Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (38), ( Dec, 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) ملحق العدد 38 ديسمبر 2025
ردمد: 3014-6266

# دراسة عمليه للمقارنة بين معامل التمدد الحراري الطولي والسطحي والحجمي لثلاث معادن (الألمونيوم– الحديد–النحاس)

نجاة علي سعد شهبون[1]
najat.shahbon@sabu.edu.ly
عضو هيئة تدريس بقسم الفيزياء/كلية العلوم صبراتة/ جامعة صبراتة
جهينة أبوالقاسم الضويلع[2] غادة خليفة عبدالملك[3]
بكالوريوس فيزياء / كلية العلوم صبراتة/ جامعة صبراتة

تاريخ الاستلام:2025/12/10 –تاريخ المراجعة: 2025/12/14– تاريخ القبول: 2025/12/19– تاريخ للنشر: 2026 /1/18

**الملخص**

هدفت هذه الدراسة لمعرفة المقارنة بين متوسط معامل التمدد الحراري الطولي $\boldsymbol{\alpha}$ والسطحي $\boldsymbol{\beta}$ والحجمي $\boldsymbol{\gamma}$ لثلاث معادن وهي الالومنيوم، الحديد، النحاس، حيث أوضحت نتائج الدراسة أن:

- العلاقة بين التغير في درجة الحرارة $\boldsymbol{\Delta T}$ والتغير في الطول $\boldsymbol{\Delta L}$ علاقة طردية (خطية)، حيث كانت أعلى قيمة لمتوسط مقدار الاستطالة لمعدن الالومنيوم (0.015625 Cm)

وأقلها لمعدن الحديد (0.005125 Cm).

- أعلى قيمة لمتوسط معامل التمدد الحراري الطولي والسطحي والحجمي لمعدن الالومنيوم.

$$\left(\boldsymbol{\alpha} = 0.0000195\ C^{0^{-1}} \quad \boldsymbol{\beta} = 0.000039\ C^{0^{-1}} \quad \boldsymbol{\gamma} = 0.0000585\ C^{0^{-1}}\right)$$

- اقل قيمة لمتوسط معامل التمدد الحراري الطولي والسطحي والحجمي لمعدن الحديد

$$\left(\boldsymbol{\alpha} = 0.00000618\ C^{0^{-1}} \quad \boldsymbol{\beta} = 0.00001236\ C^{0^{-1}} \quad \boldsymbol{\gamma} = 0.00001854\ C^{0^{-1}}\right)$$

بمان اقل قيمة لمتوسط مقدار الاستطالة ومتوسط معامل التمدد الحراري الطولي والسطحي والحجمي لمعدن الحديد، لذلك يستخدم معدن الحديد في صناعة الوصلات الحديدية في المباني والجسور والسكك الحديدية والطرق السريعة، حيث يتم ترك مسافات بين الوصلات لتعطي المجال للتمدد والانكماش، وإذا لم يتم فعل ذلك يمكن ان يتصدع المبنى أو تنهار الجسور وتلتوي السكك الحديدية بفعل التمدد الحراري.

**الكلمات المفتاحية:**

التمدد الحراري– معامل التمدد الطولي– معامل التمدد السطحي والحجمي– الألومنيوم والحديد والنحاس– المقارنة التجريبية.

**Abstract.**

The purpose of this study is to compare the average longitudinal thermal expansion coefficient α, surface β, and volumetric coefficient γ for three metals, namely aluminum, iron, and copper. The results of the study showed that:

- The relationship between the change in temperature ΔT and the change in length ΔL is direct (linear),

The highest value of the average elongation was for aluminum (0.015625 cm) and the lowest for iron (0.005125 cm).

- The highest value of the average coefficient of longitudinal, surface and volumetric thermal expansion of aluminum metal.

$$\left(\boldsymbol{\alpha = \ 0.0000195\ C^{0^{-1}}} \quad \boldsymbol{\beta = \ 0.000039\ C^{0^{-1}}} \quad \boldsymbol{\gamma = 0.0000585\ C^{0^{-1}}}\right)$$

- The lowest value for the average coefficient of longitudinal, surface and volumetric thermal expansion for iron metal.

$$\left(\boldsymbol{\alpha = \ 0.00000618\ C^{0^{-1}}} \quad \boldsymbol{\beta = \ 0.00001236\ C^{0^{-1}}} \quad \boldsymbol{\gamma = 0.00001854\ C^{0^{-1}}}\right)$$

Since the average value of elongation and the average coefficient of longitudinal, surface and volumetric thermal expansion of iron metal is the lowest, therefore iron metal is used in the manufacture of iron connections in buildings, bridges, railways and highways, where spaces are left between the connections to give room for expansion and contraction, and if this is not done, it can Buildings crack, bridges collapse, and railways buckle due to thermal expansion.

