي مع خصائص مغناطيسية مختلفة. إن لتأثير الحقول المغناطيسية الخارجية ودرجات الحرارة على المواد المغناطيسية أهمية كبيرة في تطوير وتصنيع التقنيات والتجهيزات الموافقة. وتجدر الإشارة إلى النموذج المتبع في دراستنا هو نموذج إيزينغ [2]

2. تصنيف المواد المغناطيسية

يمكن تصنيف المواد المغناطيسية اعتمادا على الطوعية المغناطيسية إلى: [3]

1.2: المواد الدايمغناطيسية (Diamagnetism): عند تطبيق حقل مغناطيسي خارجي على الذرة، فينشأ لدينا عزم مغناطيسي ناتج عن الحركة المدارية للإلكترونات وتكون جهته بعكس جهة الحقل المطبق. مما يضعف الخصائص المغناطيسية للمادة ويكون العزم المغناطيسي الناتج هو سبب في نشوء خاصية دايمغناطيسية للمواد. وعي خاصية مؤقتة تدوم ما دام هناك حقل مغناطيسي مطبق وتزول بزواله، أي أنها رد فعل معاكس على الحقل الخارجي المطبق، ومن هذه المواد الكوارتز والنحاس والفضة والذهب.

تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة

أن قيمة طواعية المغناطيسية لهذه المواد سالبة ($\chi_m < 0$) وتتراوح قيمته بين ($\chi_m \cong 10^{-8}$) ومعامل النفاذية النسبية 0.0995 ويكون شعاع التمغنط \vec{M} بعكس اتجاه الحقل المغناطيسي \vec{B} [4] [5]

2.2: المواد البارامغناطيسية (Paramagnetism): هناك العديد من نظريات البارامغناطيسية، وهي صالحة لأنواع معينة من المواد. نموذج لانجفين، الذي ينطبق على المواد ذات الإلكترونات الغير مترابطة، ينص على أن كل ذرة تحتوي على عزم مغناطيسي يتم توجيهه عشوائياً نتيجة التحريض الحراري. يؤدي تطبيق مجال مغناطيسي إلى توافق منحني العزوم المغناطيسية مع اتجاه منحني الحقل المغناطيسي المطبق. وبالتالي نحصل على قيم موجبة للمغنطة لكن هذه المواد تفقد خاصيتها بمجرد زوال الحقل المغناطيسي المطبق ومن الأمثلة على هذه المواد الألمنيوم والتيتانيوم وتتراوح قيمة طواعيتها المغناطيسية بين 10^{-4} , 10^{-5} . وعند درجة حرارة أعلى من درجة حرارة كوري فإن المواد الفيرومغناطيسية تسلك سلوك المواد البارامغناطيسية. [6] [7]

3.2: المواد الفيرومغناطيسية (Ferromagnetism): هي المواد التي تنتظم فيها العزوم المغناطيسية باتجاه الحقل المغناطيسي المطبق ونحصل على قيم كبيرة للمغنطة حتى في حال تطبيق حقول مغناطيسية صغيرة وتكون قيمة طواعية المغناطيسية كبيرة تصل إلى مرتبة 10^6 ومن الأمثلة على هذه المواد الحديد والنيكل والكوبالت. [8]

4.2: المواد الأنتي فيرومغناطيسية (Antiferromagnetism): في الجدول الدوري، العنصر الوحيد الذي يظهر المغناطيسية المضادة في درجة حرارة الغرفة هو الكروم. المواد لأنتي فيرومغناطيسية تشبه إلى حدّ ما المواد الفيرومغناطيسية إلا أنّ العزوم المغناطيسية تنتظم فيها بشكل متعاكس عند تطبيق حقل مغناطيسي خارجي، وتكون قيمة المغنطة معدومة ويبدو أن المادة تتصرف بنفس الطريقة التي تتصرف بها المادة البارامغناطيسية. وتكون قيمة الطواعية المغناطيسية موجبة وصغيرة وتعتبر المركبات $MnCl_2$, CoO من الأمثلة عن هذه المواد [9][10].

5.2: المواد الفييري مغناطيسية (Ferrimagnetism): يتم ملاحظة المواد

الفييري مغناطيسية فقط في المركبات، التي تحتوي على هياكل بلورية أكثر تعقيداً من العناصر النقية. وتكون هذه المركبات مكونة من أيون موجب وأيون سالب وتتنظم العزوم المغناطيسية بشكل مختلف عند تطبيق حقل مغناطيسي خارجي، حيث تنتظم أحد العزوم المغناطيسية لأحد الأيونات باتجاه الحقل المطبق والنوع الآخر تنتظم بعكس الحقل المطبق وفي حال عدم تساوي العزوم المغناطيسية نحصل على قيم للمغطة وتكون قيمة الطواعية المغناطيسية كبيرة تعتمد شدة الحقل المغناطيسي، كما أن سلوكها المغناطيسي متشابه مع المواد الفيرومغناطيسية عند درجات حرارة أعلى من درجة حرارة كوري، على سبيل المثال

، في الباريوم الفريت $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ [11][12]

3. الانتقالات الطورية

تُعد الانتقالات الطورية من أهم الظواهر الفيزيائية التي تعتمد في دراستها على الفيزياء الإحصائية. [13] فهي تُعطي الكثير من المعلومات عن الأنظمة الفيزيائية التي يتم دراستها [14] وتُعدّ الدراسة النظرية للانتقالات الطورية معقدة، إلا أنه بالاعتماد على نماذج بسيطة يمكن حلها (معالجتها) دون اللجوء لاستخدام الحول العدديّة. [15]

أنواع الانتقالات الطورية:

تتقسم الانتقالات الطورية إلى: [16]

3-1: انتقال طوري من الدرجة الأولى:

هو انتقال من طور إلى آخر يستدل عليه من خلال الانقطاعات غير مستمرة (مستقرة) للمشتقات الأولى للتتابع الترموديناميكية التي تصف الجملة مثل (الطاقة الحرّة والسعة الحرارية....). ويرافقها أيضاً حرارة كامنة أيّ تحتاج إلى كمية من الحرارة. وتكون تحت تأثير خارجي. وكمثال على ذلك الانتقال من طور الصلب إلى الطور السائل (ظاهرة الانصهار).

3-2: انتقال طوري من الدرجة الثانية:

كما يسمى أيضاً بالانتقال الطوري الحرج أو المستمر، ويرافقه انكسار تلقائي لتناظر النظام ولا يحتاج إلى كمية من الحرارة أيّ أنه لا يرافقه حرارة كامنة. وتكون المشتقات

الثانية للمقادير الفيزيائية المتعلقة بالطاقة الحرّة غير مستمرة في حين أنّ المشتقات الأولى مستمرة. وكمثال على ذلك الانتقال من فيرومغناطيسية Ferromagnetic إلى البارامغناطيسية Paramagnetic [17].

4. نموذج إيزينغ:

هو نموذج رياضي للمواد الفيرومغناطيسية يعتمد على الميكانيك الإحصائي. يأخذ هذا النموذج التفاعل بين العزوم المغناطيسية مع الجوار الأقرب بعين الاعتبار. ويستخدم هذا النموذج لتوضيح الانتقالات الطورية المواد المغناطيسية (وكمثال على ذلك الانتقال من المواد الفيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية) عند تغيير درجة الحرارة والحقول المطبقة. ويستخدم هذا النموذج عند أي بعد، فقط تمّ حل هذا النموذج من أجل بعد واحد من قبل العالم إيزينغ في رسالة الدكتوراه من قبل أستاذه لينز، وتمّ استخدام هذا النموذج من أجل بعدين على يد العالم أوسنجر، كما تمّ استخدام هذا النموذج من أجل ثلاثة أبعاد على يد العالم هايزنبرغ وعرف بنموذج هايزنبرغ، أما من أجل أربعة أبعاد وأكثر يصبح الحل معقد واضطرابي ويقف هذا النموذج عاجزاً عن حله. يتصور نموذج إيزينغ أن شبكة من النقاط في بعدين وفي كل نقطة من الشبكة يتمركز إلكترون يأخذ قيمة إما زائد أو ناقص نصف السبين $S = \pm \frac{1}{2}$. والسبين هو اللف الذاتي للإلكترون يأخذ قيمتين $+\frac{1}{2}$ أو $-\frac{1}{2}$ (يتجه السبين نحو الأعلى) أو $-\frac{1}{2}$ (يتجه السبين نحو الأسفل). [18][19]

5. الهدف من البحث

دراسة تأثير الحقول مغناطيسية ودرجات الحرارة على التحولات الطورية في المواد الفيرومغناطيسية

تحديد قيم بعض المتحولات الترموديناميكية التي من خلالها يتم تحديد نوع الانتقال الطوري الحاصل (الطاقة، السعة الحرارية، التمدنط، الطواعية).

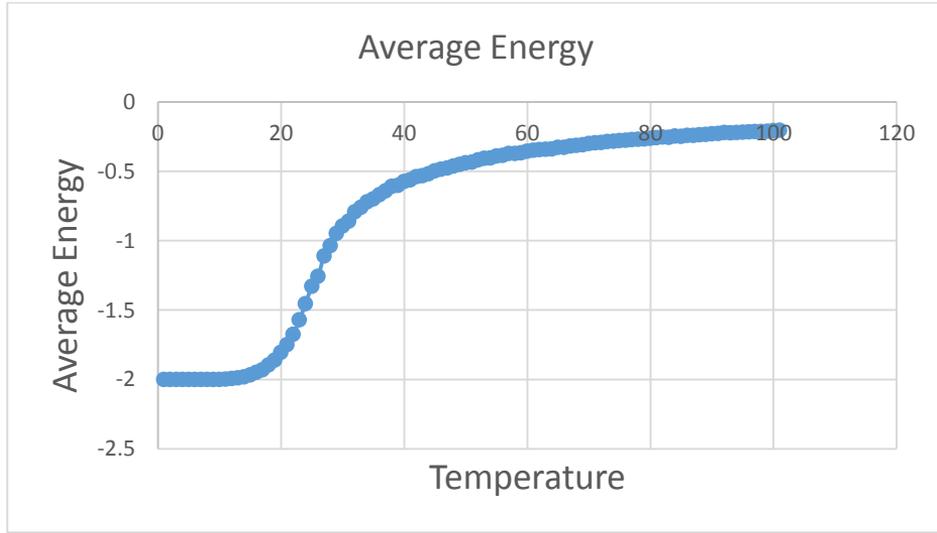
6. مشكلة البحث

تحديد الانتقالات الطورية الحاصلة نتيجة تطبيق الحقول المغناطيسية الخارجية عند درجات حرارة مختلفة.

7. النتائج ومناقشتها

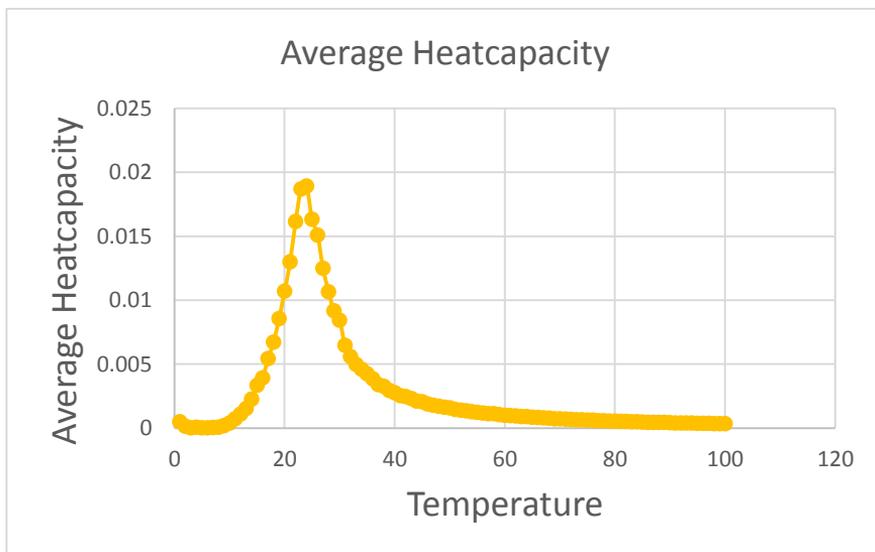
في دراسة المواد الفيرومغناطيسية حيث $J = 1$. كانت النتائج من أجل الحالات التالية وفق الآتي:

(1) أبعاد الجملة 8×8 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $0 \rightarrow 10$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 0 T$



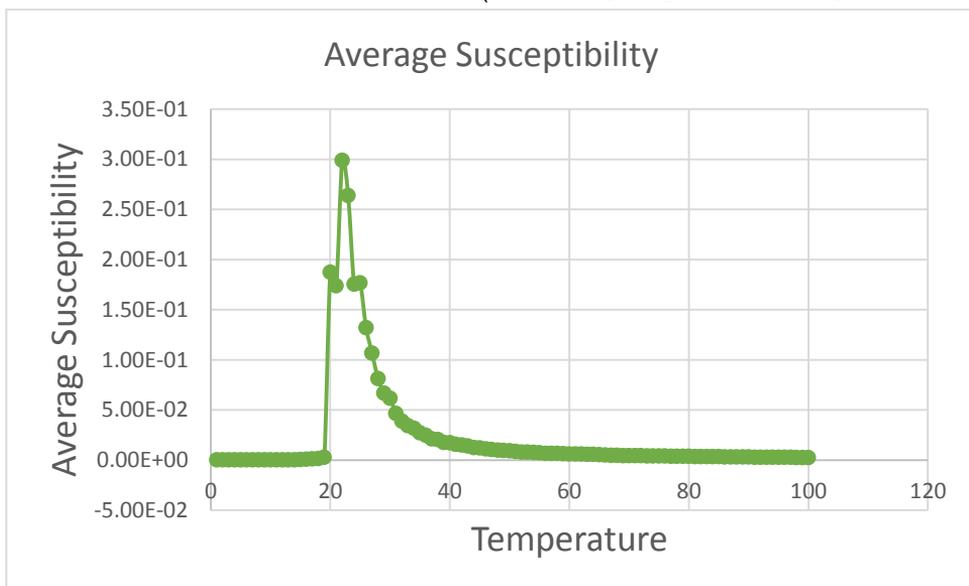
الشكل (1-1) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة تغيرات درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(2.4, -1.32708390625)$ هي نقطة الانعطاف وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



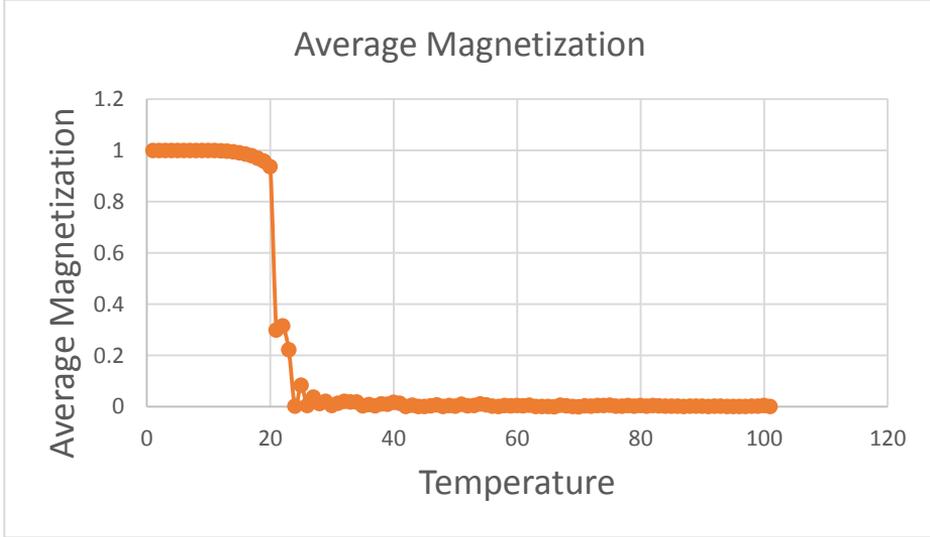
الشكل (2-1) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.0189152092039575 والتي توافق درجة حرارة كوري $T_C = 2.4$ وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري (تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية).



الشكل (3-1) تغيرات متوسط الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

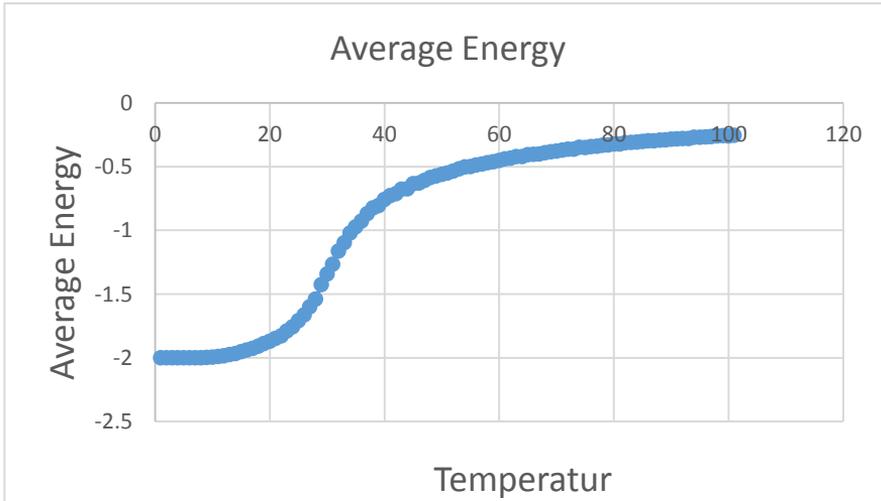
نلاحظ من الشكل أنّ النقطة التي توافق التحول الطوري هي 0.298636257771545 عند درجة حرارة كوري $T_C = 2.2$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (1-4) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تنعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

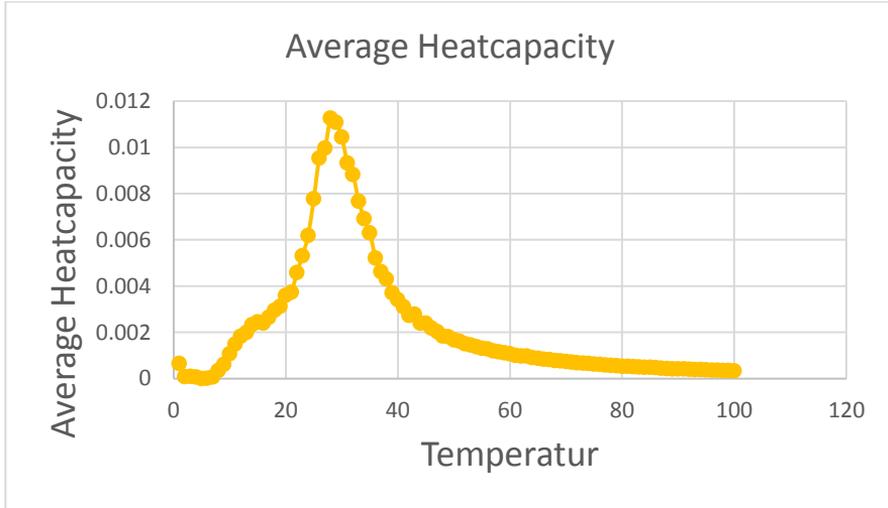
(2) أبعاد الجملة 8×8 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $10 \rightarrow 0$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 0.6 T$



الشكل (2-1) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

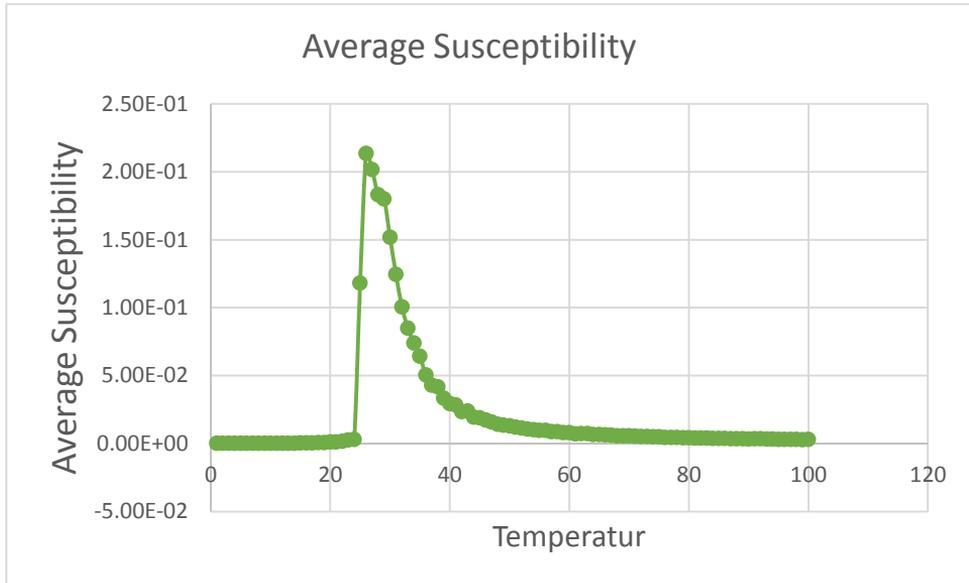
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(-1.424974375, 2.8)$ هي نقطة الانعطف وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



