

## حساب بعض الخصائص الفيزيائية في عظام الضفدع

[شافية علي الدفري 2 حنين صلاح صالح 3 فاطمة علي عاقوب  
1 قسم الفيزياء - كلية العلوم- جامعة مصراتة، 2,3 قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة مصراتة.  
s.aldenfaria@sci.misuratau.edu.ly]

## المخلص Abstract

تتأثر أجسام الكائنات الحية بالمجالات المحيطة بها، ويكون هذا التأثير ايجابياً في أحيان كثيرة على بعضها، فقد وجد العلماء أنه يساعد في عملية النمو للعظام أو شفاء الكسور فيها، وفي هذا البحث قمنا بتسليط مجال مغناطيسي و تطبيق تأثير هول على عظام ضفدع حيث يعمل العظم كمادة شبه موصلة وخلصنا بنتائج تبين نوع العظم كمادة موصلة وأثر تفاعل العظام مع تأثير المجال كزيادة ناقلات الشحنة وحساب معامل هول ومعامل التوصيل الحراري وجهد هول مما يفتح الباب لدراسة هذا التأثير بشكل أوسع .

**الكلمات المفتاحية:** تأثير هول، معامل التوصيل الحراري، الجهد الكهربائي، ناقلات الشحنة.

## المقدمة

يعتبر تأثير هول من التأثيرات المهمة في الفيزياء والتي لها تطبيقات متعددة، والتي يمكن الاستفادة منها في حساب بعض الخصائص الفيزيائية للمواد سواء موصلة أو شبه موصلة. يعمل تأثير هول على توليد مجال كهربائي صغير القيمة تتجه اليه الشحنات المتولدة من تأثير المجال المغناطيسي المسلط و ينشأ عنه فرق جهد صغير القيمة تختلف قطبيته باختلاف حاملات الشحنة موجبة أو سالبة، ويعمل على تحريك الشحنات نحو طرفي المادة وبذلك فإن تأثير هول ينشط من عمل التيار المار في المادة [1-2]، لذا نجده يستعمل طبياً في إعادة التأم الكسور بتوظيفه في عمل بعض الأجهزة الطبية.

ويرجع بداية اكتشاف الكهرباء الحيوي في الكائنات الحية للعالم الإيطالي لويجي جوفاني (Luigi Galvani) سنة 1794 م [2]، حيث درس بالتجربة تحريك رجل الضفدع نتيجة صعقها بالكهرباء، وفسرها في ذلك الوقت بتوليد كهرباء وتيار كهربائي في جسم الضفدع، وكان أول من حصل على تيار كهربائي من جسم الكائن الحي.

يمكن الاستفادة من تأثير هول في توليد تيار كهربائي محتث وقوة دافعة كهربائية محتثة في الاتجاه المطلوب لتوجيه الخلايا العصبية في الكائن الحي، وحث تجمع شحنات في مواضع ومسافات محددة لتكون جهد بين طرفيها يعرف فيزيائياً بفرق جهد هول، والذي يمكن الاستفادة منه في تحفيز بنية العظم من خلال تمع أيونات الاملاح التي تمثل تعمل بمثابة شحنات الناقلات للتيار في العظم [3-4].

والعظام هي أصلب أنواع النسيج الضام في الجسم، وتتكون أنسجتها من 50% ماء و 50% مواد صلبة، وتحتوي على مادة كلسية وأخرى غضروفية وفسفور وجلاتين وغيرها. عندما يولد الإنسان يكون معظم هيكله العظمي يتكون من غضاريف والنمو والتعظم يتكون العظم وذلك بامتصاص الاملاح من الغذاء الذي يناوله الى أن يصبح مادة صلبة، وهذا ما يعرف بالتعظم ولا يتم هذا العمل في جميع العظام الا في سن الخامسة والعشرين من عمر الإنسان.