**Keywords**

Thermal Expansion- Linear Expansion Coefficient- Surface and Volumetric Expansion Coefficients- Aluminum, Iron and Copper- Experimental Comparison

**المقدمة:** المعادن هي مادة صلبة تكونت طبيعياً نتيجة تفاعل كيميائي غير عضوي ولها تراكيب كيميائية محددة وثابته[1] حيث تتميز بعدة خصائص منها الموصلية العالية والتيار الكهربائي والبريق وفقدها للإلكترونات بسهولة في أثناء التفاعل الكيميائي مما يؤدي الي اكتسابها الايونات الموجبة للشحنة، وترتيب المعادن في موقع محدد في الجدول الدوري[2].

نلاحظ أن أحجام جميع المواد في جميع حالاتها سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية تتأثر بالحرارة، وهذا ناتج من أن جزيئات المادة– والتي تتذبذب حول مواضع اتزانها – تزداد سعة تذبذبها عندما ترتفع درجة الحرارة، وينتج عن هذا تمدد المادة. ولكن مقدار التأثر بالحرارة يختلف من مادة الى اخرى[3]. عند رفع درجة حرارة المادة سوف يؤدي ذلك الى زيادة الطاقة الاهتزازية لذراتها او جزيئاتها وبزيادة سعة اهتزاز تلك الجسيمات يزداد متوسط المسافة بين الذرات او الجزيئات، فعند تغير درجة حرارة المادة فأن ابعادها تتغير، فتزداد بزيادة درجة الحرارة وتنكمش بانخفاضها. وتسمى ظاهرة تغير ابعاد المادة نتيجة لتغير درجة حرارتها بالتمدد الحراري. وتقاس بمعامل التمدد الحراري. ومن الممكن تعريف عدة معاملات

للتمدد الحراري بحسب قياس التمدد وهي: معامل التمدد الحراري الطولي، معامل التمدد الحراري المساحي، معامل التمدد الحراري الحجمي. وينقسم التمدد الحراري للأجسام الصلبة إلى ثلاثة[4]:

**1- التمدد الحراري الطولي[4].**

يحدث التمدد الحراري على كافة ابعاد الجسم كالطول والعرض والسمك وتكون نسبة الزِّيادة حسب الأبعاد الهندسية للمادة ومقدار الزيادة يتناسب طردياً مع الطول الأصلي لذا تكون الزيادة في الطول أكثر منها في العرض أو السمك. لذلك فان التغير في الطول $\Delta L$ يتناسب طرديا مع التغير في درجات الحرارة $\Delta T$ والطول الاصلي $L_0$ لذا يمكن كتابة معادلة التغير في الطول كالآتي:

$$\Delta L \propto L_0 \, . \, \Delta T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\Delta L = \text{ثابت} \, . \, L_0 \, . \, \Delta T \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث الثابت هو معامل التمدد الحراري الطولي $(\alpha)$، فتصبح المعادلة (2) على الصورة الآتية:

$$\Delta L = \alpha \, . \, L_0 \, . \, \Delta T \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 . \Delta T} \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

**2- التمدد الحراري السطحي[5].**

ان تغير مساحة السطوح مع تغير درجة حرارتها يعرف بالتمدد السطحي او تمدد المساحة, ويعرف معامل التمدد السطحي على انه مقدار الزيادة في المساحة لوحدة المساحة عند ارتفاع درجة الحرارة درجة حرارية واحدة، وهو يعادل ضعفي معامل التمدد الطولي للمواد المتماثلة، ويتوقف على نوع المادة نفسها ويقدر بنفس وحدات معامل التمدد الطولي, يكون مقدار التغير في وحدة الطول ناتج عن تأثير تغير درجة حرارة المادة متساويا في جميع الاتجاهات في المادة بشرط ان تكون المادة الصلبة متجانسة الخواص أي يكون لها الخواص نفسها في جميع الاتجاهات وهذا يعني ان المسافة بين أي نقطتين في المادة تتغير بالمقدار نفسه لمقدار التغير في درجة الحرارة نفسها. وعلى نفس الاساس يكون التمدد السطحي لمادة ما يعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta A \propto A_0 . \Delta T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

$$\Delta A = \text{ثابت} \, . \, A_0 \, . \, \Delta T \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