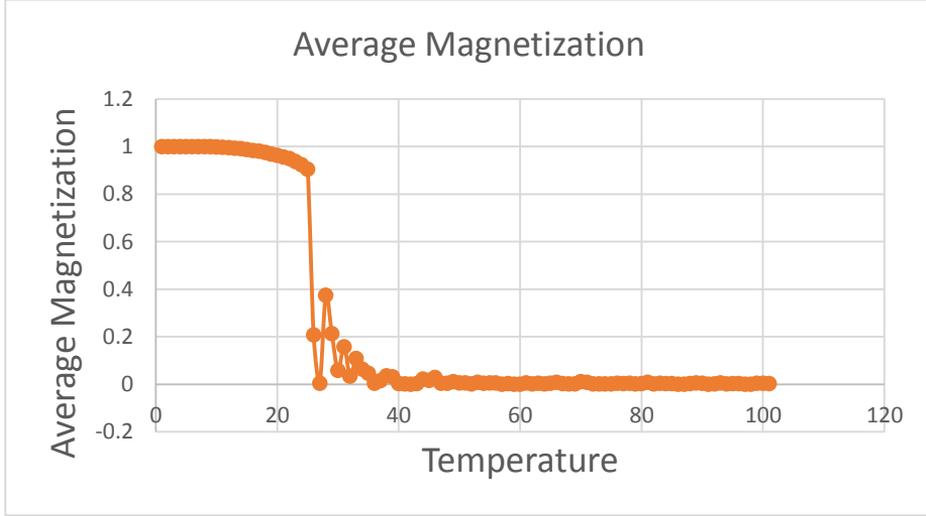
الشكل (2-2) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.0112635306375932 والتي توافق درجة حرارة كوري $T_C = 2.8$ وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (3-2) تغيرات متوسط الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

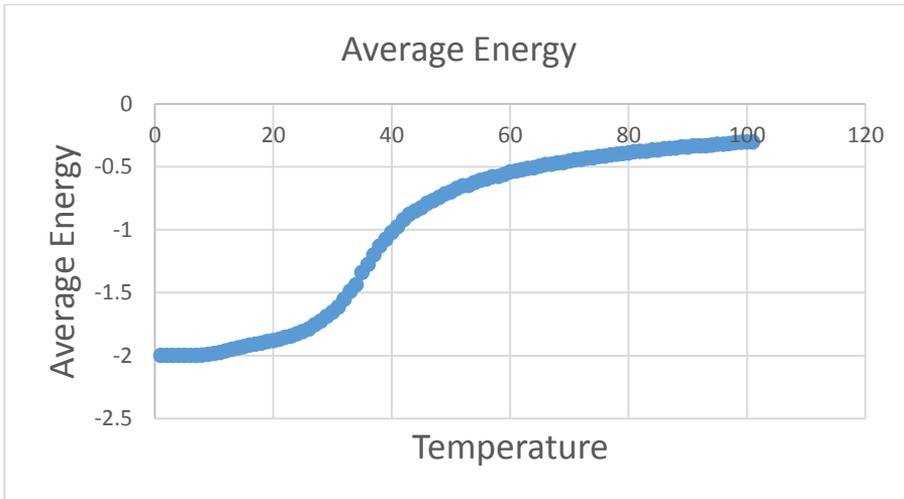
نلاحظ من الشكل أن النقطة التي توافق التحول الطوري هي 0.213459464155273 درجة حرارة كوري $T_C = 2.6$ وهو تحول طوري من درجة الاولى.



الشكل (2-4) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تتعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

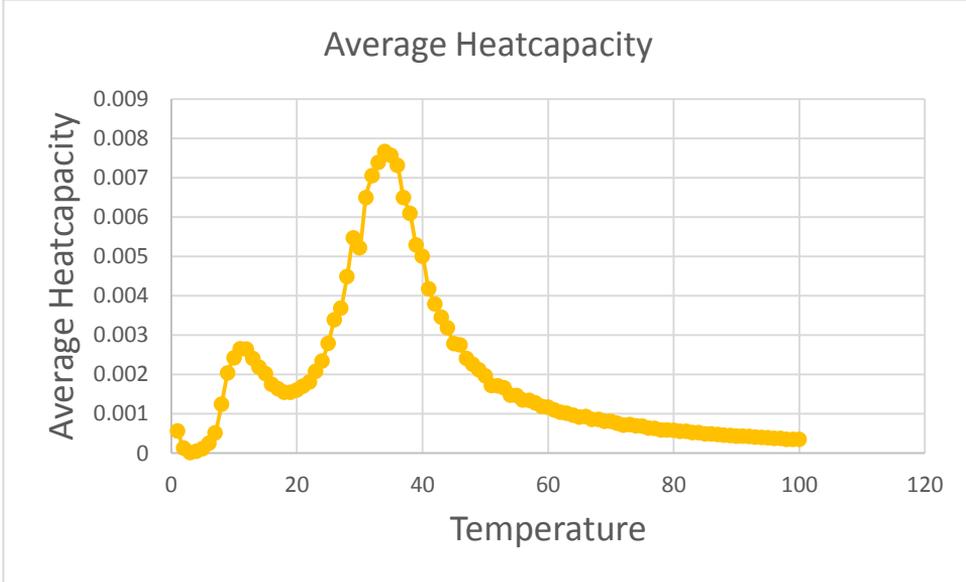
(3) أبعاد الجملة 8×8 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $0 \rightarrow 10$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 1.2 T$



الشكل (3-1) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

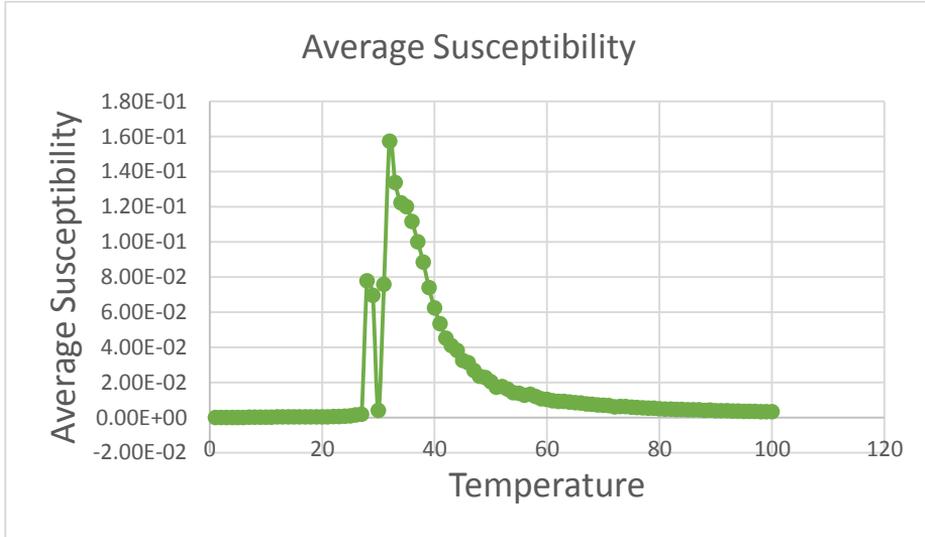
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(-1.34016734375, 3.4)$ هي نقطة الانعطف وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



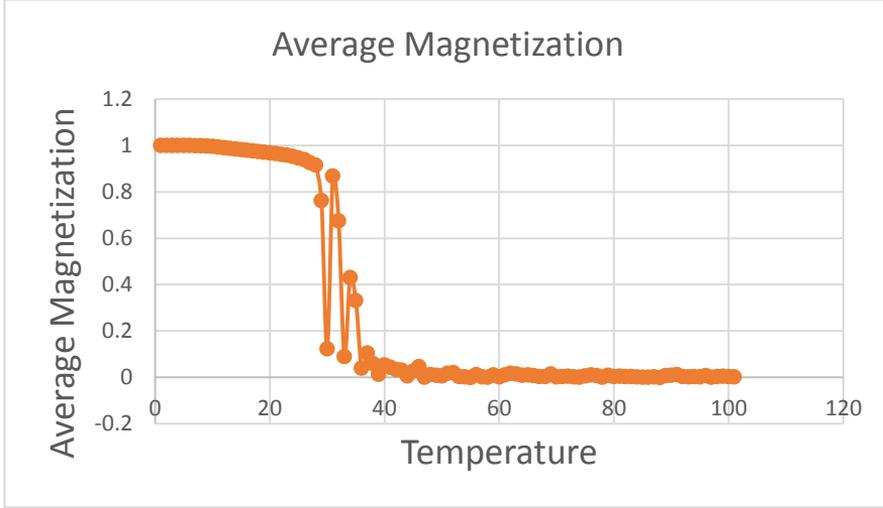
الشكل (3-2) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.00766614955584569 والتي توافق درجة حرارة كوري $T_C = 3.4$ وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (3-3) تغيرات الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

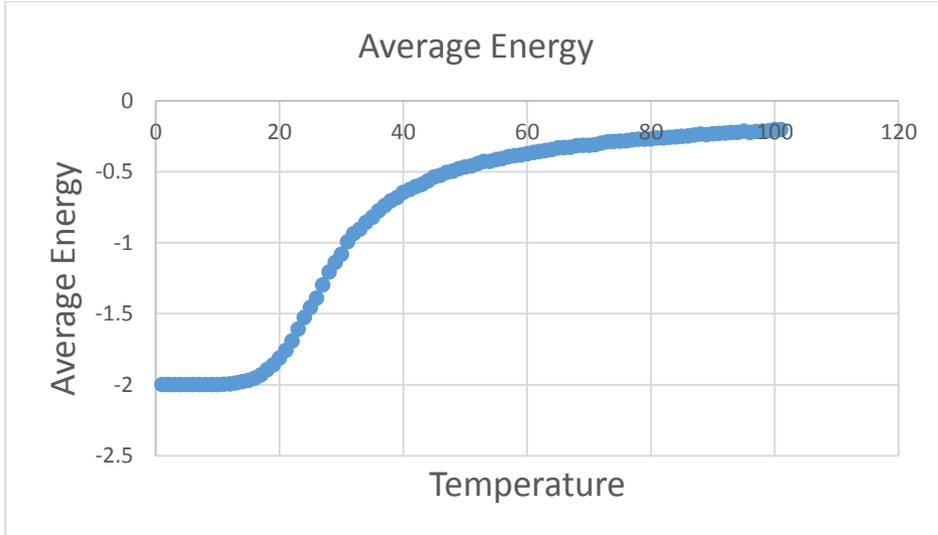
نلاحظ من الشكل أنّ النقطة التي توافق التحول الطوري هي 0.15718420428735 درجة حرارة كوري $T_C = 3.2$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (3-4) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تتعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

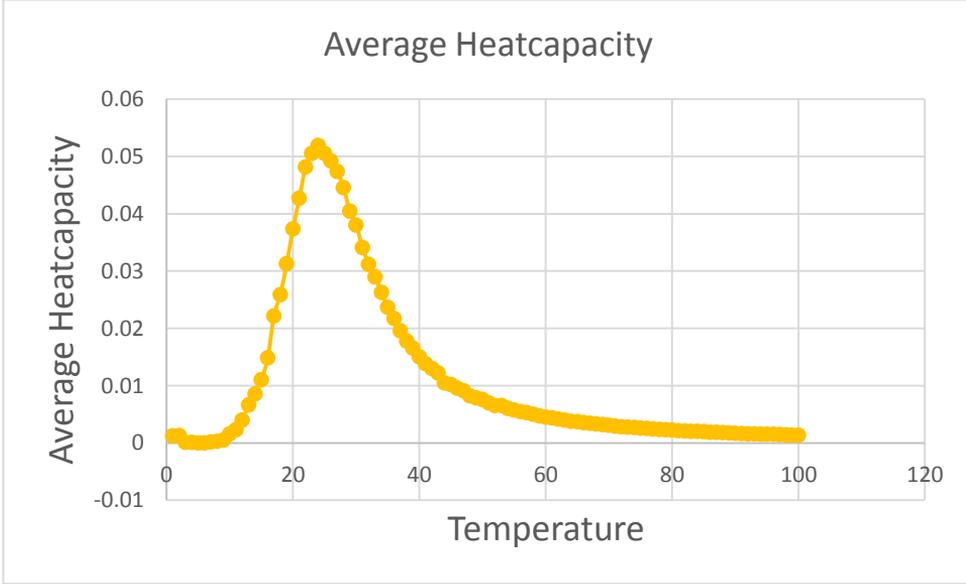
(4) أبعاد الجملة 32×32 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $10 \rightarrow 0$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 0 T$ ،



الشكل (4-1) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

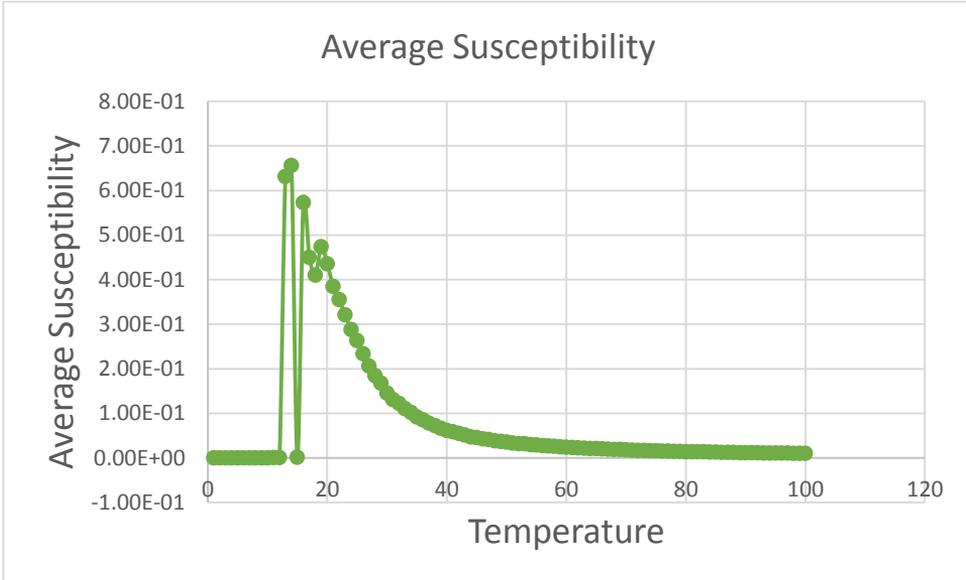
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة
اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(-1.34016734375, 2.4)$ هي نقطة الانعطاف وهي
النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



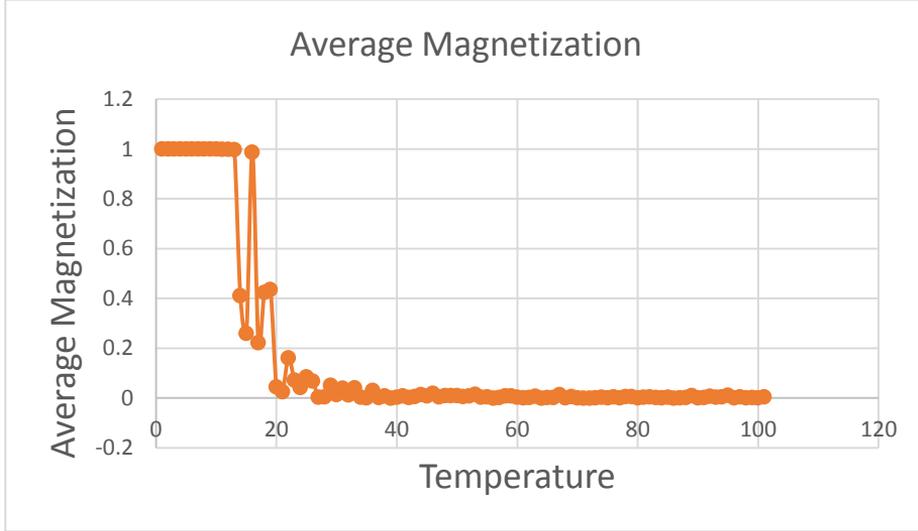
الشكل (2-4) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

، نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.0519489613278537 والتي
توافق درجة حرارة كوري $T_C = 2.4$ وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (3-4) تغيرات متوسط الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

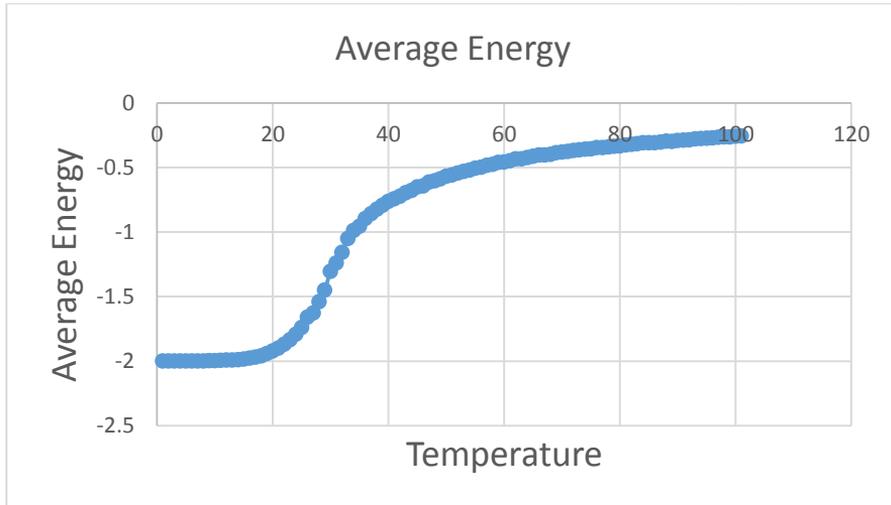
نلاحظ من الشكل أنّ النقطة التي توافق التحول الطوري هي 0.473699559486842 درجة حرارة كوري $T_C = 1.9$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (4-4) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تتعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

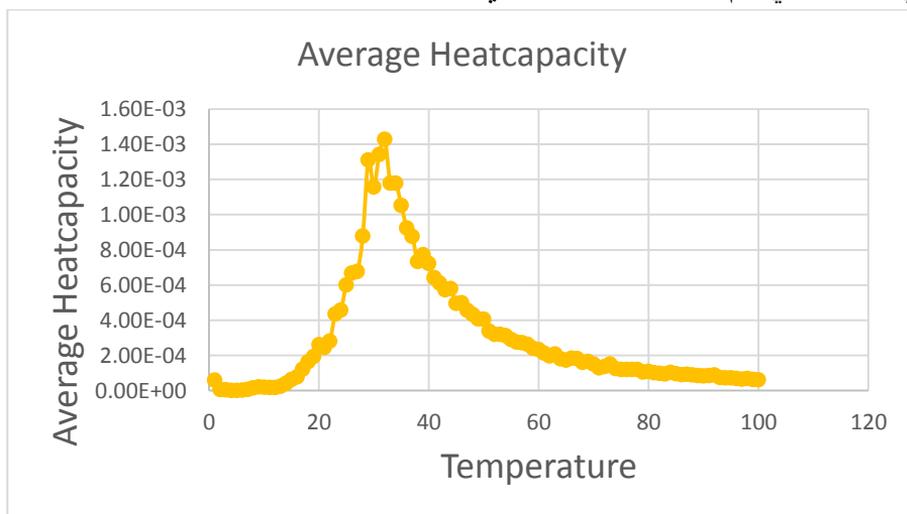
(5) أبعاد الجملة 32×32 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $0 \rightarrow 10$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 0.6 T$