ولعل من المواضيع التي تشغل بال العديد من الباحثين حديثاً و تهم الكثير من الناس هي إعادة انماء الأعضاء، والعظام تحديداً، وهل من الممكن أن يصل العلم لذلك في الإنسان مستقبلاً اذا كان ذلك موجود طبيعياً في عدد من الكائنات الحية منها حيوان السمندل ونجم البحر والصفدع وغيرها. ووجد العلماء أن الحسابات العملية للفولتية والتيار يعطى فائدة كبيرة، وعليه بدأ العلماء بدراسة عدة أنواع من الكائنات الحية التي لها القدرة على إعادة انماء الأعضاء.

ولتسليط الضوء على هذا الموضوع ومساهمة بسيطة في هذا البحث نقدم في هذه الدراسة نتائج عملية لبعض الخصائص الفيزيائية التي تم قياسها باستخدام تأثير هول على عظام الضفدع.

وفي دراسة تمت على عظم الإنسان لـ J. Sierpowska وآخرون، وجدوا تغير ايجابي في الخواص الكهربائي للعظم الميل عنه في العظم الجاف، حيث زادت قيمة التوصيلية الكهربائية بنسبة جيدة [6].

## أهداف الدراسة Aims

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على التأثيرات الناتجة من المجال المغناطيسي على عظام الكائنات الحية وحساب بعض الخصائص الفيزيائية كعدد ناقلات الشحنة وجهد هول الناتج ومعامل هول ومعامل التوصيل الحراري، وتم اختيار عظام الضفدع لعلاقة ذلك بإعادة نمو الأعضاء المبتورة التي تتمتع به عدد من الكائنات الحية أحدها الضفدع، وتعتبر هذه خطوة صغيرة في طريق فتح باب البحث في هذا المجال.

## المقاومة و معامل التوصيل الحراري .

تتأثر المقاومة بدرجة الحرارة حيث تزداد خطياً ضمن حدود درجات الحرارة المنخفضة بالنسبة الى الموصلات الجيدة، وذلك نتيجة اهتزاز الشبكة البلورية للمادة، وهذا يؤدي الى زيادة احتمالية اعاقه حركة الاكترونات الحرة المتحركة من قبل ايونات الذرات فتتحيد عن مسارها الأول، وقد تصطم مع أيونات ذرات أخرى [4]، وهكذا فهذا يؤدي الى زيادة مقاومة المادة لحركة الشحنات في المادة، أما في أشباه الموصلات فيحصل العكس أي أن المقاومة تقل بزيادة درجة الحرارة، وتخضع المقاومة في درجات حرارة معينة إلى العلاقة التالية:

$$R_T = R_0(1 + \alpha(T - T_0)) \quad (1)$$

حيث المقاومة في درجة حرارة الصفر أو درجة حرارة الغرفة، المقاومة في درجة الحرارة ، درجة حرارة الصفر المئوي أو درجة حرارة الغرفة، معامل التوصيل الحراري. تأثير هول.

من التطبيقات العملية لتأثير الشحنات الكهربائية المتحركة بالمجال المغناطيسي هي ظاهرة هول، حيث اكتشفت عام (1879) من قبل الفيزيائي هول، عند وضع شريحة معدنية من مادة موصلة او شبه موصلة في مجال مغناطيسي بشكل عمودي (من نوع ناقلات الشحنة السالبة) كما في الشكل (1) و نمرر بها تيار كهربائي تنشأ قوة مغناطيسية على الشحنات الناقلة للتيار في الشريحة المستخدمة تعمل على دفع الشحنات حسب اتجاه القوة.

إذا كانت الشحنة الناقلة للتيار سالبة فإن القوة المغناطيسية تكون للأعلى حسب قاعدة اليد اليمنى لاتجاه القوة، وهذا يؤدي إلى دفع بعض الشحنات السالبة للأعلى، حيث تصبح الجهة العليا للشريحة مشحونة بشحنة سالبة، ويحدث عجزاً موضعياً عند حالة التعادل الكهربائي في الجهة السفلى للمادة، فتصبح مشحونة بشحنة موجبة، وهذا يعني حدوث فرق جهد عند حافتي الشريحة يدعى فرق جهد هول، يمكن قياسه بواسطة جهاز فولتمتر حساس جداً [1].