حيث الثابت هو معامل التمدد الحراري السطحي ($\boldsymbol{\beta}$)، فتصبح المعادلة(6) على الصورة الآتية:

$$\Delta A = \boldsymbol{\beta} \,.\, A_0 \,.\, \Delta T \ldots\ldots\ldots (7)$$

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{\Delta A}{A_0 \,.\, \Delta T} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{8})$$

وحيث ان معامل التمدد السطحي يعادل ضعفي معامل التمدد الطولي للمواد المتماثلة فأن:

$$\boldsymbol{\beta} = \mathbf{2}\boldsymbol{\alpha} \ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{9})$$

**3– التمدد الحراري الحجمي[5].**

ان حجم المادة يتغير إذا تغيرت درجة حرارة المادة بنفس طريقتي التمدد الطولي والتمدد السطحي.

يعرف معامل التمدد الحجمي على انه التغير النسبي في حجم المادة الصلبة نتيجة لتغير درجة حرارتها درجة حرارية واحدة. ويمكن التعبير عن التمدد الحجمي رياضيا بالعلاقة التالية:

$$\boldsymbol{\Delta V} \propto \boldsymbol{V_0} \,.\, \boldsymbol{\Delta T} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{10})$$

$$\boldsymbol{\Delta V} = \text{ثابت} \,.\, \boldsymbol{V_0} \,.\, \boldsymbol{\Delta T} \ldots\ldots\ldots (\mathbf{11})$$

حيث الثابت هو معامل التمدد الحراري الحجمي ($\boldsymbol{\gamma}$). فتصبح المعادلة (11) على الصورة الآتية:

$$\boldsymbol{\Delta V} = \boldsymbol{\gamma} \,.\, \boldsymbol{V_0} \,.\, \boldsymbol{\Delta T} \ldots\ldots\ldots (\mathbf{12})$$

$$\boldsymbol{\gamma} = \frac{\boldsymbol{\Delta V}}{\boldsymbol{V_0} \,.\, \Delta T} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{13})$$

وحيث ان معامل التمدد الحجمي يعادل ثلاثة اضعاف معامل التمدد الطولي للمواد المتماثلة فأن:

$$\boldsymbol{\gamma} = \mathbf{3}\boldsymbol{\alpha} \ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{14})$$

يعود ذلك الى ان الجسم المتجانس يتمدد في ابعاده الثلاثة بالمقادير نفسها أي انه يتمدد باتجاه الطول والعرض والارتفاع.

**الأجهزة المستخدمة:**

تم تصميم جهاز يتركب من قاعدة مثبت عليها حاجزان واحد عند كل طرف. وتمتد بين الحاجزين أسطوانة معدنية (غرفة تسخين) تسمح بدخول ساق معدني (الومنيوم أو حديد أو نحاس) داخلها بطول مناسب، ويحكم قفل طرفي الاسطوانة حول طرفي الساق المعدني، وللأسطوانة وصلتان مثبتة بها انبوبتان مطاطيتان إحداهما تسمح بدخول البخار حول الساق من

الغلاية والأخرى لخروج البخار من الداخل الى المخبار. ويثبت أحد طرفي الساق داخل الاسطوانة والطرف الاخر يلمس جهاز الميكرومتر الذي يعمل على قياس الزيادة في الطول، ولقياس التغير في درجة الحرارة يستخدم ترمومتر. والشكل (1) يوضح تركيب الجهاز.

الشكل (1) تركيب جهاز لإيجاد معامل التمدد الحراري الطولي.

**خطوات العمل:**

1- في درجة حرارة المعمل ($27.7\ C^0$)، نأخذ قياس الطول الاصلي للساق المعدني (الومنيوم، الحديد، النحاس) ولتكن ($L_0$=35cm).

2- نضبط مقدمة الميكرومتر بحيث تلامس مع طرف الساق الحر(قراءة الميكرومتر بـ mm).