الشكل (1-5) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

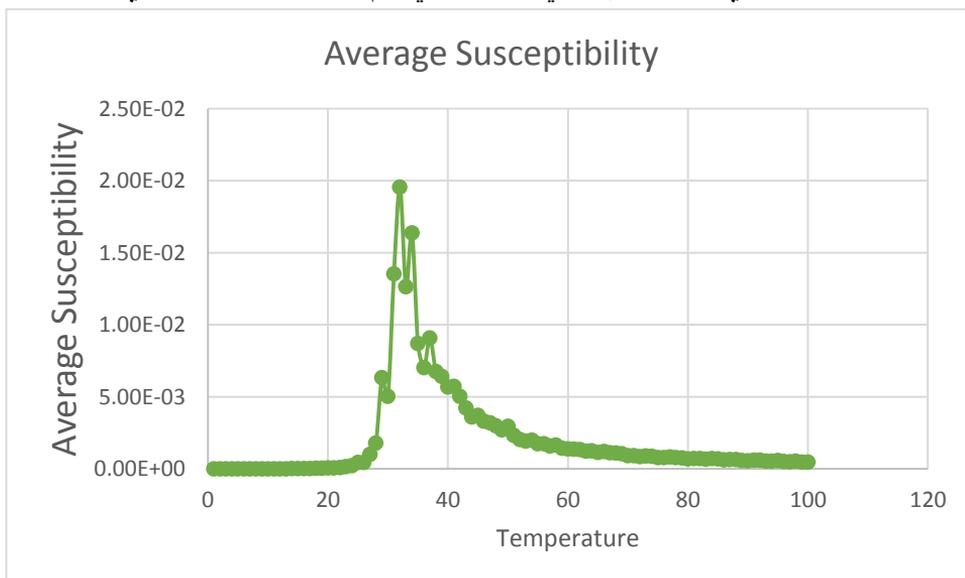
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(3.2, -1.05118807617188)$ هي نقطة الانعطاف وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (2-5) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

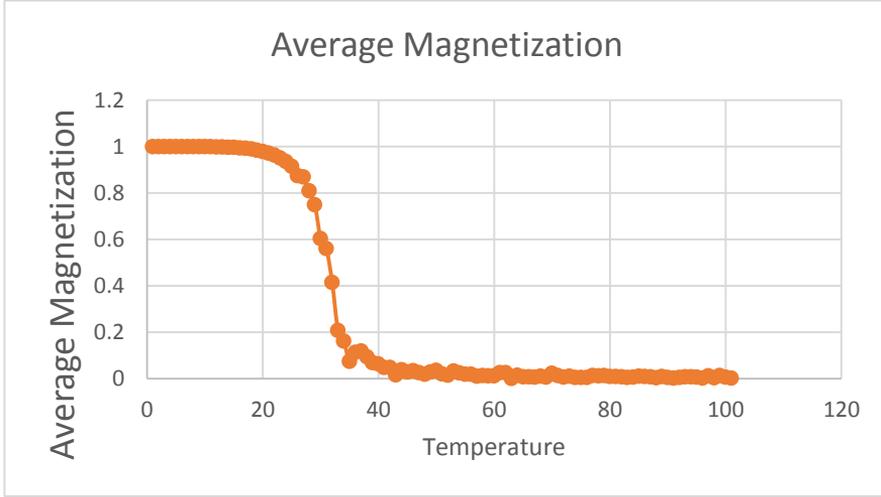
نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.00142843842771087 والتي توافق درجة حرارة كوري $T_C = 3.2$ وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (3-5) تغيرات متوسط الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة التي توافق التحول الطوري

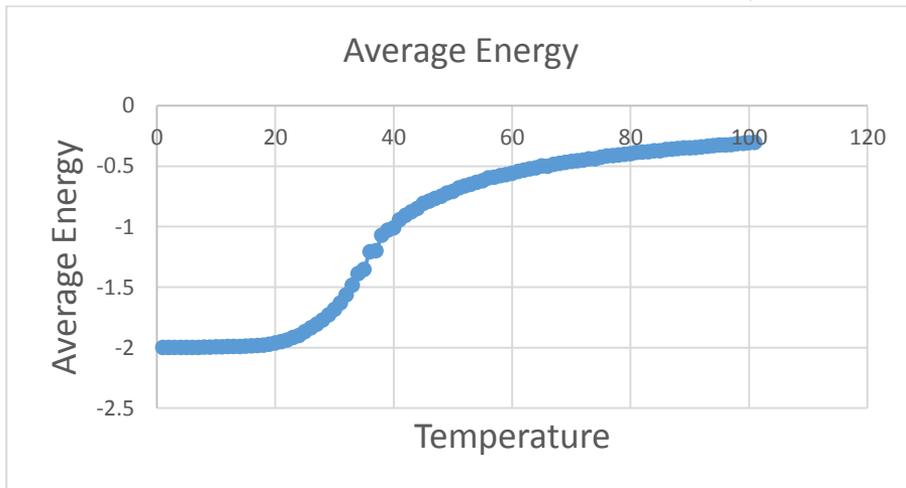
هي 0.0195470752229394 درجة حرارة كوري $T_C = 3.2$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (4-5) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تتعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

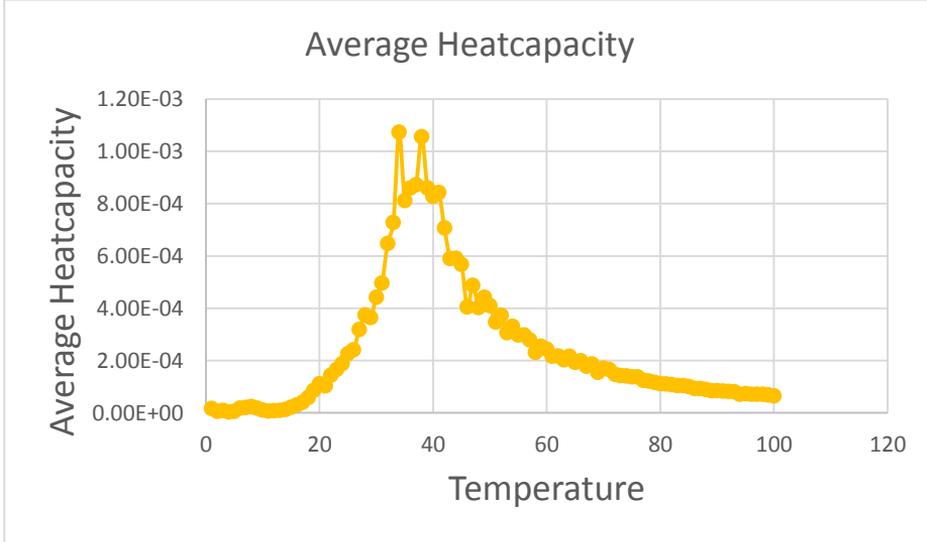
(6) أبعاد الجملة 32×32 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $10 \rightarrow 0$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 1.2 T$



الشكل (1-6) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

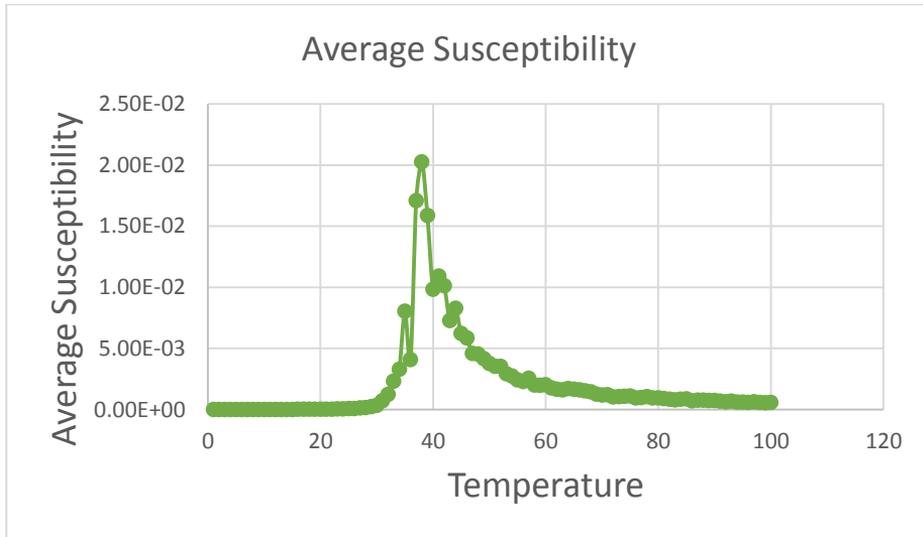
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة
اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(3.4, -1.35567627929688)$ هي نقطة الانعطاف
وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



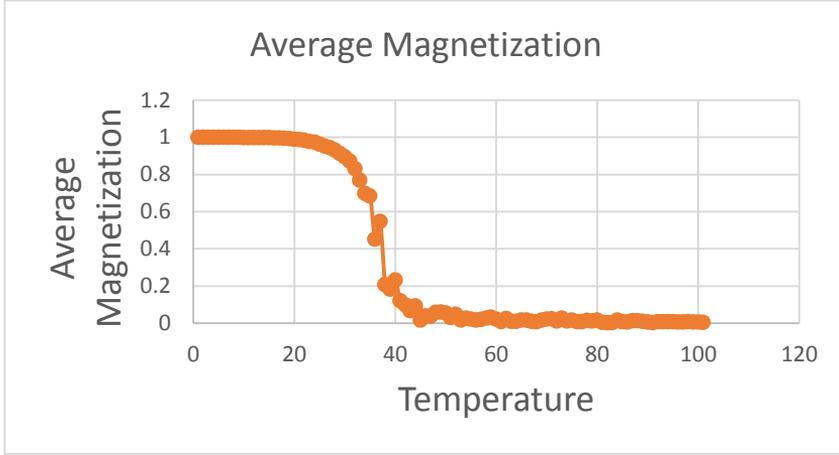
الشكل (2-6) تغيرات السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.00107331305016768 والتي
توافق درجة حرارة كوري $T_C = 3.4$ وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري من .



الشكل (3-6) تغيرات الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

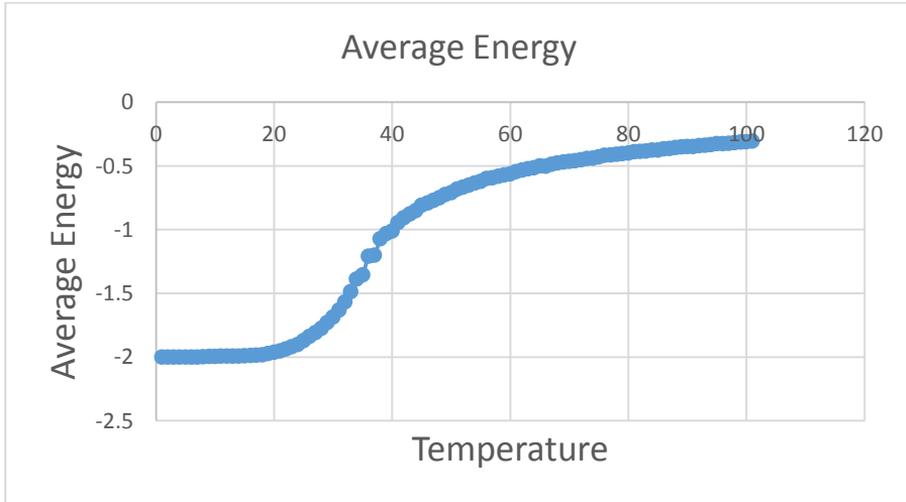
نلاحظ من الشكل أنّ النقطة التي توافق التحول الطوري هي 0.0202354459705439 درجة حرارة كوري $T_C = 3.8$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (4-6) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تتعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

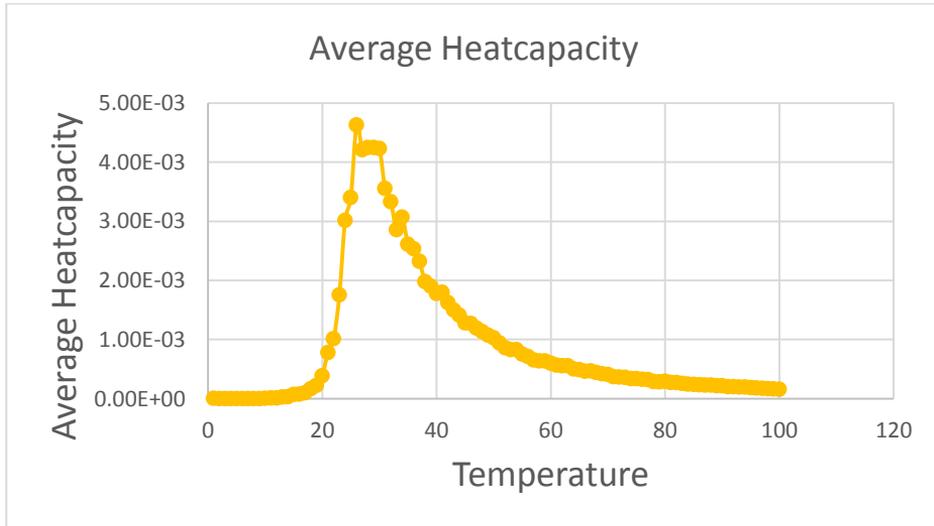
(7) أبعاد الجملة 64×64 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $0 \rightarrow 10$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 0 T$



الشكل (1-7) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

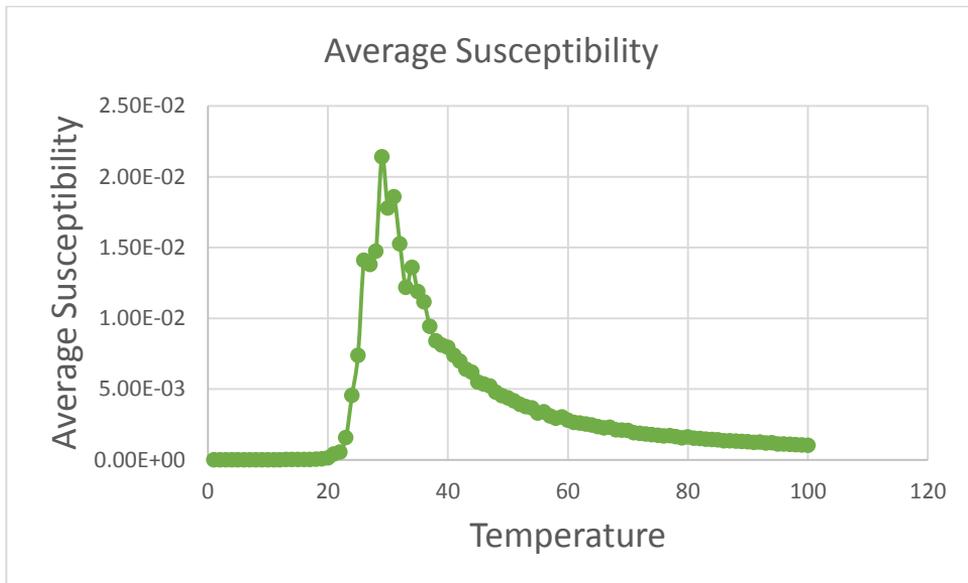
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة
اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(-1.15940403320313, 2.6)$ هي نقطة الانعطف
وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



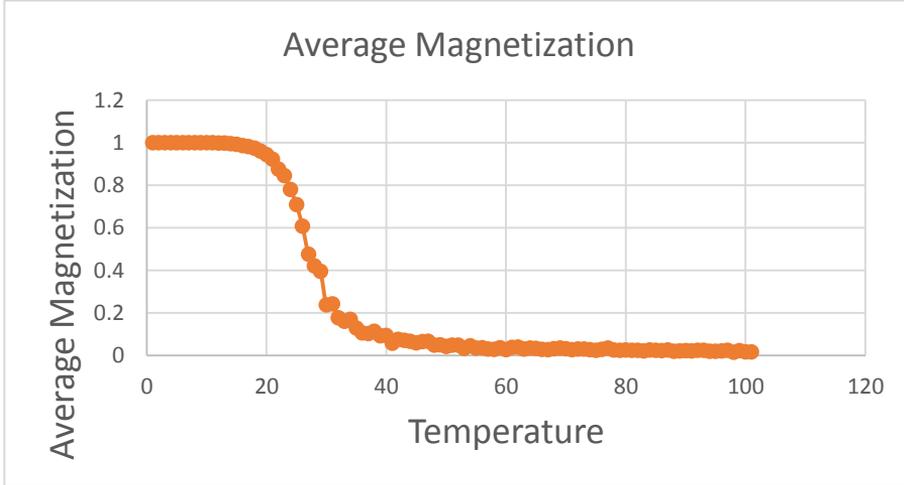
الشكل (2-7) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.00463039911951491 والتي
توافق درجة حرارة كوري $T_C = 2.6$ وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (3-7) تغيرات الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

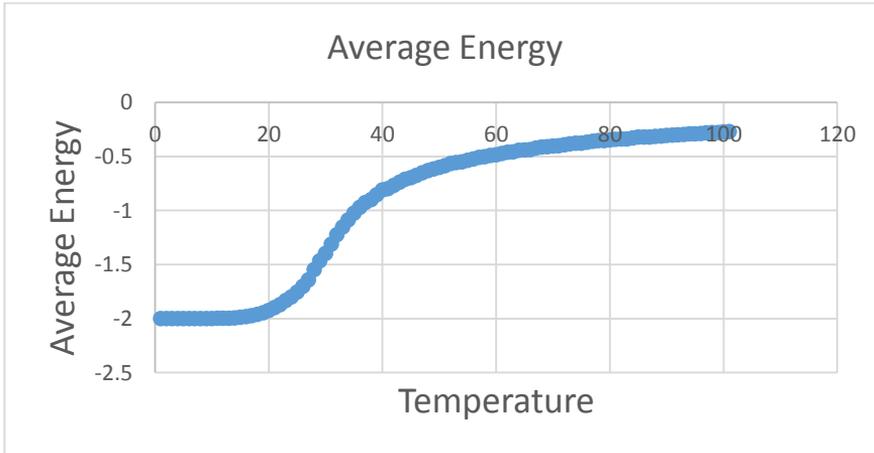
نلاحظ من الشكل أنّ النقطة التي توافق التحول الطوري هي 0.0213829564717734 درجة حرارة كوري $T_C = 2.9$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (4-7) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تنعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

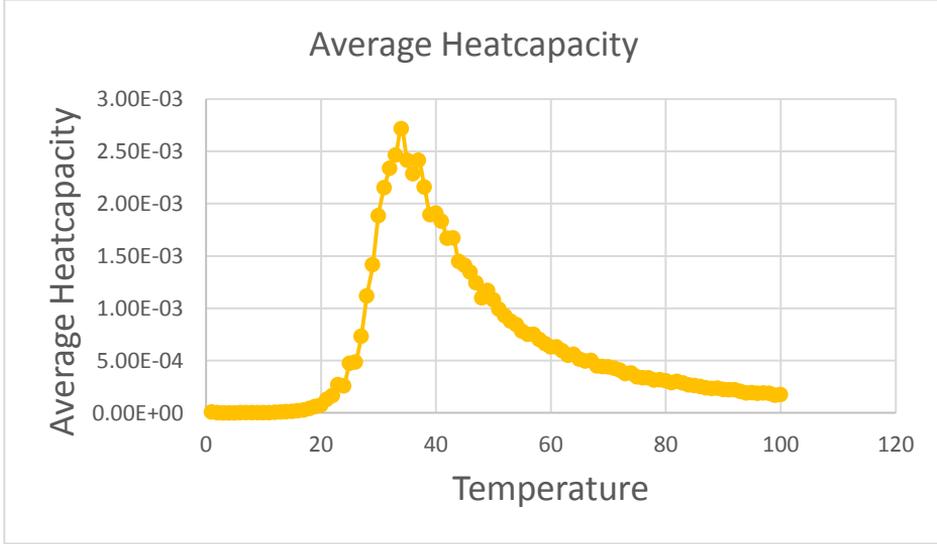
(8) أبعاد الجملة 64×64 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $0 \rightarrow 10$ ،
الحقل المغناطيسي المطبق $B = 0.6 T$