ومن تعريف التيار الكهربائي :-

$$(7) \quad I = nqAv_d$$

نوجد سرعة الانجراف ونعوض بها للإيجاد فرق جهد هول فنحصل على :-

$$(8) \quad V_H = (I/nqA)Bd$$

ونلاحظ من الشكل (1) أن مساحة مقطع الشريحة هو :-

$$(9) \quad A = td$$

ومنه فإن :-

$$(10) \quad V_H = (IB/t)(1/nq)$$

والمقدار يدعى معامل هول ويعطى الرمز الذي يعتمد على نوع المادة.

$$(11) \quad V_H = (IB/t)R_H$$

إن معامل هول لنموذج الإلكترون هو :-

$$(12) \quad R_H = -(1/ne)$$

حيث تمثل الكثافة الإلكترونية والإشارة السالبة تعود الى الشحنة الإلكترونية السالبة، أما في حال نموذجاً من مادة تحتوي على فجوات فقط فإن معامل هول يمكن إيجاده بطريقة مماثلة لإيجاد معامل هول لنموذج يحوي الإلكترونات ونحصل على :-

$$(13) \quad R_H = (1/n_p e)$$

وإشارة في هذه المرة موجبة، لأن شحنة الفجوة موجبة، تمثل كثافة الفجوات.

#### اعداد العينة

تم اختيار عينة ( جافة بعد التشريح ) من ساق الضفدع الأمامي باختيارها بشكل شبه اسطواني بأبعاد ( قطر: 1.5 mm ، الطول : 1.8 cm )، تم تثبيتها على لوح خشبي بغرض اعدادها للإدخال في جهاز هول، ثم تم قياس سمك العينة، درجة حرارة الابتدائية، المقاومة الكهربائية للعينة، وقيمة المجال المغناطيسي قبل البدء في العمل.

#### النتائج

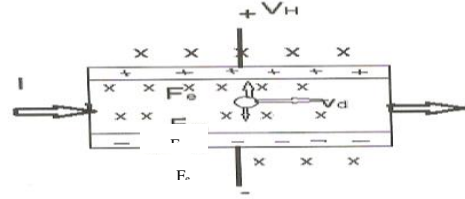
تم في هذه الدراسة تطبيق تأثير هول على عينة من عظام ضفدع بعد عملية تشريح واعداد العينة تم تثبيتها في وحدة هول وامرار تيار كهربائي (6A1) و فرق جهد كهربائي (8V) من المصدر، وقياس سمك العينة t و شدة المجال المغناطيسي المسلط B، والمقاومة في درجة حرارة الغرفة R0، وكانت القياسات كالتالي :-

$$R_0 = 1.8 \times 10^6 \Omega$$

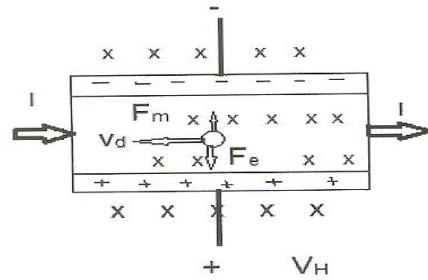
$$B = 3.2mT$$

$$t = 1.5 \times 10^{-3} m$$

وتم الحصول على معامل التوصيل الحراري بالتعويض في المعادلة (1) بقيم ( RT , R0 , T )، و عدد ناقلات الشحنة من



**شكل (1)** يبين تأثير هول في حالة الإلكترونات إذا كانت الشحنات الناقلة للتيار موجبة كما هو الحال في بعض أنواع أشباه الموصلات، فإن القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنات تكون للأعلى أيضاً الأمر الذي يؤدي إلى ان تصبح الجهة العليا للشريحة مشحونة بشحنة موجبة، والجهة السفلى مشحونة بشحنة سالبة، عندما تشحن حافظنا الشريحة بشحنات سالبة وموجبة تنشأ قوة كهربائية على الشحنات الكهربائية بسبب تكون مجال كهربائي داخل الشريحة، حيث تكون هذه القوة معاكسة للقوة المغناطيسية بعد أن تنتشبع حافظنا الشريحة بالشحنات الكهربائية تحت حالة اتزان بين القوتين الكهربائية والمغناطيسية كما في الشكل (2).