3- نشغل الغلاية حتى يمر تيار من بخار الماء على الساق داخل الاسطوانة وننتظر حتى نحصل على اعلى قيمة لدرجة الحرارة من الترمومتر ولتكن ( $T_f = 90C^0$). ونسجل قراءة الميكرومتر ولتكن ($L_f$ mm).

4- نفصل الغلاية عن الاسطوانة نلاحظ انخفاض في درجة الحرارة، نسجل قراءة الترمومتر بتدريج متساوي ولتكن ($T_i$) ونسجل قراءة الميكرومتر ولتكن ($L_i$) حيث (i=1,2,....8)

5- نحسب الفرق بين قراءتي االميكرومتر ( $\Delta L = L_f - L_i$)، والفرق بين قراءتي الترمومتر ( $\Delta T = T_f - T_i$)

6- بمعلومية الطول الاصلي للساق يمكن تعيين معامل التمدد الطولي من العلاقة (4).

7- نسجل القياسات في الجداول (1، 2، 3).

**النتائج والمناقشة:**

1- من الجداول (1، 2، 3)، نرسم بيانياً العلاقة بين$\Delta T$ على محور x , $\Delta L$ على محور y كما هو موضح بالأشكال (2 ، 3 ، 4).

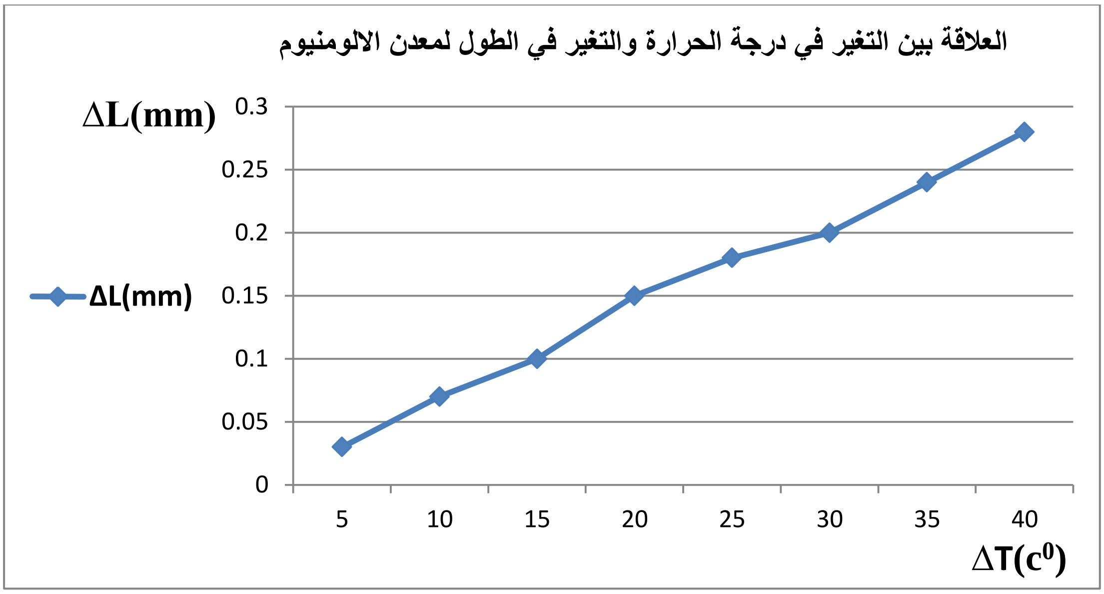
2- من الجداول (1، 2، 3) نحسب متوسط معامل التمدد الطولي $(\alpha)$ لساق من الألومنيوم والحديد والنحاس. ومن خلال المعادلة (9) نحسب معامل التمدد السطحي $(\beta)$ ومن المعادلة (14) نحسب معامل التمدد الحجمي$(\gamma)$ للمعادن,

3- نسجل قياسات الفقرة 2 في الجدول (4)، نحسب المقارنة بين متوسط معامل التمدد الحراري الطولي والسطحي والحجمي، نرسم بيانياً العلاقة بين قيم $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ على محور y والمعادن على محور x كما هو موضح بالشكل (5).

الجدول (1) يوضح نتائج معدن الالومنيوم.