الشكل (1-8) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

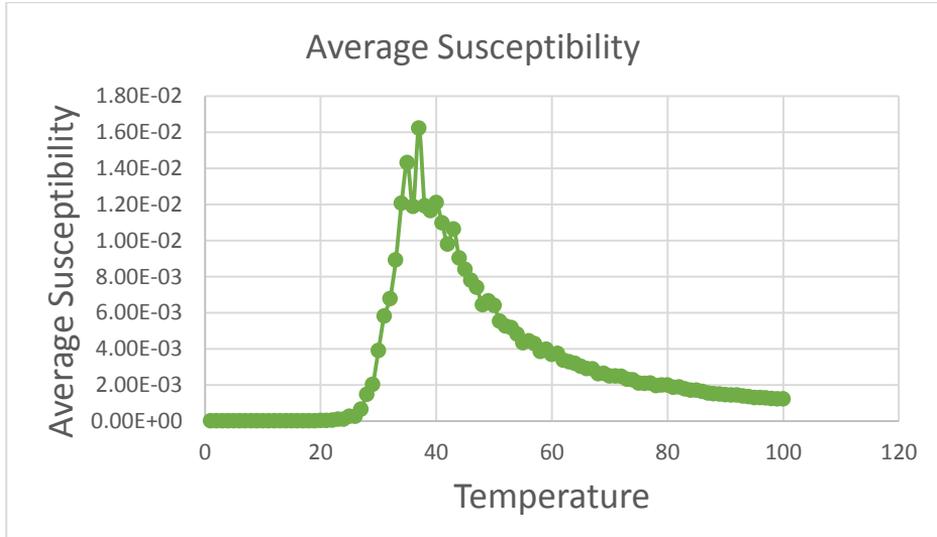
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(-1.02410945556641, 3.4)$ هي نقطة الانعطاف وهي النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (2-8) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

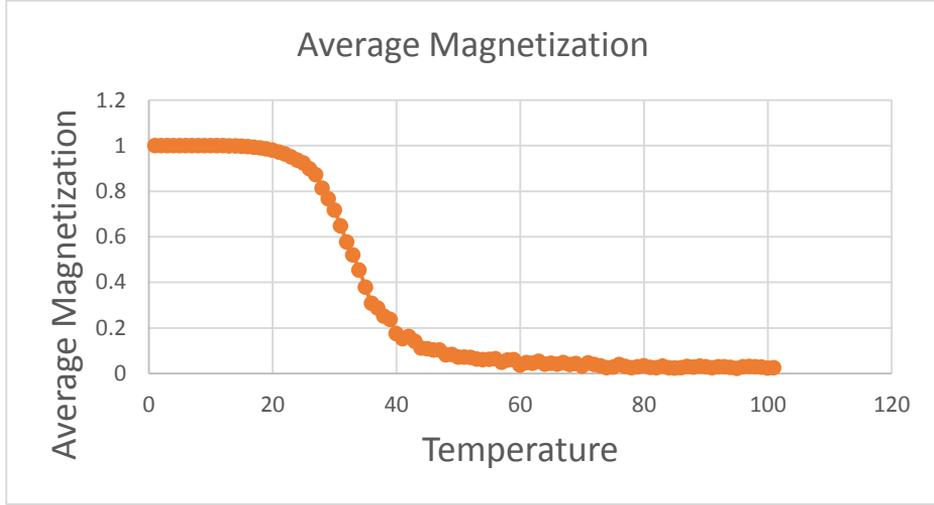
نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.00271810643744925 والتي توافق درجة حرارة كوري $T_C = 3.4$ النقطة التي يتم عندها التحول الطوري من الدرجة الثانية



الشكل (3-8) تغيرات متوسط الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة التي توافق التحول الطوري

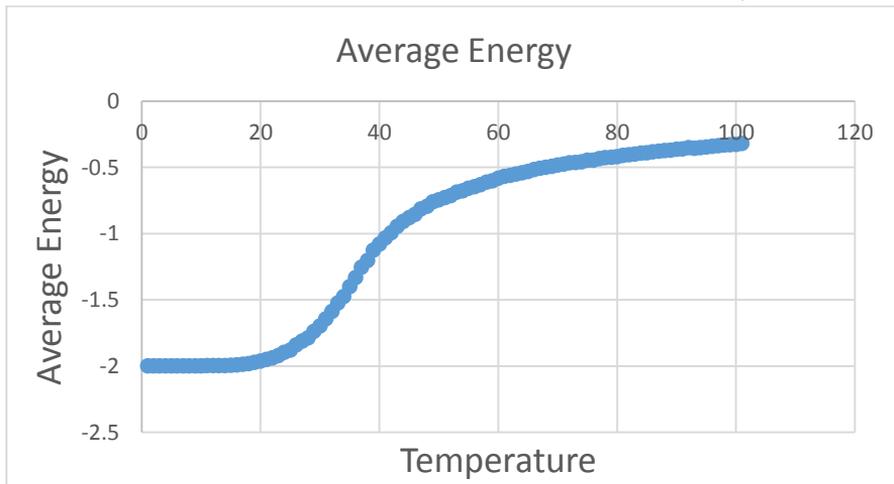
هي 0.0162342147329356 درجة حرارة كوري $T_C = 3.7$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (8-4) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنّه كلما زادت درجة الحرارة نقل المغنطة حتى تتعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

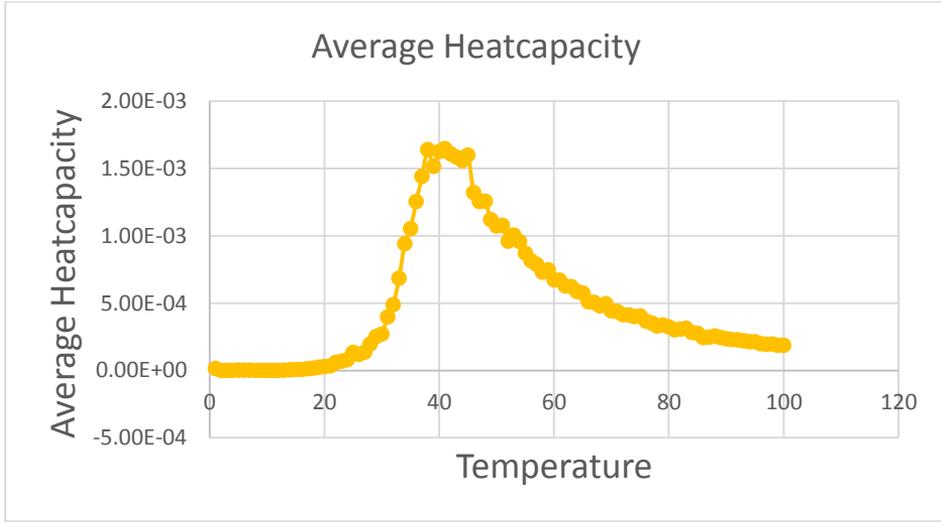
(9) أبعاد الجملة 64×64 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $0 \rightarrow 10$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 1.2 T$



الشكل (9-1) تغيرات متوسط الطاقة بدلالة درجة الحرارة.

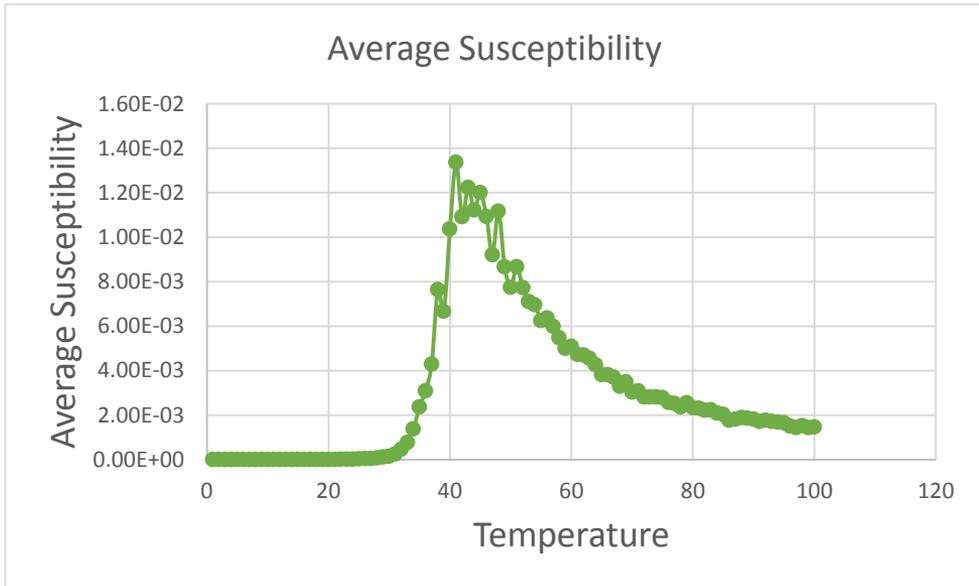
تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة
اعتماداً على النمذجة

نلاحظ من الشكل أنّ النقطة $(4.1, -0.99505125)$ هي نقطة الانعطف وهي
النقطة التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (2-9) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة.

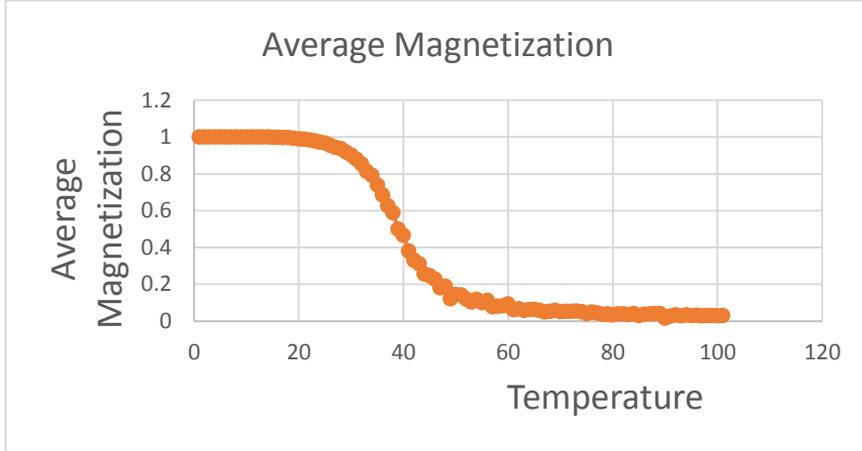
نلاحظ من الشكل أنّ أكبر قيمة للسعة الحرارية 0.00164808384439729 والتي
توافق درجة حرارة كوري $T_C = 4.1$ كوري التي يتم عندها التحول الطوري.



الشكل (3-9) تغيرات الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أن النقطة التي توافق التحول الطوري

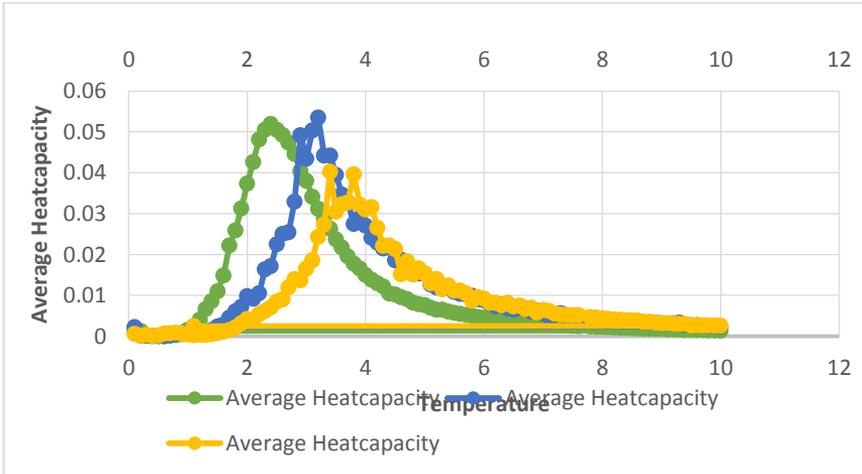
هي 0.0133764853247627 درجة حرارة كوري $T_C = 4.1$ وهو تحول طوري من درجة ثانية.



الشكل (9-4) تغيرات متوسط المغنطة بدلالة درجة الحرارة.

نلاحظ من الشكل أنه كلما زادت درجة الحرارة تقل المغنطة حتى تنعدم (عندها تتحول المادة من فيرومغناطيسية إلى البارامغناطيسية)

(10) أبعاد الجملة 32×32 ، معامل الاقتران $J = 1$ ، مجال درجة الحرارة $0 \rightarrow 10$ ، الحقل المغناطيسي المطبق $B = 0, 0.6, 1.2 T$

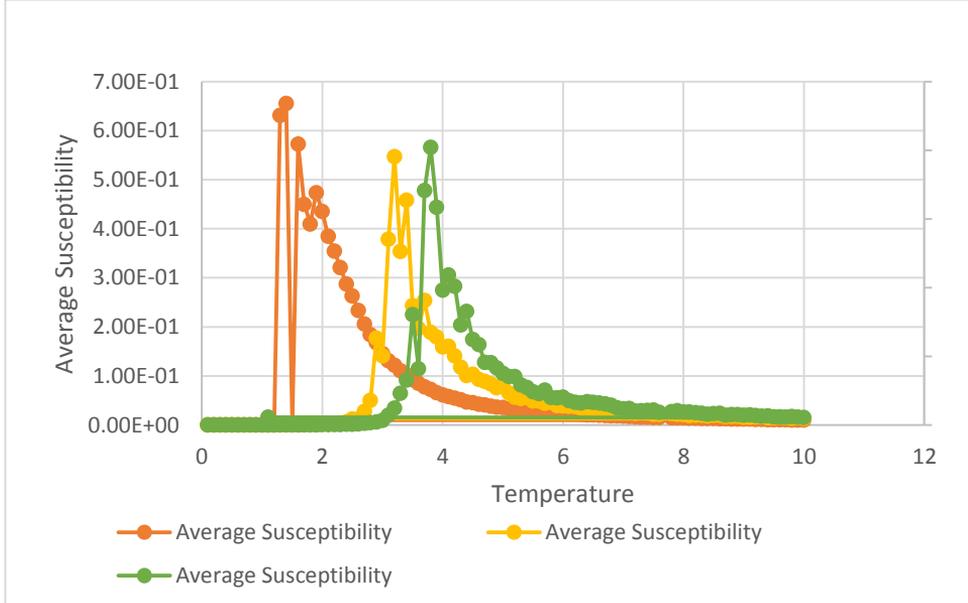


الشكل (10-1) تغيرات متوسط السعة الحرارية بدلالة درجة الحرارة عند الجملة

32×32 وحقول مغناطيسية مختلفة $B = 0, 0.6, 1.2 T$.

تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة
اعتماداً على النمذجة

يوضح الشكل السابق تناقص متوسط السعة الحرارية عند زيادة قيم الحقول المغناطيسية المطبقة.



الشكل (2-10) تغيرات متوسط الطواعية المغناطيسية بدلالة درجة الحرارة عند الجملة

$$B = 0, 0.6, 1.2 T \text{ وحقول مغناطيسية مختلفة } 32 \times 32$$

يوضح الشكل السابق تناقص متوسط الطواعية المغناطيسية عند زيادة قيم الحقول المغناطيسية المطبقة.

8. مناقشة النتائج والاستنتاجات:

(1) جمل مغناطيسية أبعادها مختلفة (متزايدة) عند تطبيق حقول محددة:

(a) الحقل المغناطيسي الخارجي المطبق $B = 0 T$

الجدول (1 - a) بتغير أبعاد الجملة عند $B = 0$

درجة حرارة كوري T_C	متوسط السعة الحرارية	أبعاد الجملة
2.4	0.0189152092039575	8×8
2.4	0.0519489613278537	32×32
2.6	0.00463039911951491	64×64

(b) الحقل المغناطيسي الخارجي المطبق $B = 0.6 T$

الجدول (1 - b) بتغير أبعاد الجملة عند الحقل $B = 0.6$

أبعاد الجملة	متوسط السعة الحرارية	درجة حرارة كوري T_C
8×8	0.0112635306375932	2.8
32×32	0.00142843842771087	3.2
64×64	0.00271810643744925	3.4

(c) الحقل المغناطيسي الخارجي المطبق $B = 1.2 T$

الجدول (1 - c) بتغير أبعاد الجملة عند الحقل $B = 1.2$

أبعاد الجملة	متوسط السعة الحرارية	درجة حرارة كوري T_C
8×8	0.00766614955584569	3.4
32×32	0.00107331305016768	3.4
64×64	0.00164808384439729	4.1

نستنتج من الجدول (1 - a) والجدول (1 - b) والجدول (1 - c): أن السعة الحرارية تتناقص من أجل بُعد محدد لجملة وكما نلاحظ أن هناك زيادة مضطربة في درجة حرارة كوري مع زيادة الحقل المغناطيسي المطبق بشكل يتناسب مع زيادة بعد الجملة. مع الإشارة إلى أن السعة تتناسب عكساً مع أبعاد الجملة انسجاماً مع تعريف السعة الحرارية.

(2) جمل مغناطيسية أبعادها محددة عند تطبيق حقول مغناطيسية مختلفة:

(a) أبعاد الجملة 8×8 والحقول المغناطيسي الخارجية المطبقة $B =$

$(0, 0.6, 1.2) T$

الجدول (2 - a) عند الجملة 8×8 والحقول $B = (0, 0.6, 1.2) T$

الحقول المغناطيسية	متوسط السعة الحرارية	متوسط الطواعية المغناطيسية
0	0.018912092039575	0.298636257771545
0.6	0.0519489613278537	0.213459464155273
1.2	0.00463039911951491	0.15718420428735

تحديد الانتقالات الطورية في الجمل الفيرومغناطيسية عند درجات الحرارة وحقول خارجية مختلفة اعتماداً على النمذجة

(b) أبعاد الجملة 32×32 و الحقول المغناطيسي الخارجية المطبقة $B = (0, 0.6, 1.2) T$

الجدول (b - 2) عند الجملة 32×32 والحقول $B = (0, 0.6, 1.2) T$

الحقول المغناطيسية	متوسط السعة الحرارية	متوسط الطواعية المغناطيسية
0	0.0112635306375932	0.473699559486842
0.6	0.00142843842771087	0.0195470752229394
1.2	0.00271810643744925	0.0202354459705439

(c) أبعاد الجملة 64×64 والحقول المغناطيسي الخارجية المطبقة $B = (0, 0.6, 1.2) T$

الجدول (b - 2) عند الجملة 64×64 والحقول $B = (0, 0.6, 1.2) T$

الحقول المغناطيسية	متوسط السعة الحرارية	متوسط طواعية المغناطيسية
0	0.00766614955584569	0.0213829564717734
0.6	0.00107331305016768	0.0162342147329356
1.2	0.00164808384439729	0.0133764853247627

نستنتج من الجدول (a - 2) والجدول (b - 2) والجدول (c - 2): أنه كلما زاد الحقل المغناطيس الخارجي المطبق من أجل جملة أبعادها محددة تتناقص كلاً من متوسط السعة الحرارية وذلك بسبب زيادة التحريض الحراري الناتج عن توجه السبينات بشكل عشوائي، والذي يفسر أيضاً بالعلاقة $C_V = \frac{dE}{dT}$ توضح هذه العلاقة التناسب العكسي بين درجة الحرارة والسعة الحرارية عند حجم ثابت. وقيم متوسط الطواعية المغناطيسية تتناقص بزيادة الحقل المغناطيسي الخارجي وذلك بسبب زيادة التحريض

الحراري الناتج عن توجه السبينات بشكل عشوائي، توضح العلاقة $\chi = \frac{(\Delta M)^2}{K_B T}$ التناسب

العكسي بين الطواعية المغناطيسية ودرجة الحرارة.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه النتائج تتفق مع القيم التجريبية والأبحاث المنشورة في هذا

المجال إلى حدّ كبير [19][20]

9. التوصيات:

1. دراسة التحولات الطورية للمواد الفيرومغناطيسية عند جمل كبيرة وحقول

مغناطيسية كبيرة لمعرفة حدود تطبيق نموذج إيزينغ

2. إجراء مقارنات مع الجمل المغناطيسية المدروسة تجريبياً.

12. المراجع:

References:

- [1] H.P. Meyers, Introductory solid state physics, Chalmers University of Technology, Sweden, (1997).
- [4] Platonis Opera, Meyer and Zeller, Magnetism, (1839).
- [2] : L. H. Bennett, C. H. Page, L. J. Swartzendruber, Comments on units in magnetism. Journal of Research of the National Bureau of Standards NIST, 83 (1): 9–12 (2018).
- [3] M.VALETAS, Couches minces magnétiques pour applications hyperfréquences étude des Samarium-Cobalt et des Néodyme-Fer-Bore par pulvérisation radio fréquence magnétron", Université de Limoges, 2003
- [4] M. H. Levitt, Spin Dynamics, Wiley, 2001.
- [5] N. A. Spaldin, Magnetic Materials Fundamentals and Applications, Second edition, University of California, Santa Barbara, (2003-2011)
- [6] C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8th Edition, Wiley, New York (2012).
- [7] M.Cyrot, M.Decorps, B.Dieny, O.Geoffroy, D.Gignoux, C.Lacroix, J.Laforest, P.Lethuillier, P.Molho, J.C Peuzin, J.Pierre, J.L.Porteseil, P.Rochette, M.F.Rossigno,
- [8]: F. Issaoui , Etude des propriétés magnétiques des matériaux à bases des métaux de transition sous forme de poudre (AúBO_x) et monocristaux (RMX₂). Matériaux. Université de Grenoble, Français, 2012.