**شكل (2)** يبين تأثير هول في حالة ناقلات الشحنة الإلكترونية السالبة

عند حالة التعادل للقوة الكهربائية FE تساوي القوة المغناطيسية FB، وعليه فإن :-

$$F_E = F_B$$

(2)

$$qE_H = qv_d B$$

(3)

ومنها فإن :-

(4)

$$E_H = v_d B$$

حيث شدة المجال المسلط على المادة، و الشحنة الناقلة للتيار، سرعة انجراف الشحنة. وعليه فإن فرق جهد هول يساوي :-

$$(5) \quad V_H = E_H d$$

حيث عرض الشريحة، و شدة المجال كهربائي بين حافظتي المادة (شدة مجال هول).

ومن المعادلات السابقة نجد أن :-

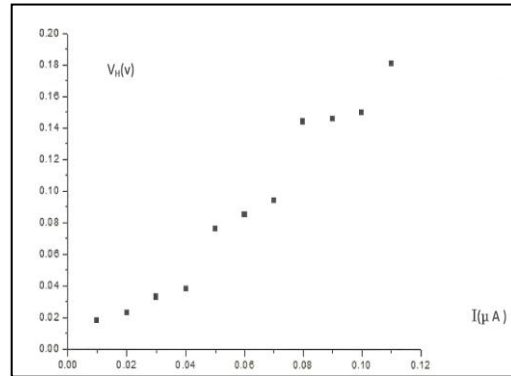
$$(6) \quad V_H = v_d B d$$

المعادلة (12) بالتعويض بقيمة معامل هول ، والنتائج مبينة في الجدول (1) التالي:-

**جدول (1)** يبين فرق جهد هول وبعض الخصائص الفيزيائية لعظم

$V_H(V)$	$I(\mu A)$	$R_H(m^3/C)$	$n(m^{-3})$	$\alpha(C^{-1})$
0.018	0.01	843.75x10 <sup>3</sup>	6.237x10 <sup>12</sup>	0
0.023	0.02	539.06x10 <sup>3</sup>	1.159x10 <sup>13</sup>	-0.180
0.033	0.03	515.63x10 <sup>3</sup>	1.212x10 <sup>13</sup>	-0.194
0.038	0.04	445.31x10 <sup>3</sup>	1.404x10 <sup>13</sup>	-0.236
0.076	0.05	712.50x10 <sup>3</sup>	8.771x10 <sup>12</sup>	-0.0777
0.085	0.06	664.06x10 <sup>3</sup>	9.412x10 <sup>12</sup>	-0.105
0.194	0.07	629.46x10 <sup>3</sup>	9.929x10 <sup>12</sup>	-0.127
0.144	0.08	843.75x10 <sup>3</sup>	7.407x10 <sup>12</sup>	0
0.146	0.09	760.42x10 <sup>3</sup>	8.219x10 <sup>12</sup>	-0.05
0.150	0.10	703.13x10 <sup>3</sup>	8.888x10 <sup>12</sup>	-0.083
0.181	0.12	707.03x10 <sup>3</sup>	8.839x10 <sup>12</sup>	-0.081

والشكل (3) يبين العلاقة البيانية بين كل من التيار الكهربائي المار في العينة وفرق جهد هول المقاس، وفيه نلاحظ زيادة في قيمة فولتية هول مما يشير الى وجود زيادة في قيمة التوصيل الكهربائي بعد كل فترة زمنية، أي أن قيمة الزيادة لها علاقة بالتردد وهذا ما أشارت اليه دراسة A H Dell'Osa وآخرون حول زيادة قيمة التوصيلية الكهربائية مع الزمن .



**الشكل (3)** يبين العلاقة بين التيار الكهربائي وفرق جهد هول في العظم

وبحساب المتوسط لكل من ناقلات الشحنة (n) ومعامل التوصيل الحراري ومقارنته بما تم الحصول عليه بيانياً كانت النتائج كما في الجدول (2) .