$(L_f = 0.40\ mm)$ , $(T_f = 90\ C^0)$ , $(L_0 = 350\ \text{mm})$

| $T_i(C^0)$ | $L_i(mm)$ | $\Delta T(C^0)$ | $\Delta L\ (mm)$ | $\Delta L/\Delta T$ | $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0\ \Delta T}\ (C^{0^{-1}})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 85 | 0.37 | 5 | 0.03 | 0.006 | 0.0000171 |
| 80 | 0.33 | 10 | 0.07 | 0.007 | 0.00002 |
| 75 | 0.30 | 15 | 0.10 | 0.0066 | 0.0000188 |
| 70 | 0.25 | 20 | 0.15 | 0.0075 | 0.0000214 |
| 65 | 0.22 | 25 | 0.18 | 0.0072 | 0.0000205 |
| 60 | 0.20 | 30 | 0.20 | 0.0066 | 0.0000188 |
| 55 | 0.16 | 35 | 0.24 | 0.0068 | 0.0000194 |
| 50 | 0.12 | 40 | 0.28 | 0.007 | 0.00002 |

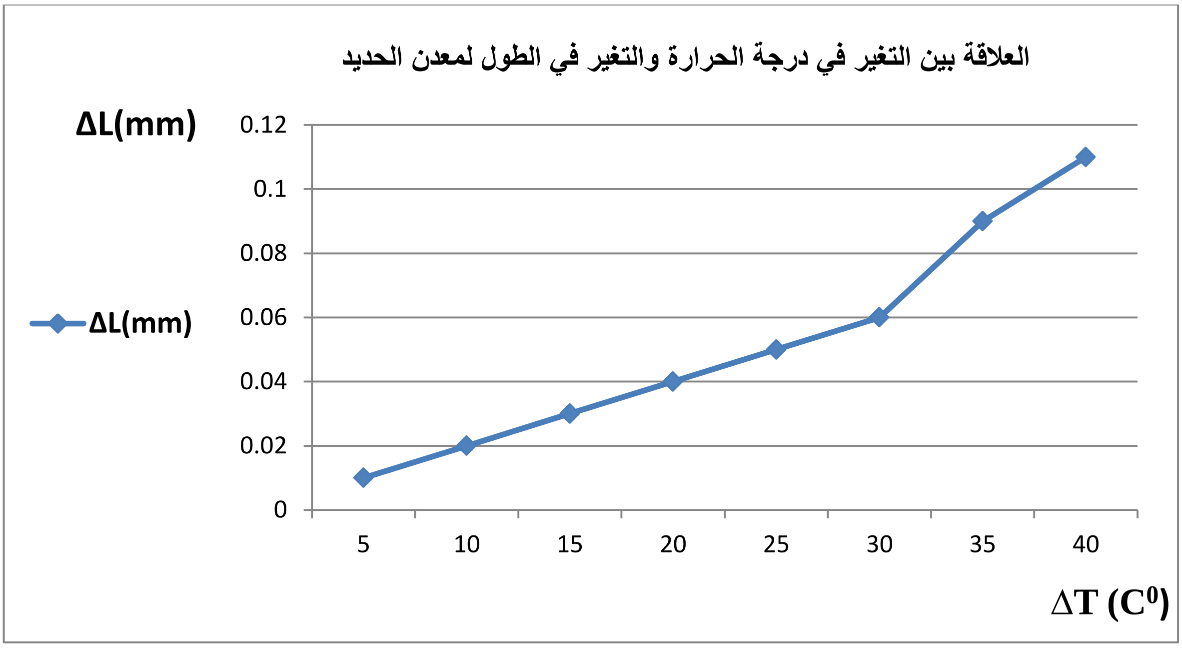



الشكل(2) يوضح العلاقة بين $\Delta T$ , $\Delta L$ لمعدن الالومنيوم.

الجدول (2) يوضح نتائج معدن الحديد.