- [9]: : L. Neel, Ann. De Phys. 3, 137 (2019).
- [10] j.Kacher, I.M.Robertson, M.Nowell, J.Knapp,K. Hattar, Study of rapid grain boundary migration in a nanocrystalline Ni thin film. Mater. Sci. Eng, (2011)
- [11] : P. A. M Dirac, On the Theory of Quantum Mechanics Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. The Royal Society. 112 (762): 661–677, (19261).
- [12] Christian Ngô,Docteur ès sciences - Agrégé de l'université Hélène Ngô ,Docteur ès sciences - Agrégée de l'université " Physique Statistique Introduction(3èdition) ", Dunod ,Paris,350 , 2008
- [13] B. Edere, Reality, time and fundamental physics, Institute of Physics, Annaba University, Algeria-2018
- [14] B. Edere, Thermodynamics and statistical mechanics, Institute of Physics, Annaba University, Algeria
- [15] C. Ngo,H. Ngo, Physique Statistique Introduction, 3 rd Edition, DUNOD, Paris(2008).
- [16] K. Huang, Statistical mechaics , JOHN WIELEY SONS,487-1987
- [17] Cheng and Xiang Zhang. Two dimensional magnetic crystals and emergent heterostructure devices, Science 363 (6428), eaav4450 DOL: 10.1126/science. vaav4450. 2018

[18] Morten Hjorth –Jensen ,Computational Physics ,University of Oslo 2011.

[19] N. Roumia, Study The Phase Transformation Of Two Dimensions Magnetic Materials By Simulation Using Approximation Field, AL-Baath University,2020.

[20] A. Hnan, Critical Foundations And The Ising Model, Hah ALkgled ALwaade University, 2019.

دراسة تأثير العوامل الديموغرافية على الإصابة الطفيلية المعوية عند أطفال المدارس في حمص وريفها

طالبة الماجستير: وعد عبد القادر الطرابيشي

المشرف الأساسي: الدكتورة ندى محفوظ

المشرف المساعد: الدكتور محمد بكداش

الملخص:

إن العدوى الطفيلية المعوية Intestinal Parasitic Infection (IPI) المسببة من قبل الديدان الممرضة والأوالي مستوطنة في جميع أنحاء العالم. يقدر تأثيرها على حوالي 3.5 بليون شخص، وتسبب أعراض سريرية عند حوالي 450 مليون شخص حول العالم [1]. ترتبط غالبية الإصابات الطفيلية بالحالة الاجتماعية وظروف الفقر السائدة في منطقة انتشار العدوى مثل انخفاض الوصول إلى مياه الشرب الصحية، والصرف الصحي الملائم، والنظافة، والسكن، وعدم كفاية الحصول على الرعاية الصحية [4]. هدف البحث إلى دراسة انتشار الطفيليات المعوية ودراسة تأثير العوامل الديموغرافية في الإصابة الطفيلية المعوية لدى أطفال المدارس الذين تتراوح أعمارهم بين 5-16 سنة. تمت الدراسة على شكل مقطعي وذلك في الفترة الممتدة بين شهري حزيران من عام 2022 وآذار من عام 2023. حيث أخذت عينات من مناطق مختلفة من مدينة حمص وريفها ومراكز الإيواء. شملت الدراسة 139 طفل حيث تم اختيار الأطفال من المجمعات

السكانية بشكل عشوائي، ووَزَّع لهم استبيان ورقي وعلب لجمع البراز. تم متابعة الأطفال وذويهم لملء الاستمارة والحصول على العينة. دُرست عينات البراز للتحري على الطفيليات المعوية باستخدام المجهر الضوئي.

أظهرت النتائج أن 28.57% من الأطفال مصابون بالطفيليات المعوية. وبينت الدراسة أن العوامل الديموغرافية والاجتماعية مثل مكان السكن وحجم الأسرة ومستوى تعليم ومهنة الأبوين ومصدر مياه الشرب وعادات النظافة والتعامل مع الحيوانات وكذلك وجود أعراض معوية ترتبط بارتفاع معدلات الإصابة بالطفيليات المعوية.

ولاحظت الدراسة أن عوامل أخرى مثل العمر والطول والوزن والجنس لم تكن لها علاقة معنوية بالإصابة بالطفيليات المعوية بين أطفال المدارس.

تلك المعلومات قد تساهم في تحسين الوعي والتدابير الوقائية ضد هذه العدوى في المجتمع المحلي.

كلمات مفتاحية: طفيليات معوية، الصفات الديموغرافية، الأطفال، مدينة حمص.

the Effect of Demographic of Study A School Factors on Intestinal Parasites in Children in Homs and its Countryside

Summary:

Intestinal Parasitic Infection (IPI) caused by pathogenic worms and protozoa is prevalent worldwide. It is estimated to impact approximately 3.5 billion individuals, causing clinical symptoms in around 450 million people globally [1]. Most parasitic infections are associated with social conditions and prevailing poverty factors in the infection-prone areas, such as limited access to clean drinking water, proper sanitation, hygiene, housing, and inadequate healthcare [4]. The research aimed to study the prevalence of intestinal parasites and investigate the influence of demographic factors on intestinal parasitic infection among school children aged 5–16 years. The study was conducted in a cross-sectional manner between June 2022 and March 2023. Samples were collected from various areas in the city of Homs and its suburbs, including shelter centers. The study included 139 children selected randomly from residential clusters, who were provided with paper questionnaires and stool collection kits. Children and their guardians were followed up to complete the

forms and obtain the samples. Stool samples were examined microscopically to detect intestinal parasites.

The results revealed that 28.57% of the children were infected with intestinal parasites. The study demonstrated that demographic and social factors such as place of residence, family size, parental education level, parental occupation, drinking water source, hygiene practices, animal contact, and the presence of gastrointestinal symptoms were associated with higher rates of intestinal parasitic infection.

However ,the study observed that factors like age, height, weight, and gender did not have a statistically significant relationship with intestinal parasitic infection among school children. This information may contribute to enhancing awareness and preventive measures against this infection within the local community.

Keywords :Intestinal parasites, Children, Demographic characteristics ,Homs city.

1-المقدمة:

تعتبر الإصابة بالعدوى الطفيلية المعوية (IPI) التي تسببها الديدان الممرضة والأوالي مشكلة شائعة على مستوى عالمي. يُقدر تأثير هذه الإصابات على حوالي 3.5 مليار شخص، وتتسبب في أعراض سريرية لدى حوالي 450 مليون شخص حول العالم [1]. الطفيليات هي كائنات حية تأخذ الغذاء والمأوى من كائنات أخرى وتعيش متطفلة عليها، والمضيف هو الكائن الذي يستضيف الطفيليات. حلقة التطفل يمكن أن تشمل كائنًا آخر يُعرف بالناقل والممكن وجود كائن حي يحمل الطفيل لفترة طويلة دون ظهور أعراض، وهذا الكائن يُعرف بالخازن.

الطفيليات المعوية تشمل مجموعة متنوعة من العوامل الممرضة وتعتبر الديدان والأوالي الأكثر انتشارًا واستيطانًا. بعض الأديان والأوالي الأكثر اهتمامًا من قبل منظمة الصحة العالمية تشمل *histolytica Entamoeba* و *intestinalis Giardia* من الأوالي، و *lumbricoides Ascaris* و *trichiura Trichuris* و *Hookworm* من الديدان المنقولة عن طريق التربة [2]. يُعتبر داء الأميبات وداء الأسكاريس والعدوى بالديدان الشصية وداء الخازن والأميبية وداء المشعرات من بين أكثر عشرة أنواع شائعة للعدوى في العالم [3].

ترتبط معظم حالات الإصابة بالطفيليات المعوية بالحالة الاجتماعية وظروف الفقر في المناطق التي تنتشر فيها هذه العدوى. ويشمل ذلك انخفاض إمكانية الوصول إلى مياه الشرب النظيفة، والصرف الصحي السليم، ونقص النظافة، وظروف السكن السيئة، وعدم توفر الرعاية الصحية الكافية [4]. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تتأثر هذه الإصابات بالظروف البيئية والمناخية [5].

الأمراض الناتجة عن التطفل الأولي الممرضة مثل *histolytica Entamoeba* و *lamblia Giardia* شائعة وتسبب الإسهال والديزنتاريا ومنتشرة في جميع أنحاء العالم [3]. ارتفاع معدلات الإصابة بهما يزيد من شدة المرض عند المضيف [6]. بخصوص داء الأميبات الغازية، فإنه يُعتبر خطيرًا وبشكل تهديدًا لحياة الإنسان، بينما يمكن أن يسبب داء الجيارديات سوء الامتصاص لدى الأطفال.

الأوالي الأخرى التي تنتمي إلى فصيلة جذريات الأرجل *Rhizopodes* والتي يجب التفريق بينها عن الأولي المتحولة للأنسجة تشمل *Entamoeba coli* و *Entamoeba hartmani* و *polecki Entamoeba* و *Dientamoeba fragilis* و *Iodamoeba nana* و *Endolimax nana*. يتم تشخيصها عادة عبر فحص البراز والتميز بينها باستناد إلى صفات النواة والكروماتين المحيط بغلافها والجسيم المركز [7].

الديدان الطفيلية المعوية تسبب داء الديدان الطفيلية، وهو يضعف حالة التغذية للمصابين ويتسبب في النزيف المعوي وفقدان الشهية والإسهال وتقليل امتصاص العناصر الغذائية. تنتشر هذه العدوى بشكل كبير في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية حيث تكون مرافق المياه والصرف الصحي غير كافية. وفي عام 2018، كانت التقديرات العالمية تشير إلى وجود حوالي 1.5 مليار شخص يعانون من الإصابة المزمنة بالديدان المعوية المنقولة عن طريق التربة (STH)، ويترتب على هذا الانتشار الواسع علاقة بالفقر وسوء النظافة البيئية، خاصة في البلدان النامية [8]. ولقد تم ربط العوامل الاقتصادية والاجتماعية مثل مصادر المياه والوعي الصحي والنظافة الشخصية بانتشار STH في المجتمعات [9].

وفقًا لدراسة عام 2010، تم التقدير بأن انتشار الإصابة بالديدان المعوية على مستوى العالم يتراوح بين 465 و 819 مليون إصابة عام 2010، وهذا يشكل حوالي ثمن تعداد السكان العالمي [10]. وسُجّلت أعلى نسب الانتشار في قارة آسيا، حيث تمتلك وحدها نسبة 70% من الانتشار العالمي، والهند والصين تعتبران الدولتين الأكثر إصابة في

آسيا، ويعزى ذلك جزئياً إلى المناخ الآسيوي الذي يعزز نمو البيض واليرقات وبالتالي الأظوار الخامجة [11].

معظم الديدان الطفيلية تنتسب في إصابات معوية وتحتاج إلى مضيف واحد أو اثنين من الكائنات المضيفة الوسيطة. على عكس الأوالي، فإن الديدان الطفيلية عادة لا تستطيع التكاثر داخل جسم المضيف بما في ذلك الإنسان باستثناء *nana Hymenolepis*، وبالتالي فإن الإصابة الوحيدة عادة ما تكون غير مرضية ولا تسبب عدوى قوية وتُظهر أعراضاً خفيفة تكون غالباً غير قاتلة [12].

تتضمن طرق تشخيص الإصابة بالديدان المعوية الفحص المجهرى للبراز والبول والبلغم، بالإضافة إلى اختبار ELISA وتقنيات أخرى مثل PCR [12].

منظمة الصحة العالمية تهدف إلى التحكم في انتشار STH وتقليل معدلات الإصابة بها بين أطفال المدارس إلى مستويات منخفضة بحيث لا تشكل مشكلة صحية عامة بحلول عام 2020 [13].

2-هدف البحث:

فهم كيفية تأثير العوامل الديموغرافية، مثل العمر، والجنس، والمستوى الاجتماعي، والظروف المعيشية، على انتشار الطفيليات المعوية بين الأطفال في منطقة حمص السورية، خاصة لكون محافظة حمص قد شهدت الكثير من الأعمال الحربية خلال سنوات الأزمة الأمر الذي سبب حركات نزوح من المناطق الخطرة إلى الأكثر أمناً. الهدف الرئيسي هو تحليل هذه العوامل وتحديد ما إذا كانت لها تأثير على انتشار الطفيليات ومدى تأثيرها. يمكن أن يساعد هذا البحث في توجيه جهود الوقاية والعلاج وإطلاق حملات توعية للحد من انتشار الطفيليات المعوية بين الأطفال في هذه المنطقة.

3- مواد وطرق البحث:

مكان الدراسة وجمع العينات:

تمت هذه الدراسة في فترة من شهري حزيران عام 2022 حتى شهر آذار عام 2023، في مدينة حمص بجمهورية سورية العربية. شملت المناطق المدرسية في المدينة، بالإضافة إلى مدارس بعض القرى الواقعة في الريف، ومراكز الإيواء مثل مركز بابا عمرو ومخيم اللاجئين قرب قرية دير بعلبة. تم اختيار الأطفال بشكل عشوائي من المدارس والمنزل، وتم توزيع استبيانات ورقية عليهم تحتوي على معلومات شخصية واجتماعية مثل العمر والجنس والمردود المادي، والوزن والطول وغيرها. تم توزيع عبوات بلاستيكية ذات فوهة واسعة مع أغطية على الأطفال قبل يوم من جمع العينات، وتم إعطاء تعليمات حول كيفية جمع عينات البراز بشكل نظيف وتجنب التلوث. تم تسجيل وقت جمع العينات.

معايير استبعاد العينات:

تم استبعاد المرضى الذين تلقوا علاجًا مضادًا للأوالي أو الفطور أو مطهر معويًا خلال أسبوعين قبل جمع العينة. تم أيضًا استبعاد بعض عينات أطفال المدرسة التي تم جمعها قبل يوم كامل من إحضار العينة.

طريقة العمل:

تم جمع البيانات باستخدام استبيان أُجري مع أولياء الأمور مباشرة أو تعبئته من قبلهم في منازلهم. تم توزيع وجمع عينات البراز في صباح اليوم الثاني بعد إعلام الأطفال وذويهم بكيفية جمعها باستخدام علب براز نظيفة ومعلمة. تم أيضًا إجراء الفحص الفيزيائي للبراز، بما في ذلك فحص القوام والشكل واللون والرائحة. وتم أيضًا الفحص

المجهري للبراز باستخدام فحص العرض الرطب بالملح وفحص اليود لتحسين رؤية التفاصيل المورفولوجية لبيوض وكيسات الطفيليات.

(أ) فحص العرض الرطب بالملح: يتم تجانس البراز في محلول ملحي، ثم يُوضع قطرة كبيرة على شريحة زجاجية وتُغطى بغطاء زجاجي. بعد ذلك، يتم فحصها تحت المجهر الضوئي. يتم الفحص بواسطة العدسة المكبرة X10 أولاً لمراقبة الجزيئات الكبيرة والخلايا وبيوض الديدان والطفيليات، ثم باستخدام العدسة المكبرة X40 لاستكمال الاختبار.

(ب) فحص اليود: يعمل محلول اليود على تحسين رؤية التفاصيل المورفولوجية لبيوض وكيسات الطفيلي نظراً لتلوينه للجلايكوجين فيها. يتم تجانس البراز في قطرة من اليود موضوعة على شريحة زجاجية وتُغطى بغطاء زجاجي. بعد ذلك، يتم فحصها تحت المجهر الضوئي [14].

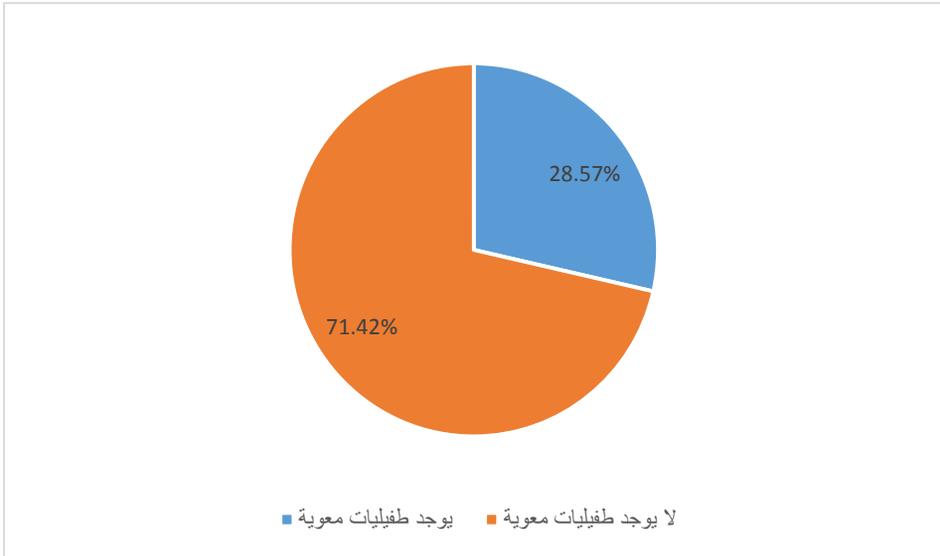
التحليل الإحصائي:

تم فحص البيانات للتحقق من اكتمالها واتساقها، ثم تم ترميزها باستخدام برنامج Excel وإدخالها في برنامج SPSS الإحصائي إصدار 25 للتحليل. تم حساب التحليل الوصفي لوصف البيانات الاجتماعية والديموغرافية وتم تقديمها من خلال الجداول والأشكال. تم استخدام برنامج SPSS 25 لتقدير الأهمية الإحصائية للارتباطات بين العوامل الديموغرافية الاجتماعية والإصابة بالطفيليات باستخدام اختبار الاستقلالية مربع كاي. تم اعتبار القيم النوعية الأقل من 0.005 علامة إحصائية معنوية.

النتائج والمناقشة:

انتشار الإصابة الطفيلية المعوية:

تمت دراسة فحص البراز لـ 139 طفلاً، وأظهرت النتائج وجود 39 عينة إيجابية أي بنسبة 28.57%. وكان هناك أربعة أطفال مصابين بأكثر من نوع واحد من الطفيليات المعوية. (مخطط رقم 1)



مخطط رقم 1: نسبة انتشار الطفيليات المعوية لدى أطفال حمص وريفها

تمت مقارنة هذه النتائج مع دراسات سابقة داخل الجمهورية العربية السورية، حيث تقاربت هذه النتيجة مع دراسة أجريت عام 2018 في مدينة حمص حيث بلغت نسبة الإصابة بالطفيليات والفطريات المعوية 27.21% [15]. كما تقاربت مع دراسة أخرى

أجريت على تلاميذ مرحلة التعليم الأساسي في عدة في محافظات سورية خلال فترة ما بين 2006 و2011 حيث بلغت نسبة الإصابة 31.07 % [16]. في حين ارتفعت الإصابة الطفيلية المعوية إلى 51.60% في ريف محافظة الرقة عام 2013 [17]. وانخفضت إلى 19.35% في دمشق عام 2007 [18].

تمت مقارنة هذه النتائج مع دراسات سابقة خارج الجمهورية العربية السورية، حيث اقتربت هذه النتيجة مع نتيجة دراسة مدينة كربلاء في العراق حيث بلغت نسبة الإصابة الطفيلية المعوية 36.93% [19]، وكذلك اقتربت من دراسة في تركيا بلغت 31.8% [20]، ومن دراسة في ولاية تاميل نادو في الهند 36% [21]، في حين ارتفعت الإصابة الطفيلية المعوية إلى 63.06% في ريف كربلاء [19]، و42% في البرازيل [22]، و44.3% في إثيوبيا [23]. و63% في ولاية أندرابراتيش في الهند [24]، في حين انخفضت نسبة الإصابة الطفيلية المعوية إلى 11.4% في ولاية أوتارننتشال في الهند [25].