**جدول (2)** يبين مدى التفاوت في النتائج لكل من معامل التوصيل الحراري وعدد ناقلات الشحنة

الخاصية الفيزيائية	القيمة المتوسطة	القيمة البيانية
$\alpha(C^{-1})$	-0.103	-0.125
$n(m^{-3})$	9.586x10 <sup>12</sup>	1.203x10 <sup>12</sup>

نلاحظ من الجدول أن قيمة معامل التوصيل الحراري تتراوح في المدى :-

من -0.125 إلى -0.103

وبنسبة تفاوت 0.176%

وبذلك فإنها تؤكد على كون العظام مادة شبه موصلة تقل فيها المقاومة الكهربائية بزيادة درجة الحرارة ويزداد عدد ناقلات الشحنة. أما بالنسبة لعدد ناقلات الشحنة فإنها تتراوح في المدى :-

من 1.0129.586x إلى 1.0121.203x

وبنسبة تفاوت 0.203%.

كما تؤكد هذه النتائج على وجود زيادة في التوصيل الكهربائي في العظم نتيجة زيادة نسبة الفولتية بعد كل فترة زمنية إشارة إلى تأثير التردد على التوصيل الكهربائي في العظام والذي أشارت الى أهميته عدة دراسات سابقة J. Sierpowska وآخرون [7][8].

#### المناقشة Discussion

تؤكد هذه الدراسة على أن العظام في الضفدع تعمل كمادة شبه موصلة و بنسب جيدة، مما يُمكن من استخدامها في دراسات مستقبلية حول إعادة انماء الاعضاء في الكائنات التي تفقد هذه الميزة، حيث نلاحظ في منحني النتائج أن الجهد المتولد يزداد بعد كل فترة زمنية وهذا ما أشارت إليه عدة دراسات سابقة [7][8] حيث أوضح A H Dell'Osa وآخرون أن المقاومة الكهربائية تقل بزيادة التردد من حوالي (kΩ.cm1.62 إلى kΩ.cm1.3) لعظم الانسان الجاف، وهذا يشير على زيادة في التوصيلية للعظم كما أشار J. Sierpowska وآخرون إلى زيادة بنسبة جيدة للتوصيلية الكهربائية للعظام بشكل عام من العظام الجافة إلى العظام المبللة أو الحية التي تكون أكثر توصيلية، وهذا يؤكد نتائج هذه الدراسة بطريقتها البسيطة حيث زاد عدد ناقلات الشحنة في العينة مع زيادة قيم التيار وفرق جهد هول وأصبح العظم أكثر توصيلية.

#### المراجع

- أسس الكهربائية والمغناطيسية، عيسى سبع موسى، دار ومكتبة الشعب، الطبعة الثانية 2011.
- الكهربية والمغناطيسية، محمد حبيب بركات، علي محمد بركات، دار الفكر، الطبعة الأولى 2011.
- The body electric electromagnetism and the foundation of life, Robert O.becker, M.D., and gray selden, William Morrow Paperbacks, first edition (July 22, 1998).
- فيزياء الحالة الصلبة، رمزي حناميشو، جامعة عمر المختار، الطبعة الأولى 2000.
- الفيزياء الجامعية للعلوم الطبية والحيوية، أحمد عبد السلام رحيل، الطاهر مختار أبو عين، دار الحكمة، الطبعة الثامنة 2010.
- Effect of human trabecular bone composition on its electrical properties, J. Sierpowska, M.J. Lammib, M.A. Hakulinen, J.S. Jurvelin, R. Lappalainen, J. T'oyr'as, Medical Engineering & Physics 29 (2007) 845–852.
- Bioimpedance and Bone Fracture Detection: A State of the Art, A H Dell'Osa, C J Felice.,and F Simini, Preprints (www.preprints.org),not peer-reviewed,posted: 3 May 2019.
- Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields, The National Academies of Science Press, Washington, DC, 2007.