$(L_f = 0.21\ mm)$ , $(T_f = 90\ C^0)$ , $(L_0 = 350\ mm)$

| $T_i(C^0)$ | $L_i(mm)$ | $\Delta T(C^0)$ | $\Delta L\ (mm)$ | $\Delta L / \Delta T$ | $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0\ \Delta T}\ (C^{0^{-1}})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 85 | 0.20 | 5 | 0.01 | 0.002 | 0.0000057143 |
| 80 | 0.19 | 10 | 0.02 | 0.002 | 0.0000057143 |
| 75 | 0.18 | 15 | 0.03 | 0.002 | 0.0000057143 |
| 70 | 0.17 | 20 | 0.04 | 0.002 | 0.0000057143 |
| 65 | 0.16 | 25 | 0.05 | 0.002 | 0.0000057143 |
| 60 | 0.15 | 30 | 0.06 | 0.002 | 0.0000057143 |
| 55 | 0.12 | 35 | 0.09 | 0.00257 | 0.0000073429 |
| 50 | 0.10 | 40 | 0.11 | 0.00275 | 0.0000078571 |

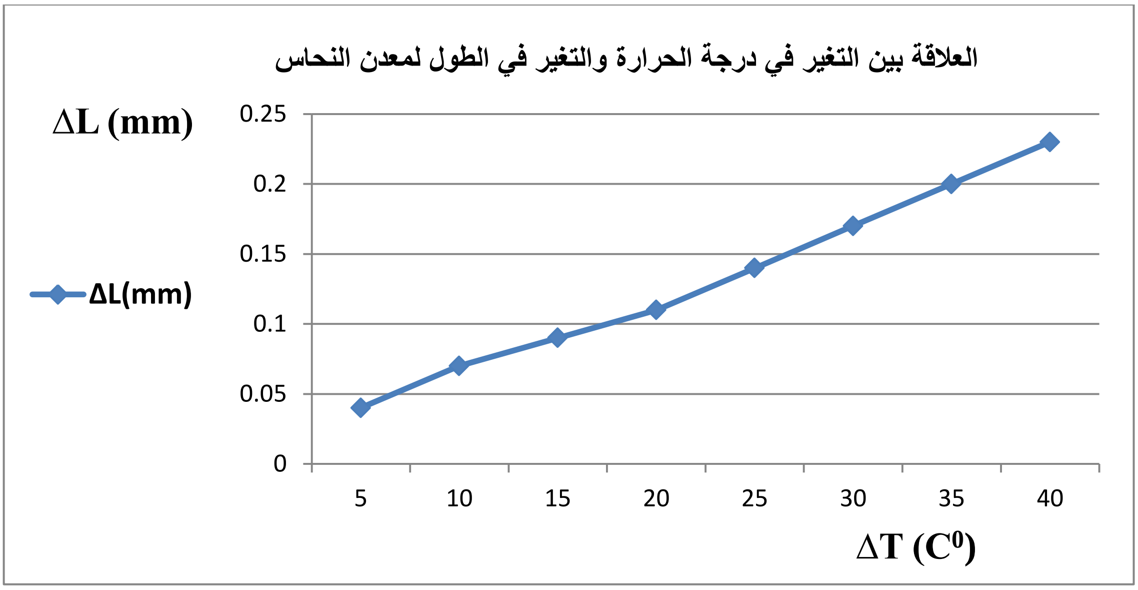



الشكل(3) يوضح العلاقة بين $\Delta T$ , $\Delta L$ لمعدن الحديد.

الجدول (3) يوضح نتائج معدن النحاس.