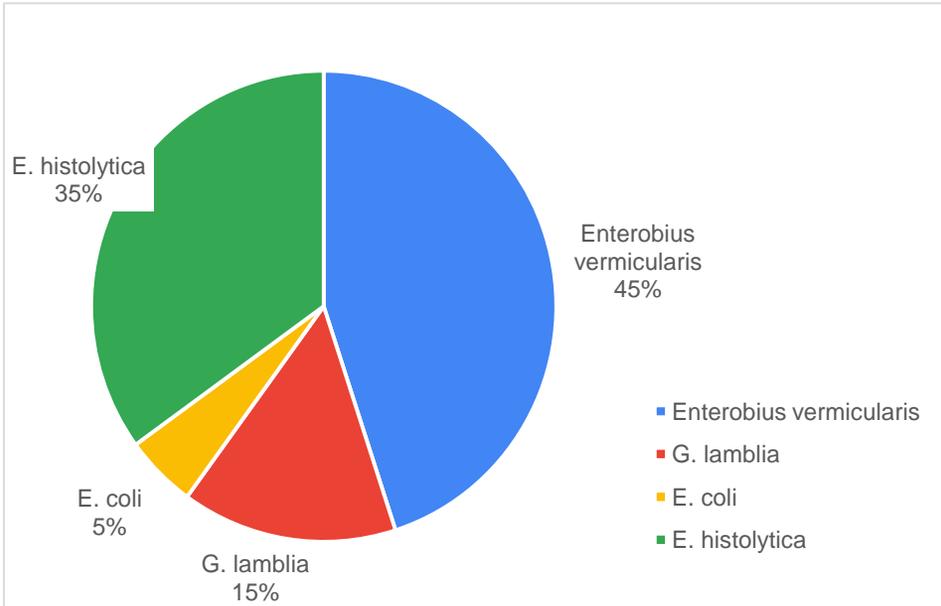
قد تعزى هذه الاختلافات في النتائج على عدة عوامل، مثل التباين في الخصائص الاجتماعية والديموغرافية للمشاركين والظروف المناخية والبيئية للمناطق المدروسة والفترة الزمنية التي أجريت فيها الدراسة.

على الرغم من تراجع الظروف الصحية في بعض المناطق في حمص، إلا أنه لم يلاحظ انتشار للطفيليات المعوية بنسب كبيرة، وقد كانت هذه النسب قريبة من نسبة انتشار الطفيليات في بعض المحافظات السورية قبل الأزمة.

أنواع الإصابات المعوية المدروسة:

كشفت النتائج عن وجود أربعة أنواع مختلفة من الطفيليات المعوية في المجموعة المدروسة. كانت نسبة الإصابة الأعلى تعود إلى طفيلي السرمية الدويدية المعروف أيضاً بـ "الحرص" *Enterobius vermicularis* بمجمل 18 حالة وبنسبة 45%، تليها الإصابة بالمتحولة الحالة للنسج *histolytica Entamoeba* بمجمل 14 حالة وبنسبة 35%، ثم الجيارديا *lamblia Giardia* بمجمل 6 حالات وبنسبة 15%، وأخيراً المتحولة القولونية *coli Entamoeba* بمجمل حالتين وبنسبة 5%. تم العثور أيضاً على 12 عينة تحتوي الفطور *candida*، ولكن لم تشمل هذه الدراسة الحالات الفطرية.

تم أيضاً ملاحظة إصابات ثنائية النوع بالطفيليات، حيث وجدت عينتان تحوي المتحولة الحالة للنسج والجيارديا معاً، وعينتان تحوي المتحولة الحالة للنسج والفطور معاً، وعينتان تحوي المتحولة الحالة للنسج و *E.Coli* معاً. مخطط رقم 2



مخطط رقم 2: أنواع الطفيليات المعوية

تشير النتائج إلى تشابه نسب الإصابة بالجيardia (15%) مع دراسات سابقة في مناطق مختلفة. تقترب النسبة من الدراسات التي أجريت في ريف محافظة الرقة (12.92%) [17] وتركيا (11.9%) [26]، ولكنها ارتفعت مقارنة بدراسة في حمص (8.1%) [15] ودراسة عامة في سوريا (8.84%) [16] ودراسة في السعودية (6.5%) [27]. بالمقابل، انخفضت النسبة بالمقارنة مع دراسة في العراق حيث سجلت أعلى نسبة إصابة بالجيardia (37%) [19].

تتم العدوى بالجيardia عبر شرب المياه الملوثة، وتلعب إمدادات المياه دورًا مهمًا في انتقال هذا الطفيلي. سُجلت العديد من حالات انتشار الجيardia بسبب تلوث إمدادات المياه البلدية بالنفايات البشرية [28]. تم عزل أكياس الجيardia من إمدادات المياه في مناطق مختلفة حول العالم، وتعتبر الجيardia من الأمراض التي يمكن نقلها عبر المياه [29].

تعد الجيardia من الأولي المهمة الممرضة لدى الأطفال في سوريا ويرجع ذلك ولو جزئياً إلى أن أكياسها تبقى معدية في المياه المعالجة بالكلور لمدة تصل إلى ثلاثة أشهر، ولهذا السبب، توصي الجمعية الأميركية بمعالجة المياه باستخدام الأشعة فوق البنفسجية للقضاء على الجيardia. حيث إن نسبة الكلور المضافة والمسموح بها من قبل منظمة الأغذية والزراعة العالمية FAO، غير كافية لقتل الأكياس [30].

تشير النتائج إلى تشابه نسبة الإصابة بالطفيلي المتحولة الحالة للنسج (35%) في هذه الدراسة مع دراسة سابقة أجريت في العراق حيث بلغت تقريبا 35.93% [19]. في المقابل، انخفضت نسبة الإصابة إلى 0.1% في الرقة [17]، وإلى 0.14% في دراسة عامة في سوريا [16]، كدراسة الإسماعيل وكفري 2011 حيث أنهم لم يشخصوا أي حالة في القلمون وحماة وبلغت في ادلب 1% [31]، و 8.2% في السعودية [27]،

وبلغت نسبته 11.9% في إثيوبيا حيث كان الطفيلي السائد في تلك الدراسة [23]. في حين لم تظهر أي نتيجة إيجابية للمتحولة الحالة للنسج في دراسة سابقة في حمص [15].

على الرغم من تراجع انتشارها بشكل كبير جدا لدرجة الصفر في بعض الدراسات السابقة، إلا أن هذه الدراسة رصدت 14 حالة إصابة، منها حالتان إصابة شديدة تطورت إلى حالة التهاب أمعاء زحاري، وظهر في التحليل المجهرى كرات دم حمراء. كانت غالبية حالات الإصابة في مركز إيواء بابا عمرو، مما يشير إلى عودة انتشار هذا الطفيلي نتيجة لحركة الهجرة والانتقال من سكن لآخر.

فيما يتعلق بطفيلي الحرقص (45%)، تمت دراسة نسب الإصابة في مناطق مختلفة، حيث انخفضت نسبة الإصابة إلى 1.3% في دراسة أجريت في حمص [15]، 0.41% في دراسة أجريت في الرقة [17]، و 0.43% في دراسة عامة في سوريا [16]. وفي دراسة أجريت في السعودية، وجد أن نسبة الإصابة بالحرقص بلغت 1.6% [27]. أما في تركيا، فقد وصلت النسبة إلى 18.2% [26].

من المعروف أنه نادراً ما يمكن رؤية بيوض السرمية الدويدية في البراز، لذا يعتمد تشخيص الإصابة بها عادةً على اختبار الشريط اللاصق، حيث إن الإناث تهاجر ليلاً لمخاطية الشرج وتضع بيوضها على هامش المخاطية. ولكن في هذه الدراسة، اعتمدنا على الأعراض السريرية مثل الحكّة الشرجية التي تزداد ليلاً ورؤية الديدان بالعين المجردة من قبل الأمهات ووصفهم لشكل الدودة. لهذا من الضروري الإشارة إلى أن نسبة انتشار السرمية الدويدية في الدراسات السابقة المعتمدة على تحليل البراز قد تكون أعلى من التي وجدوها.

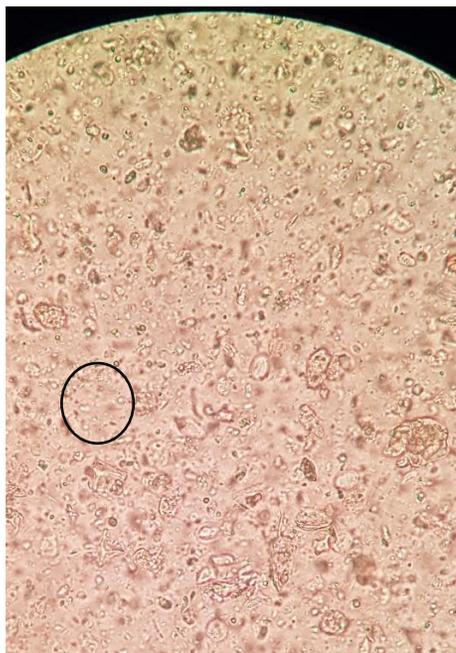
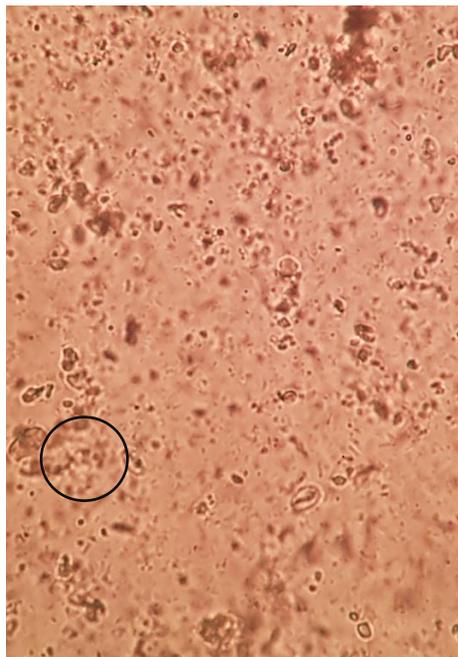
يعتبر داء الأمعاء منتشرًا في جميع أنحاء العالم، وغالبًا ما يصيب الأطفال في سن المدرسة [32]. تنتقل عدوى السرمية الدويدية عن طريق اليد إلى الفم أو مباشرة من شخص لآخر. يمكن أن يكون معدل الانتشار الحالي نتيجة لعدم النظافة الجيدة مثل عدم غسل اليدين بالصابون بعد استخدام المراض وقبل تناول الطعام. هذه الممارسات غير الصحيحة يمكن أن تكون أحد أسباب العدوى الذاتية. ويمكن أيضًا تفسير ارتفاع معدل الانتشار بواسطة طبيعية الطفيليات الشديدة العدوى.

تظهر النسب المتقاربة لإصابة بطفيلي *Entamoeba coli* (5%) في دراسات سابقة على مستوى عدة مناطق. ففي السعودية سجلت نسبة إصابة بلغت 4.0% [27]، فيما وصلت إلى 7.9% في دراسة أجريت في تركيا [26]، وإلى 8% في دراسة أجريت في مدينة إدلب [33]. ومن ناحية أخرى، ارتفعت نسبة الإصابة إلى 47.5% في ريف إدلب. بينما انخفضت النسبة إلى 1.4% عند أطفال مدينة دمشق [34].

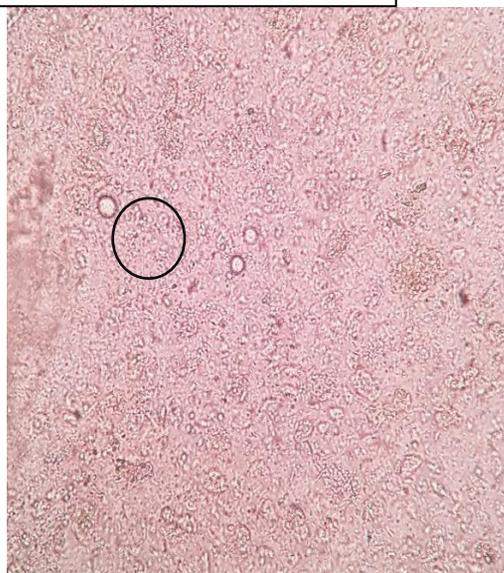
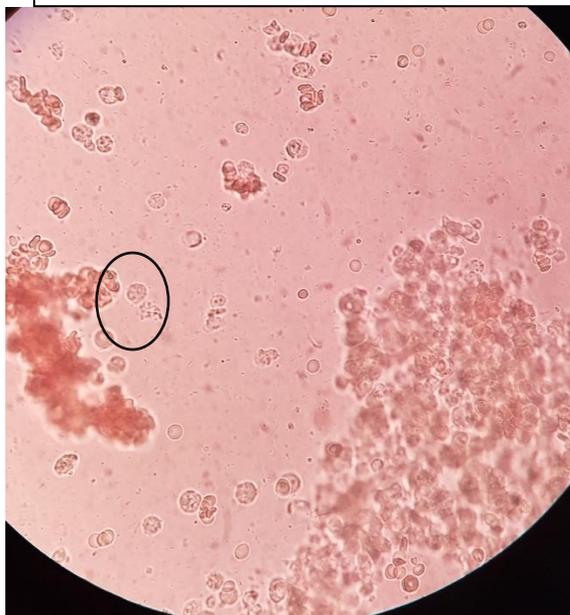
أما الطفيليات التي لم تدرس في هذه الدراسة وظهرت في دراسة سابقة في حمص عام 2018 هي حالتان اسكارييس *lumbricoides Ascaris* بنسبة 0.9% وثلاث حالات من محرشفة الغشاء القزمية *trichiura Truchuris* بنسبة 1.3% [15]

على الساحة العالمية، أظهرت دراسة في نيجيريا وجود انتشار لأنواع أخرى من الطفيليات لم يتم رصدها في الدراسة الحالية، مثل *lumbricoides Ascaris* و *Hookworm* و *trichiur Trichuris* [35]

وكذلك طفيلي *A. Duodenale* في ريف ومدينة كربلاء في العراق [19].



شكل رقم 1: أكياس الجيارديا *lamblia Giardia* باستخدام عدسة مجهر $40\times$



مجهر شكل رقم 2: أكياس الزحار *histolytica Entamoeba* باستخدام عدسة مجهر تكبير

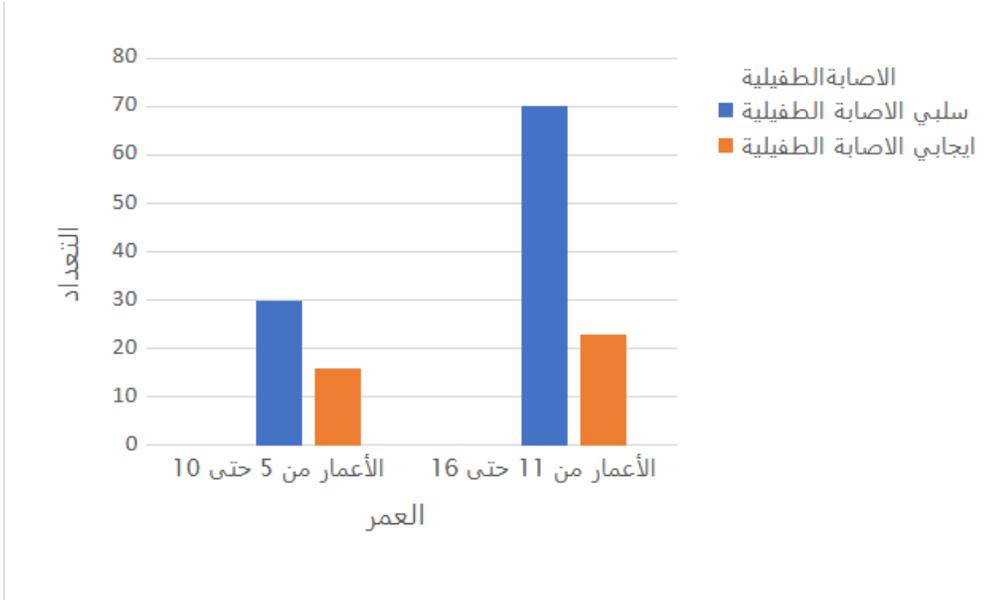
انتشار الإصابة الطفيلية المعوية حسب الصفات الاجتماعية الديموغرافية:

توزع عينة الدراسة وفق العمر:

تم تصنيف العينة في دراستنا بناءً على العمر إلى مجموعتين رئيسيتين. تضم مجموعة الأعمار الصغرى الأفراد الذين تتراوح أعمارهم بين 5 و10 سنوات، بينما تضم مجموعة الأعمار الأكبر الأفراد الذين تتراوح أعمارهم بين 11 و16 سنة. تكونت غالبية عينة الدراسة من الفئة العمرية الأكبر (11-16 سنة) بمجملة 93 من أصل 139 فرد.

تشير النتائج الإحصائية في دراستنا إلى عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين الإصابة بالطفيليات المعوية والعمر. حيث كانت نسبة الإصابة بالطفيليات المعوية 11.5% في مجموعة الأعمار الصغرى، بينما كانت 16.5% في مجموعة الأعمار الأكبر، وكانت هذه الاختلافات غير ذات دلالة إحصائية $P=0.215$. (مخطط رقم 3)

تباينت هذه النتائج مع دراسات سابقة، حيث وجدت دراسة أجريت على الأطفال في نيجيريا [35] ومنطقة الأحساء في السعودية [27] علاقة إيجابية بين الإصابة بالطفيليات المعوية والعمر. وأظهرت دراسة أجريت في مصر أن العدوى بالطفيليات المعوية كانت أكثر شيوعاً في مرحلة ما قبل المدرسة مقارنة بالأطفال في مرحلة المدرسة [36]. بينما في دراسة في المكسيك أظهرت ارتباط بين الإصابة الطفيلية والعمر حيث كانت الإصابة الطفيلية أعلى بين أطفال المدارس مقارنة أطفال ما قبل المدرسة [38].



مخطط رقم 3: العلاقة بين الإصابة الطفيلية المعوية والعمر

توزيع عينة الدراسة وفق الطول:

تم تقسيم عينة الدراسة بناءً على طول المشاركين إلى ثلاث مجموعات مختلفة. تمثلت أقصر مجموعة في الأفراد الذين كان طولهم يبلغ 130 سم أو أقل، بينما تمثلت أطول مجموعة في الأفراد الذين كان طولهم يبلغ 151 سم أو أكثر، تمثلت المجموعة الوسطى في الأفراد الذين كان طولهم بين 131 سم و150 سم.

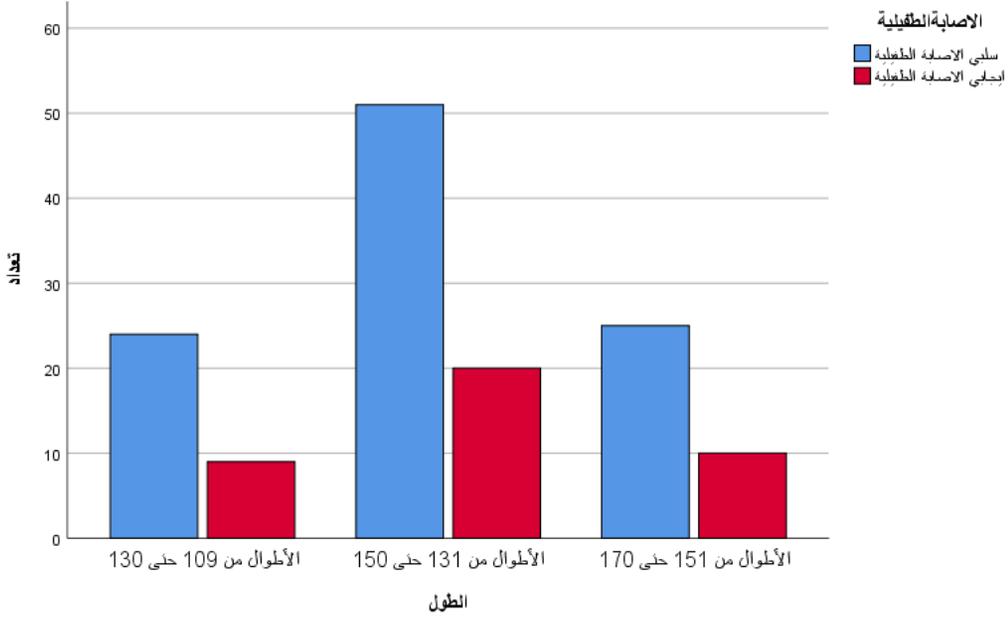
شملت الأغلبية العظمى من العينة المشاركة المجموعة المتوسطة من حيث الطول بين 131 سم و150 سم، وتكونت هذه المجموعة من 71 فرداً من إجمالي 139 شخصاً.