$(L_f = 0.34\ mm)$ , $(T_f = 90\ \ C^0)$ , $(L_0 = 350\ \text{mm})$

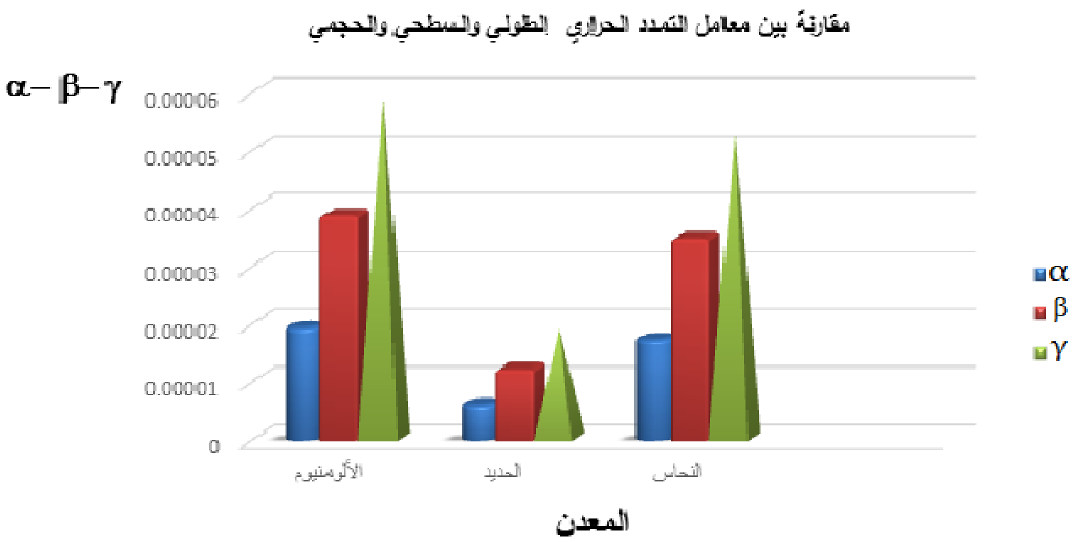
| $T_i(C^0)$ | $L_i(mm)$ | $\Delta T(C^0)$ | $\Delta L\ (mm)$ | $\Delta L/\Delta T$ | $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0\ \Delta T}\ \ (C^{0^{-1}})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 85 | 0.30 | 5 | 0.04 | 0.008 | 0.0000228 |
| 80 | 0.27 | 10 | 0.07 | 0.007 | 0.00002 |
| 75 | 0.25 | 15 | 0.09 | 0.006 | 0.0000171 |
| 70 | 0.23 | 20 | 0.11 | 0.0055 | 0.0000157 |
| 65 | 0.20 | 25 | 0.14 | 0.0056 | 0.000016 |
| 60 | 0.17 | 30 | 0.17 | 0.0056 | 0.000016 |
| 55 | 0.14 | 35 | 0.20 | 0.0057 | 0.0000162 |
| 50 | 0.11 | 40 | 0.23 | 0.0057 | 0.0000162 |




الشكل(4) يوضح العلاقة بين $\Delta T$ , $\Delta L$ لمعدن النحاس.

الجدول(4) يوضح المقارنة بين متوسط معامل التمدد الحراري الطولي والسطحي والحجمي.

| المعدن | $\alpha( C^{0^{-1}})$ | $\beta = 2\alpha ( C^{0^{-1}})$ | $\gamma = 3\alpha( C^{0^{-1}})$ |
|---|---|---|---|
| الالومنيوم | 0.0000195 | 0.000039 | 0.0000585 |
| الحديد | 0.00000618 | 0.00001236 | 0.00001854 |
| النحاس | 0.0000175 | 0.000035 | 0.0000525 |




الشكل(5) يوضح العلاقة بين $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ للمعادن.

بعد إجراء التجربة عملياً وقراءة وتدوين النتائج وجد إن:

- العلاقة بين التغير في درجة الحرارة والتغير في الطول علاقة طردية، حيث كان متوسط مقدار الاستطالة لمعدن الالومنيوم (0.015625 Cm) ولمعدن الحديد (0.005125 Cm) ولمعدن النحاس (0.013125 Cm).
- أعلى قيمة لمتوسط معامل التمدد الطولي والسطحي والحجمي لمعدن الألومنيوم وأقلها لمعدن الحديد. لذلك يستخدم معدن الحديد في صناعة الوصلات الحديدية في المباني والجسور والسكك الحديدية والطرق السريعة، حيث يتم ترك مسافات بين الوصلات لتعطي المجال للتمدد والانكماش، وإذا لم يتم فعل ذلك يمكن ان يتصدع المبنى أو تنهار الجسور وتلتوي السكك الحديدية بفعل التمدد الحراري.

**المراجـــع**

(1)– د. محمد عبدالغني مشرف، الطاهر عثمان ادريس، حسين سالم عوض، الجيولوجيا العامة، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم جامعة الملك سعود الرياض، 2002م.

(2)– د. عماد محمد ابراهيم خليل، علم المعادن، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة الزقازيق، جمهورية مصر، مكتبة العلوم الجيولوجية 2018م.

(3)– د. أحمد رحيل، استاذ بكلية العلوم، جامعة طرابلس، ليبيا، الفيزياء الاساسية، الطبعة الثامنة، منشورات دار الحكمة طرابلس ليبيا، 2014م.

(4)– اساسيات الفيزياء، الطبعة العربية الاولي 2001م، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية مصر، الترجمة الحديثة للطبعة السادسة الانجليزية، 1995م.

(5)– د. محمد الشمري، الحرارة، التمدد السطحي والحجمي للمواد الصلبة.