(مخطط رقم 4)

توضح النتائج باستخدام اختبار الارتباط الثنائي أنه لم تكن هناك علاقة إحصائية ملموسة بين الإصابة بالطفيليات المعوية والطول ($P=0.992$). بالإضافة إلى ذلك، لم تظهر أي ارتباط معنوي بين متوسط الأطوال للأشخاص المصابين بالطفيليات المعوية (142.51 سم) ومتوسط الأطوال لأولئك الذين لم يُصابوا بالطفيليات المعوية (140.73 سم) باستخدام اختبار *way anova one* والقيمة الناتجة كانت $P=0.542$.

تشير نتائج دراسات سابقة إلى إمكانية وجود تأثير للإصابة بالطفيليات المعوية على الطول لدى الأطفال، وذلك نتيجة تأثيرها على امتصاص المواد الغذائية ونقص العناصر الدقيقة في الجسم. حيث أظهرت سلسلة من المسارات التي يمكن أن تؤدي إلى تأخر النمو في الطفولة نتيجة لإصابة الأم أو الطفل بالطفيليات وتغييرات في تركيب الكائنات الدقيقة في الجهاز الهضمي، وهذا قد يسهم في سوء التغذية والتأخر في النمو [39].

ومع ذلك، لم تكشف هذه الدراسة ارتباطاً معنوياً بين الإصابة بالطفيليات والطول، وقد يرجع ذلك إلى أن تأثير الإصابة بالطفيليات المعوية يظهر بشكل أوضح في مراحل الطفولة المبكرة أو عند حدوث الإصابات المتكررة والشديدة، وهو ما لم يكن ملحوظاً في الدراسة الحالية. لذلك من الضرورة إجراء بحوث مستقبلية على مدى سنوات لفهم هذا التأثير بشكل أفضل، ودراسة الأطوال والإصابة بالطفيليات لأفراد من نفس العمر لتحقيق نتائج أدق.



مخطط رقم 4: العلاقة بين الإصابة الطفيلية المعوية والطول

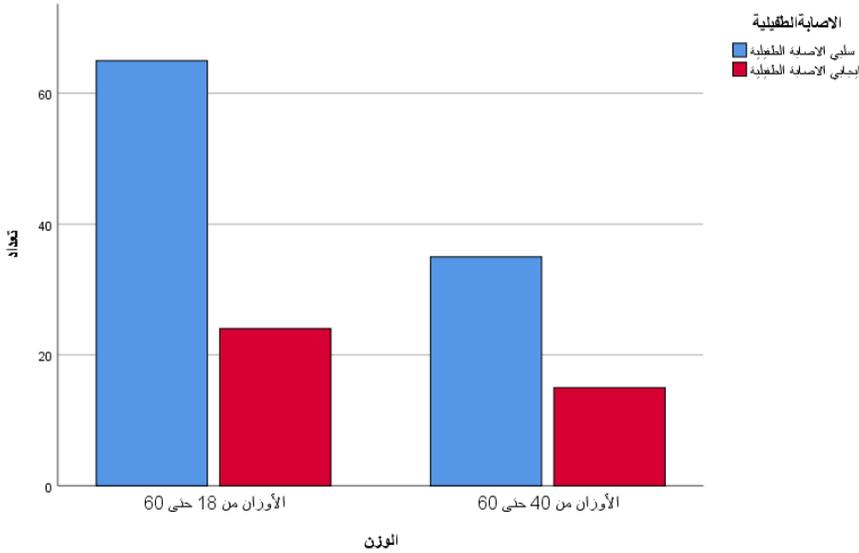
توزع عينة الدراسة وفق الوزن:

تم تقسيم عينة الدراسة استناداً إلى وزن المشاركين إلى مجموعتين، حيث تضمنت مجموعة الأقل وزناً الأفراد الذين يزنون بين 18 كغ و 39 كغ (N=89/139)، بينما تضمنت المجموعة الأكثر وزناً الأفراد الذين يزنون بين 40 كغ و 60 كغ (N=50/139). وقد تمثل غالبية عينة الدراسة في المجموعة ذات الأوزان الأقل، حيث بلغ عددهم 89 من أصل 139 فرداً. مخطط رقم 5

أظهرت النتائج أن نسبة انتشار الطفيليات المعوية كانت أكبر في المجموعة ذات الأوزان الأقل بنسبة 17.3%، بينما بلغت 10.8% في المجموعة ذات الأوزان الأكثر. وعلى

الرغم من ذلك، لم يظهر اختبار الارتباط الثنائي أي علاقة إحصائية دالة بين الإصابة بالطفيليات المعوية والوزن ($P=0.702$). كما أظهرت النتائج أنه لا يوجد ارتباط معنوي بين متوسط الأوزان للأفراد المصابين بالطفيليات المعوية (38.07 كلغ) ومتوسط الأوزان لأولئك الذين لم يُصوبوا بالطفيليات المعوية (37.35 كلغ) باستخدام اختبار *way one anova*، حيث كانت قيمة $P=0.695$.

تختلف هذه النتائج مع دراسة أُجريت في جنوب شرق نيجيريا، حيث كان التأخر في النمو ونقص الوزن أعلى في الأطفال غير المصابين بالطفيليات المعوية على الرغم من عدم وجود دلالة إحصائية واضحة [40]. إن الإصابات الطفيلية الأمعائية ليست السبب الوحيد في سوء التغذية لدى الأطفال، وهناك عوامل متعددة تلعب دوراً في سوء التغذية [40]. يمكن أن يكون الانتشار المنخفض للإصابات الطفيلية الأمعائية هو السبب في عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين سوء التغذية وانتشار الإصابات الطفيلية الأمعائية. تُشير هذه الدراسة إلى أن الانخفاض في معدل النمو (الوزن والطول) لم يكن مرتبطاً بالإصابة بالديدان الطفيلية الأمعائية في المنطقة المدروسة، ويمكن أن يكون ذلك ناتجاً عن مشكلات صحية أخرى وظروف الفقر.



مخطط رقم 5: العلاقة بين الإصابة الطفيلية المعوية والوزن

توزيع عينة الدراسة وفق الجنس:

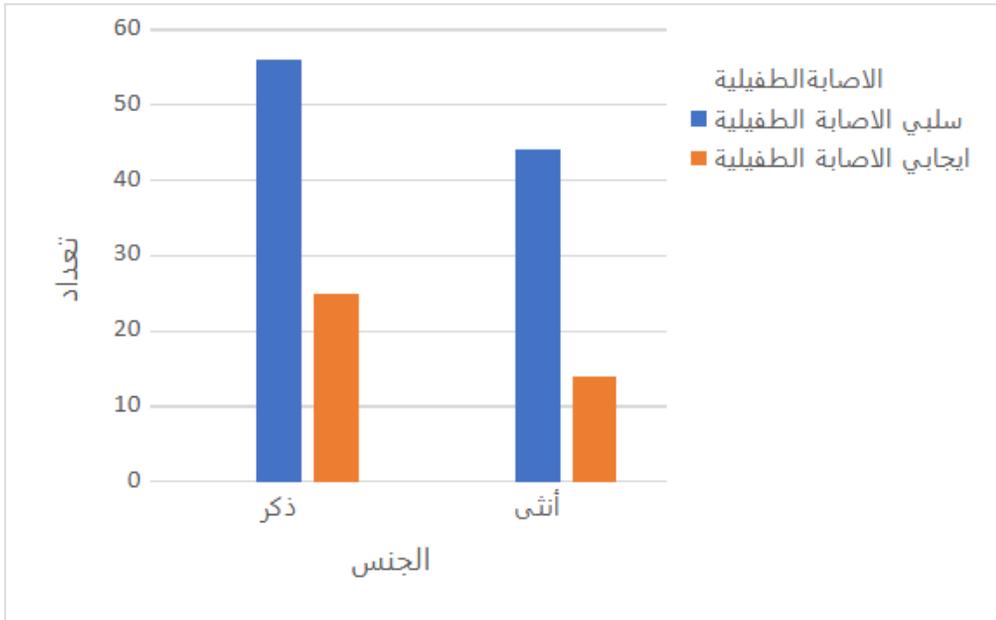
تم توزيع عينة الدراسة بناءً على الجنس إلى مجموعتين، حيث شملت 81 ذكرًا بنسبة 58.27% و58 أنثى بنسبة 41.72%. جدول رقم 2

أظهرت النتائج عدم وجود ارتباط إحصائي دال بين الإصابة بالطفيليات المعوية والجنس ($P=0.384$). وذلك بناءً على أن نسبة الإصابة بين الإناث بلغت 10.1% (32 أنثى)، وكانت نسبة الإصابة بين الذكور 18% (37 ذكر). مخطط رقم 6

تتفق هذه النتائج مع دراسة سابقة أجريت في نيجيريا [35]، حيث وجد أن انتشار الطفيليات المعوية متساويًا بين الجنسين لدى الأطفال المشاركين في الدراسة. وكذلك لم

تظهر علاقة إحصائية معنوية بين جنس الأطفال واحتمالية الإصابة بالعدوى الطفيلية المعوية في دراسة في مصر [36]. بينما اختلفت النتائج عن دراسة أخرى في مصر أظهرت معدلات أعلى للإصابة بالعدوى الطفيلية المعوية بين الذكور [37].

يُظهر ذلك أن زيادة فرص التعليم الإناث وتوفير فرص لهم للانضمام إلى المدارس تقلل الفارق في احتمالية الإصابة بالعدوى الطفيلية المعوية بناء على الجنس.



مخطط رقم 6: العلاقة بين الإصابة الطفيلية المعوية والجنس

توزيع عينة الدراسة وفق السكن:

تم توزيع عينة الدراسة وفقاً للسكن إلى ثلاث مناطق رئيسية، وهي المدينة، الريف، ومراكز الإيواء مع المخيمات. بلغت نسبة سكان المدينة في العينة 47.48% (66 من 139 شخصاً)، في حين بلغت نسبة سكان الريف 12.94% (18 من 139 شخصاً)، وبلغت نسبة سكان مراكز الإيواء والخيم 39.56% (55 من 139 شخص). جدول رقم

2

أظهرت النتائج وجود ارتباط واضح بين الإصابة بالطفيليات المعوية ومكان الإقامة ($P=0.000$). فقد كانت نسبة انتشار الطفيليات المعوية بين سكان المدينة 6.5%، بينما كانت نسب انتشارها بين سكان الريف 1.4%، وارتفعت بشكل كبير إلى 20.1% بين سكان مراكز الإيواء والخيم. مخطط رقم 7

كانت غالبية إصابات الجيارديا والمتحولة الحالة للنسج في مراكز الإيواء في حمص. أما في مخيمات اللاجئين فلم نجد أي عينة جيارديا أو المتحولة الحالة للنسج وذلك لسبب الزيارات المتكررة أسبوعياً من قبل منظمة تنظيم الأسرة لمخيمات اللاجئين وإعطائهم بشكل وقائي دورياً أدوية مضادة للطفيليات المعوية للأطفال بشكل خاص، أما السرمية الدويدية فقد تواجدت بشكل أكبر في مخيمات اللاجئين مع تكرار الإصابة بها لدى نفس الطفل حتى بعد إعطائه العلاج المناسب لها. وهذا يعود إلى الطبيعة شديدة العدوى الذاتية للسرمية الدويدية. جدول رقم 1

جدول رقم 1: أنواع الطفيليات المعوية وفق السكن:

لا يوجد طفيليات	السرمية الدويدية	جيارديا	المتحولة الكولونية	المتحولة الحالة للنسج	
57 (57%)	0	2 (33.3%)	1 (100%)	6 (42.9%)	المدينة
16 (16%)	0	0	0	2 (14.3%)	الريف
27 (27%)	18 (100%)	4 (66.7%)	0	6 (42.9%)	إيواء وخيم
100%	100%	100%	100%	100%	مجموع النسب
37.480					Chi- Quadrat
0.000					P-Value

أظهرت البيانات وجود علاقة إحصائية بين مكان الإقامة في المناطق الريفية وحدث الإصابة بالعدوى الطفيلية المعوية في الأطفال المدروسين في مصر [36]، وهذا يتماشى مع التقارير السابقة في البلدان النامية [41، 42].

بينما في بحث أعد في السعودية في منطقة الإحساء أظهرت النتائج أنه لا يوجد فرق ملحوظ بين الإصابة بالعدوى الطفيلية فيما يتعلق بمكان إقامة المدرسة [27]. حيث ذكرت هذه الدراسة أنه ليس دائماً العلاقة بين انتشار الإصابة بالعدوى الطفيلية والمناطق الحضرية الريفية إيجابية سواء في السعودية أو في الدول النامية الأخرى. على سبيل المثال أظهرت دراسات سابقة أن معدلات الإصابة بالعدوى الطفيلية في المدارس الحضرية كانت أعلى من تلك الموجودة في المدارس الريفية في الرياض والمنطقة الغربية في كويا [43، 44].

الفرق الطفيف بين انتشار الطفيليات المعوية لدى سكان المدينة والريف قد يكون بسبب تداخل المناطق الحضرية والريفية جغرافيا مع ظروف معيشية وأسلوب حياة متشابهة إلى حد ما في محافظة حمص. وقد يكون سبب انخفاض معدل انتشار العدوى الطفيلية للأشخاص المقيمين في المدن والريف مقارنةً مع الإقامة الريفية هو المشاركة النشطة في برامج التخلص من الديدان التي تنظمها المدارس والحكومات والاستخدام الصحي للمراحيض. ونسبة الانتشار الأعلى في مراكز الإيواء والخيم قد تكون بسبب استخدام روث الحيوانات كسماد، واستخدام موارد المياه المفتوحة لأغراض الحياة اليومية. وكذلك سوء الصرف الصحي في بيئة الانتشار، وصعوبة الوصول إلى مياه الشرب النظيفة، ونقص الصرف الصحي الكافي، وارتفاع معدلات التلامس مع الحيوانات، بالإضافة إلى التجمع السكاني الأعلى في منطقة محدودة يزيد من قابلية انتشار العدوى الطفيلية. وقد تم تسجيل جميع هذه العوامل مسبقا كعوامل خطر للإصابة بالعدوة الطفيلية المعوية.

توزيع عينة الدراسة وفق حجم الأسرة:

تم تقسيم العينة المدروسة إلى ثلاث مجموعات استناداً إلى عدد أفراد الأسرة. المجموعة الأولى تضم عائلات تحتوي على أربعة أفراد أو أقل ($N=23$)، المجموعة الثانية تمثل غالبية العينة وتتألف من عائلات تتراوح أعدادها بين خمسة وثمانية أفراد ($P=98$)، والمجموعة الثالثة تتألف من عائلات تحتوي على تسعة أفراد أو أكثر ($N=18$). جدول رقم 2

كان انتشار الإصابة الطفيلية المعوية حسب عدد أفراد الأسرة من المجموعة الأصغر عدد إلى الأكبر عدد 7.2%، 15.1%، 5.8% على التوالي. توجد علاقة إحصائية بين عدد أفراد الأسرة وانتشار الإصابة الطفيلية المعوية ($P=0.027$). حيث تبين أن العائلات ذات عدد الأفراد بين خمسة وثمانية فرد هي أكثر إصابة بالطفيليات المعوية.

هذه النتيجة تتطابق مع دراسة أجريت في منطقة الأحساء في السعودية [27]. كما أظهرت بعض الدراسات [45، 46] أن زيادة عدد أفراد الأسرة ترتبط بزيادة تكرار الإصابة بالعدوى الطفيلية المعوية. على سبيل المثال، وُجد أن وجود خمسة أفراد أو أكثر في الأسرة يترتب عليه زيادة في خطر الإصابة، وذلك قد يعزى إلى الاحتكاك الوثيق داخل المنازل المزدحمة وزيادة انتقال العدوى داخل الأسرة. من ناحية أخرى، أفادت دراسة أخرى بأن حجم الأسرة لا يؤثر بشكل ملحوظ على معدل الإصابة بالعدوى الطفيلية [47].

جدول رقم (2): نسب انتشار الإصابة الطفيلية المعوية وفق الصفات الاجتماعية الديموغرافية:

الصفات الاجتماعية الديموغرافية	انتشار الطفيليات
العمر	
$10-5 \leq (N=46)$	11.5%
$16-11 \leq (N=93)$	16.5%
square value Chi	1.540
P-value	0.215

الطول	
(N=33) $\leq 130-109 \geq$	%6.5
(N=71) $\leq 150-131 \geq$	%14.4
(N=35) $\leq 170-151 \geq$	%7.2
square value Chi	0.015
P-value	0.992
الوزن	
(N=89) $\leq 40-18 \geq$	%17.3
(N=50) $\leq 60-40 \geq$	%10.8
square value Chi	0.146
P-value	0.702

الجنس	
ذكر (N=81)	%18
أنثى (N=58)	%10.1
square value Chi	0.758
P-value	0.384
الإقامة	
المدينة (N=66)	6.5%
الريف (N=18)	1.4%
مراكز إيواء وخيم (N=55)	20.1%
square value Chi	23.589
P-value	0.000

عدد أفراد الأسرة	
members(N=23)4≤	%7.2
members(N=98)8-5	%15.1
members(N=18)9≥	%5.8
square value Chi	7.238
P-value	0.027

انتشار الإصابة الطفيلية المعوية وفق المستوى العلمي للأبوين:

تم تقسيم عينة الدراسة إلى خمس مجموعات وفقاً لمستوى تعليم الآباء. حيث كانت نسبة انتشار الطفيليات المعوية حسب مستوى التحصيل العلمي للآباء كالتالي: الذين لم يملكو شهادة 14.4%، و الذين امتلكو شهادة ابتدائية 1.4%، وشهادة إعدادية 0.0%، وشهادة ثانوية 5.8%، وشهادة جامعية 6.5%.

بالإضافة إلى ذلك، تمت دراسة مستوى التحصيل العلمي للأمهات، حيث كانت نسبة انتشار الطفيليات المعوية حسب مستوى التحصيل العلمي للأمهات كالتالي: الأمهات اللواتي لم يملكن شهادة 18.7%، واللواتي امتلكن شهادة ابتدائية 0.00%، وشهادة إعدادية 0.00%، وشهادة ثانوية 7.2% وشهادة جامعية 2.2%.

اتضح وجود ارتباط إحصائي قوي بين مستوى التحصيل العلمي للأبوين وانتشار الإصابة الطفيلية المعوية لدى الأطفال ($P > 0.005$). حيث إن عدم امتلاك الأبوين شهادة دراسية مرتبط أكثر بالإصابة الطفيلية المعوية لدى الأطفال. وذلك قد يكون بسبب أن

زيادة تعلم الوالدين يزيد من إدراك أهمية النظافة والفحوصات الدورية لأبنائهم وتعليمهم أساليب النظافة الصحيحة.

هذه النتائج تتعارض مع دراسة أجريت في مصر [36] وفي جنوب غرب اثيوبيا [41]، حيث لم يكن لمستوى تعليم الآباء أي تأثير على معدلات إصابة أطفالهم بالعدوى الطفيلية المعوية.

بينما في دراسة في الإحساء كان التعليم الأمومي الأعلى مرتبطاً بانخفاض معدل انتشار الإصابة بالعدوى الطفيلية ولم يكن لمستوى التعليم الأبوي دور مهم فيما يتعلق بالأمراض الطفيلية [27]. وكذلك في دراسة أجريت في المكسيك لم يكن لمستوى التحصيل العلمي للأبوين ارتباطاً بالإصابة الطفيلية [47].

انتشار الإصابة الطفيلية وفق مهنة الأبوين:

تم دراسة مهنة كل من الأبوين في هذه الدراسة، وقد تبين وجود ارتباط إحصائي بين مهنة الآباء وانتشار الإصابة بالطفيليات المعوية. نسب انتشار الإصابة بالطفيليات المعوية وفقاً لمهن الآباء على النحو التالي: 5.0% للآباء الموظفين بالقطاع الحكومي، 2.9% للآباء العسكريين، 2.9% للآباء المفقودين أو المتوفين، 11.5% للآباء العاملين بالزراعة، 5.8% وللآباء ذوي المهن الحرة.

بالإضافة إلى ذلك، تم دراسة مهنة الأمهات وتأثيرها على انتشار الطفيليات المعوية. نسب انتشار الطفيليات المعوية وفقاً لمهنة الأمهات كالتالي: 2.2% للأمهات الموظفات في القطاع الحكومي، 11.5% للأمهات اللواتي يعملن كربات منزل، 2.9% للأمهات غير المتواجدات أو المتوفيات، 11.5% للأمهات العاملات في الزراعة، 0.00% للأمهات ذوات المهن الحرة.

تبين أن انتشار الإصابة الطفيلية المعوية مرتبطة مع عمل الآباء والامهات بالزراعة بالإضافة لعمل الأمهات كربات منزل.

تم العثور على علاقة معنوية بين انتشار الإصابة الطفيلية المعوية ووضع الأمهات المهني في دراسة أجريت في منطقة الاحساء في السعودية. حيث لوحظ انتشار أعلى بين الأطفال الذين أمهاتهم يعملن [27].

جدول رقم (3): نسب انتشار الإصابة الطفيلية المعوية وفق مستوى دراسة ومهنة كلا الأبوين

المستوى التحصيل العلمي ومهنة الأبوين	انتشار الطفيليات
مستوى التحصيل العلمي للأب	
(N=50) لا يوجد شهادة	14.4%
(N=9) شهادة ابتدائية	1.4%
(N=16) شهادة اعدادية	0.00%
(N=29) شهادة ثانوية	5.8%
(N=35) شهادة جامعية	6.5%
square value Chi	10,023
P-value	0.040

مهنة الأب	
(N=22) موظف لدى الدولة	%5.0
(N=12) عسكري	%2.9
(N=10) مفقودا متوفى	%2.9
(N=31) يعمل في الأرض اراعي	%11.5
(N=64) مهنة حرة	%5.8
square value Chi	17.222
P-value	0.002

مستوى التحصيل العلمي للأم	
لا يوجد شهادة (N=59)	%18.7
شهادة ابتدائية (N=7)	%0.00
شهادة اعدادية (N=15)	%0.00
شهادة ثانوية (N=25)	%7.2
شهادة جامعية (N=33)	%2.2
square value Chi	23.720
P-value	0.000

مهنة الأم	
موظفة لدى الدولة (N=28)	%2.2
ربة منزل (N=66)	%11.5
غير متواجدة امتوفى (N=6)	%2.9
تعمل في الأرض (N=26)	%11.5
مهنة حرة (N=13)	%0.00
square value Chi	28.588
P-value	0.000

ارتباط الإصابة الطفيلية المعوية وفق عادات الطفل:

تظهر هذه الدراسة أن هناك تأثيراً كبيراً لعادات الأطفال على الإصابة بالطفيليات المعوية. أظهرت الدراسة أن هناك ارتباطاً إيجابياً يرتبط بشكل واضح بين مصدر مياه الشرب وعدم غسل اليدين قبل وبعد تناول الطعام وعدم غسل الخضار والفواكه والتعامل مع الحيوانات مع حدوث الإصابة بالطفيليات المعوية ($P=0.000$).

يشابه هذا الاكتشاف دراسة أجريت في الهند، حيث ارتفع معدل انتشار الإصابة بالطفيليات المعوية بشكل أكبر بين أولئك الذين لم يلتزموا بعادات غسل اليدين قبل تناول الطعام وبعده وبين الذين لم يلتزموا بالنظافة بعد استخدام دورات المياه. وقد تم العثور

على ارتباط ذو دلالة إحصائية بين الإصابة بالطفيليات المعوية والتغوط في الحقول المفتوحة وعدم الامتثال لعادات غسل اليدين بشكل جيد في هذه الدراسة [21]. تتسق هذه النتائج أيضًا مع دراسة أجريت في مصر، حيث وُجد أن هذه العادات مرتبطة بشكل كبير مع الإصابة بالطفيليات المعوية لدى الأطفال في المنطقة المدروسة [36]. وكذلك تتوافق مع دراسة في منطقة الإحساء في السعودية [27].

وكان من المتوقع ذلك نظرا لأن العديد من الطفيليات يتم نقلها عن طريق العدوى المائية (مثل الانتميبا هيستوليكيا والجيارديا اللمبليا) والديدان الطفيلية تتعلق بالتربة (مثل اسكاريس لومبريكويدس والسنارة) [36].

يُعتبر الحيوانات الأليفة وغيرها من الحيوانات مستودعات طبيعية للعديد من الطفيليات، فقد وُجد أن وجود الحيوانات الأليفة في المنزل يترافق بشكل كبير مع الإصابة بالطفيليات المعوية لدى الأطفال في دراسة أجريت في مصر [36]. يجب علينا أيضًا الإشارة إلى أن الكلاب والقطط يمكن أن تكون مصدرًا للعديد من الطفيليات الزونوتية، بما في ذلك جيارديا لامبليا [48]. ومع ذلك، يجب ملاحظة أنه لم يتم العثور على علاقة معنوية بين وجود الحيوانات الأليفة في المنزل والإصابة بالطفيليات المعوية في منطقة الأحساء في السعودية [27].

أظهرت دراسة في مصر أن مصدر مياه الشرب مرتبط بالإصابة بالطفيليات المعوية [36]، بينما أظهرت دراسة في الأحساء أن مصدر مياه الشرب ليس له علاقة معنوية بالإصابة بالطفيليات المعوية [27].

نتيجة لهذه الاكتشافات، يجب زيادة الوعي بأهمية النظافة الشخصية وعادات غسل اليدين الصحيحة بين جميع الأطفال الذين يذهبون إلى المدرسة للمساهمة في تقليل حدوث الإصابة بالطفيليات المعوية لديهم.

أما بالنسبة للأعراض المعوية، يوجد ارتباط بين الإصابة الطفيلية المعوية والأعراض المعوية لدى الأطفال $P=0.000$ ونذكر منها، عرض صك الأسنان وخاصة لدى المصابين بالسرمدية الدويدية، والإسهال للمصابين بالمتحولة الحالة للنسج. [49]

جدول رقم (4): نسب انتشار الإصابة الطفيلية المعوية وفق عادات الطفل

انتشار الطفيليات	عادات الطفل
18.0%	مصدر مياه الشرب في المنطقة
10.1%	(N=125) أنابيب خزانات مياه معدنية
39.918	(N=14) آبار
0.000	square value Chi P-value
15.8%	غسل اليدين قبل الوجبات
2.9%	(N=28) نادرا
9.4%	(N=23) غالبا
44.386	(N=88) دائما
0.000	square value Chi P-value

غسل اليدين بعد الوجبات	
نادرا (N=26)	%17.3
غالبا (N=13)	%4.3
دائما (N=100)	%9.4
square value Chi	52.482
P-value	0.000
غسل الخضار والفواكه	
نادرا (N=28)	%18.7
غالبا (N=16)	%5.7
دائما (N=95)	%6.5
square value Chi	63.074
P-value	0.000
التعامل مع الحيوانات	
نادرا (N=92)	%12.2
غالبا (N=18)	%0.00
دائما (N=29)	%15.8
square value Chi	44.035
P-value	0.000

الأعراض المعوية	
(N=36) لا يوجد أعراض	%0.7
(N=20) يوجد عرض وحيد	%5.8
(N=83) يوجد أكثر من عرض	%21.6
square value Chi	15.500
P-value	0.000

الاستنتاجات Conclusion:

تم إجراء البحث لاستقصاء انتشار الأخماج الطفيلية المعوية وتأثير العوامل الاجتماعية والديموغرافية على انتشارها بين الأطفال في مدينة حمص وريفها. وجاءت الاستنتاجات كالتالي:

1. نسبة الإصابة بالأخماج الطفيلية المعوية بلغت 28.57%، وأعلى نسبة انتشار كانت للطفيلي السرمية الدويدية (الحرص) *Enterobius vermicularis* بنسبة 45%، تلتها الإصابة بـ *histolytica Entamoeba* بنسبة 35%، ثم *lamblia Giardia* بنسبة 15%، وأخيراً *coli Entamoeba* بنسبة 5%.

2. لم يتم ملاحظة انتشار واسع للأخماج الطفيلية المعوية على الرغم من تراجع الظروف الصحية في بعض المناطق.

3. كان لعدة عوامل مثل مكان الإقامة، نقص المياه النظيفة، عدم غسل اليدين قبل وبعد تناول الطعام، تناول الخضراوات غير المغسولة، وامتلاك الحيوانات الأليفة والمجتررة ارتباطاً بالإصابة بالأخماج الطفيلية المعوية.

4. مستوى التحصيل العلمي المتدني للآباء وأنواع مهنتهم، خاصة العمل في الزراعة والرعي، كان له دور في انتشار الأخماج الطفيلية لدى الأطفال.

بناءً على هذه الاستنتاجات، نوصي باتخاذ الإجراءات التالية:

1. ضرورة تنفيذ برامج وقائية تشمل التثقيف وتعزيز الصحة وزيادة الوعي بالنظافة الشخصية والبيئية، وتصميم خطط لتعليم الآباء والأمهات ذوي التحصيل العلمي المتدني حول الوقاية من الأخماج الطفيلية.

2. توجيه حملات توعية إلى طلاب المدارس في مناطق الاحتشاد السكاني والمخيمات.

3. تنفيذ فحوصات دورية للاكتشاف المبكر والعلاج من الأخماج الطفيلية المعوية لدى الأطفال.

4. تنظيف وتطهير الحيوانات المنزلية أو الأليفة والتوعية بمخاطر العدوى الطفيلية.

5. مواصلة البحث بزيادة عدد العينات واختبار أساليب تحليل أكثر حساسية لاكتشاف الأخماج الطفيلية المعوية.

المراجع:

1. World Health Organization. 2000. Nutrition in South–East Asia. New Delhi ،WHO. Regional Office for South–East Asia: New Delhi.
2. World Health Organization 1999. Monitoring Helminthic Control Programs (WHO/CDC/SIP/99.3). Guidelines for monitoring the impact of control programs aimed at reducing morbidity caused by soil–transmitted helminthes and Schistosomes, with particular referenceto school–age children, WHO, Geneva, Switzerland.
3. World Health Organization 1985. Amoebiasis and its control. Report of a WHO meeting. Bulletin of World Health Organization, 65(5): 575–588.
4. Mata ،L. 1982. Sociocultural Factors in Control and Prevention of Parasitic Disease. Reviews of Infectious Disease 4(4):871–879.
5. Jenaneh ،L. 1998. Comparative prevalence of some common intestinal Helminthic infections in different altitudinal regions in Ethiopia. Ethiopian Medical Journal, 36(5):1–8.

6. Katz ،M., Despommier, D.D. and Gwadz, R.W. 1989. Parasite Diseases, 2nded ،NewYork Inc: Springer-Verlag
7. إسماعيل محمد طاهر، الكفري، عبير، الطفيليات والفطور الطبية. منشورات جامعة دمشق، كلية الطب، 2008.
8. World Health Organization. 2023 .Soil-transmitted helminth infection .<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs366/en/>
9. STRUNZ ،E., ADDISS, D & .STOCKS, M. 2014. Water, sanitation, hygiene and soil transmitted helminth infections: a systematic review and meta-analysis. PLoS Med, 11.
10. PULLAN ،R., SMITH, J & .JASRASARIA, R. 2014. Global numbers of infection and disease burden of soil transmitted helminth infections in 2010 7 .p: 1-19.
11. Brooker S, Singhasivanon P, Waikagul J, Supavej S, Kojima S, Takeuchi T ،Luong TV, Looareesuwan S. Mapping soil-transmitted helminths in Southeast Asia and implications for parasite control. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2003 Mar;34(1):24-36
12. ANAEMIA ASSOCIATION WITH INTESTINAL PARASITIC INFECTION IN PREGNANT WOMEN ATTENDING ANTENATAL CLINIC AT JANAKPUR ZONAL HOSPITAL,

NEPAL Kanchan Kayastha T.U. Registration No: 5-2-14-661-2008 T.U Examination Roll No: 21688 Batch: 2068/69 A
Thesis

13. WHO .2012 Soil-transmitted helminthiases: STH: eliminating soil-transmitted helminthiases as a public health problem in children: progress report 20011-2010 and strategic plan 2011-2020 ،Geneva, World Health Organization.
14. Mustafa H. Talha .2022 .STOOL EXAMINATION: Lab.N0-4.
- 15.Raneem Al-Khalil's 2019 master's thesis on the prevalence of intestinal parasites among different population groups in Homs, Syria.
- 16.Mohammed Taher Ismail and Abeer Al-Kufri's 2014 survey study on the changes in the distribution of intestinal parasites in Syria between 2006-2011, published in the Arab Council for Health Specializations Journal, Vol. 15, No. 4, pp. 34-40.
- 17.Mohammed Taher Ismail, Abeer Al-Kufri, Khanum Madour, and Ali Hassaba's study on the prevalent intestinal parasites among elementary school students in the countryside of Raqqa province, published in the Laboratory Diagnosis Journal, Volume 6, Issue 9, Jumada Al-Awwal 1434 - April 2013.

18. Abeer Al-Kufri and Mohammed Taher Ismail's 2007 study on the significant decline of human intestinal parasites, especially worms, in Damascus and its countryside, a diagnostic study covering the period between 1998–2007, published in the Laboratory Diagnosis Journal, Volume 5, Issue 1.
19. Al-Dujaili A.I. Prevalence of Intestinal Parasite among primary School Children in Kerbala. Dip. Thesis. Saddam. Univ. Iraq . .(1993)
20. Okyay P, Ertug S, Gultekin B, Onen O, Beser E. Intestinal parasites prevalence and related factors in school children, a western city sample–Turkey. BMC Public Health. 2004;4:64. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
21. Gopalakrishnan S, Eashwar VMA, Muthulakshmi M, Geetha A. Intestinal parasitic infestations and anemia among urban female school children in Kancheepuram district, Tamil Nadu. J Family Med Prim Care .1400–1395:(6)7:2018 . doi:10.4103/jfmpc.jfmpc_89_18
22. Tsuyuoka R, Bailey JW, Guimarães AM, Gurgel RQ, Cuevas LE. Anemia and intestinal parasitic infections in primary school

- students in Aracaju, Sergipe, Brazil. *Cad Saude Publica*. 1999;15:413–21. [PubMed] [Google Scholar]
23. Debash ،H, Alemu, M, Bisetegn, H. The prevalence of intestinal parasites ،undernutrition and their associated risk factors among school–age children in Sekota Town, Northeast Ethiopia: a community–based cross–sectional study. *Health Sci Rep*. 2023; 6:e1137 .doi:10.1002/hsr2.1137
24. Ashok R, Suguneswari G, Satish K, Kesavaram V. Prevalence of intestinal parasitic infection in school going children in Amalapuram, Andhra Pradesh, India. *Shiraz E–Med J*. 2013;14:e16652. [Google Scholar]
25. Kotian S, Sharma M, Juyal D, Sharma N. Intestinal parasitic infection–intensity, prevalence and associated risk factors, a study in the general population from the Uttarakhand hills. *Int J Med Public Health*. 2014;4:422–5. [Google Scholar]
26. Okyay ،P., Ertug, S., Gultekin, B. et al. Intestinal parasites prevalence and related factors in school children, a western city sample–Turkey. *BMC Public Health* 4, 64 .(2004)
27. Al–Mohammed ،H ،Amin ،T ،Aboulmagd ،E ،H ،Hablus ،B ، Zaza .Prevalence of intestinal parasitic infections and its

- relationship with socio-demographics and hygienic habits among male primary schoolchildren in Al-Ahsa, Saudi Arabia. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* (2010)906-912.
28. Wilson ME: Giardiasis. In *Public Health & Preventive Medicine*. Edited by: Wallace RB. 1998, New York Appleton & Lange, 10: 252-254. 14
29. De Regnier DP, Cole L, Schupp DG, Erlandsen SL: Viability of Giardia cysts suspended in lake, river, and tap water. *Applied and Environmental Microbiology*. 1989, 55 (5): 1223-1229 .
30. BUKHARI ,Z & .HARGY, T. 2006. Medium pressure UV light for oocyt inactivation . *JM Water Work Association*.
31. Mohammed Taher Ismail and Abeer Al-Kufri's 2011 survey study on the changes in the distribution of intestinal parasites in Syria between 2006-2011, published in the Arab Board of Medical Specializations Journal, Volume 15, Issue 4.
32. Wallace RM, Putnam SD: Other Intestinal Nematods. In *Public Health & Preventive Medicine*. Edited by: Wallace RB. 1998, New York: Appleton & Lange, 16: 397-401. 14 Google Scholar

33. Abeer Al-Kufri and Abdelkader Harba's 2009 study on intestinal parasites among elementary school students in Idlib city and its countryside, published in the Laboratory Diagnosis Journal, Volume 5, Issue 2.
34. Abeer Al-Kufri and Mohammed Taher Ismail's 2007 study on the prevalent intestinal parasites among elementary school children in the Qalamoun region, Damascus countryside, Syria, published in the Arab Journal of Pharmaceutical Sciences – Journal of the Arab Universities Union, Volume 4, Issue 5.
35. Osazuwa F, Ayo OM, Imade P. A significant association between intestinal helminth infection and anaemia burden in children in rural communities of Edo state, Nigeria. *N Am J Med Sci.* 2011 Jan;3(1):30–4. doi: 10.4297/najms.2011.330. PMID: 22540060; PMCID :PMC3336930 .
36. Elmonir W, Elaadli H, Amer A, El-Sharkawy H, Bessat M, Mahmoud SF, Atta MS ,El-Tras WF. Prevalence of intestinal parasitic infections and their associated risk factors among preschool and school children in Egypt. *PLoS One.* 2021 Sep 29;16(9):e0258037. doi/10.1371 :journal.pone.0258037. PMID: 34587187; PMCID: PMC8480785.

37. Abdi M, Nibret E, Munshea A. Prevalence of intestinal helminthic infections and malnutrition among schoolchildren of the Zegie Peninsula, northwestern Ethiopia. *J Infect Public Health*. 2017 .92–84:(1)10 ؛
38. Gutiérrez–Jiménez, Javier & Torres–Sanchez, Maria & Fajardo–Martinez, Leamsi & Schlie, Maria & Luna–Cazares, Lorena & González–Esquinca, Alma Rosa & Guerrero–Fuentes, Salvador & Vidal, Jorge. (2013). Malnutrition and the presence of intestinal parasites in children from the poorest municipalities of Mexico. *Journal of infection in developing countries*. 7. 741–747. 10.3855/jidc.2990.
39. Gabain, I.L., Ramsteijm, A. S., & Webster, J.P., (2023) Parasites and childhood stunting – a mechanistic interplay with nutrition, anaemia, gut health, microbiota, and epigenetics. *Trends in Parasitology*. DOI: 10.1016/j.pt.2022.12.004.
40. Ihejirika ,Onyenonachi Charity et al. “Effects of intestinal parasitic infections on nutritional status of primary children in Imo State Nigeria.” *The Pan African medical journal* vol. 33 34. 16 May ،2019 .doi:10.11604/pamj.2019.33.34.17099
41. Sitotaw B, Shiferaw W. Prevalence of Intestinal Parasitic Infections and Associated Risk Factors among the First–Cycle

Primary Schoolchildren in Sasiga District, Southwest Ethiopia.

J Parasitol Res. 2020 .13–2020:1 ؛

42. El-Nadi NAF, Omran EK, Ahmed NS, Fadel EF. Current status of intestinal parasites among elementary school children in Sohag, Egypt. J Adv Parasitol. 2017; 4(2):33–40

43. Al-Shammari S, Khoja T, TI-Khwasky F, Gad A. Intestinal parasitic diseases in Riyadh, Saudi Arabia: prevalence, sociodemographic and environmental associates. Trop Med Int Health 2001; 6(3): 184–9.

44. Wördemann M, Polman K, Menocal Heredia LT, Diaz RJ ، Madurga AM, Núñez Fernández FA, et al. Prevalence and risk factors of intestinal parasites in Cuban children. Trop Med Int Health 2006 20–1813 :(12)11 ؛

45. Östan I, Kilimciolu AA, Girginkardeler N, Ozyurt BC, Limoncu ME ،Ok UZ. Health inequities: lower socio-economic conditions and higher incidences of intestinal parasites. BMC Public Health 2007; 7: 342–9.

46. Maia MM, Fausto MA, Vieira EL, Benetton ML, Carneiro M . Intestinal parasitic infection and associated risk factors, among children presenting at outpatient clinics in Manaus,

- Amazonas state ،Brazil. *Ann Trop Med Parasitol* 2009; 103(7): 583–91
47. Quihui L, Valencia ME, Crompton DW, Phillips S, Hagan P ، Morales G, et al. Role of the employment status and education of mothers in the prevalence of intestinal parasitic infections in Mexican rural schoolchildren. *BMC Public Health* 2006; 6:225–32
48. Khalafalla RE. A survey study on gastrointestinal parasites of stray cats in northern region of Nile delta ،Egypt .*PLoS One*. 2011; 6(7):e20283.
49. Ahmed ،Monjur. “Intestinal Parasitic Infections in 2023 ”. *Gastroenterology research* vol. 16,3 (2023): 127–140 . doi:10.14740/gr1622