ورقة عمل رقم (3) : التمدد الحراري

القاعدة العامة :

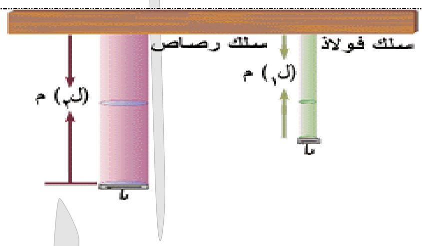
جُل (معظم) المواد تتمدد بالحرارة، وتتقلص بالبرودة

لأن الماء يشذ عن القاعدة فيما بين درجتي $(0:4)°C$

علل : يتمدد الجسم الصلب عند ارتفاع درجة حرارته.

علل : يتقلص (ينكمش) الجسم الصلب عند انخفاض درجة حرارته.

للأجسام الصلبة ثلاثة أنواع من التمدد الحراري، فلنقارن بينها :

النوع	التمدد الطولي (1D)	التمدد السطحي (2D)	التمدد الحجمي (3D)
شكل الأجسام	الأسلاك الرفيعة، الساق المعدنية الرفيعة	الصفائح الرقيقة، ...	جسم مكعب أو متوازي مستطيلات أو كرة ، ...
شكل توضيحي			
تطبيقات	المزدوجة الحرارية منظم درجة الحرارة (الثرموستات) ترك فواصل بين قضبان السكك الحديدية وبين أجزاء الجسور الحديدية الطويلة		الحلقة والكرة المعدنية، مسمار وبرغي معدني، ...

مقارنة هامة بين التمدد الطولي والتمدد الحجمي للجسم الصلب :

التمدد الطولي للجسم الصلب	التمدد الحجمي للجسم الصلب
عملية الزيادة التي تطرأ في طول جسم صلب عند رفع درجة حرارته .	عملية الزيادة التي تطرأ في حجم جسم صلب عند رفع درجة حرارتها .
يتوقف مقدار التغير في طول جسم صلب على :-	يتوقف مقدار التغير في حجم جسم صلب على :
1- الطول الأصلي للجسم (L) : $\Delta L \propto L_1$	1. الحجم الأصلي للجسم (V) : $\Delta V \propto V_1$
2- مقدار التغير في درجة الحرارة : $\Delta L \propto \Delta T$	2. مقدار التغير في درجة الحرارة: $\Delta V \propto \Delta T$
3- نوع مادة الجسم : يعتمد على نوع مادة الجسم	3. نوع مادة الجسم : يعتمد على نوع مادة الجسم
$\Delta L = L_1 . \alpha . \Delta T$	$\Delta V = V_1 . \beta . \Delta T$
$L_2 = L_1[1+ \alpha (T_2-T_1)]$	$V_2 = V_1[1+ \beta (T_2-T_1)]$
متوسط معامل التمدد الطولي للجسم الصلب $\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 . \Delta T}$	متوسط معامل التمدد الحجمي للجسم الصلب $\beta = \frac{\Delta V}{V_1 . \Delta T}$

وجدير بالذكر أن كل من (α) ، (β) تعتبر مقادير ثابتة للمادة الواحدة، ولا تتوقف على أي عامل آخر ووحدة قياسها هي $\{-/^{o}C\}$

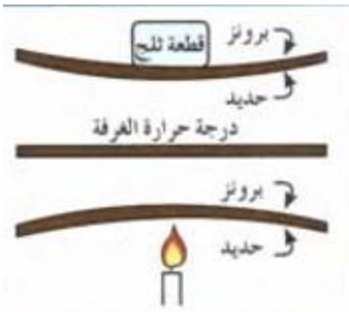
$\Delta L = L_2 - L_1$	$\beta = 3 \alpha$	$\Delta T = T_2 - T_1$

العوامل التي يتوقف عليها مقدار التغير في طول ساق معدنية (ΔL) عند تغيير درجة حرارتها، هي :

م	العامل المؤثر	الرمز	وحدة القياس	العلاقة الرياضية	العلاقة البيانية
1					
2					
3					

العوامل التي يتوقف عليها مقدار التغير في حجم جسم صلب (ΔV) عند تغيير درجة حرارتها، هي :

م	العامل المؤثر	الرمز	وحدة القياس	العلاقة الرياضية	العلاقة البيانية
1					
2					
3					

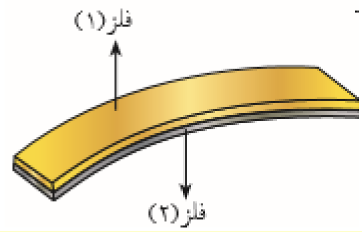


المزدوجة الحرارية :

عبارة عن التحام شريطين متساويين الأبعاد من مادتين مختلفتين، بحيث تنثني المزدوجة عند التسخين جهة المادة ذات معامل التمدد **الطولي الاكبر**، وتنثني جهة المادة الآخرى عند التبريد

وتدخل المزدوجة الحرارية في الكثير من التطبيقات العملية الحياتية، من مثل :

1. منظم درجات الحرارة (الثرموستات) في الغرف، والأفران، والثلاجات، ..
2. السخان الكهربائي، والكثير من الأجهزة الأوتوماتيكية.



علماً بأن متوسط معامل التمدد الطولي للحديد $\{11.8\times10^{-6}\}$ / °C ، وللبرونز $\{20\times10^{-6}\}$ / °C

سؤال : ما المقصود بأن متوسط معامل التمدد الطولي للبرونز يساوي $\{20\times10^{-6}\}$ / °C ؟

سؤال : ماذا تفعل إذا صعب عليك فتح غطاء معدني لبرطمان زجاجي بسهولة ودون أن يحدث ضرر ؟ فسّر ..

تجربة الحلقة والكرة المعدنية :

في درجة حرارة الغرفة : يمكن إدخال الكرة داخل الحلقة بسهولة

لأن قطر الكرة يساوي القطر الداخلي للحلقة المعدنية.

م	الحدث	ماذا تتوقع أن تشاهد	التفسير
1	عند تسخين الكرة المعدنية (الحلقة باردة)		
2	عند تسخين الكرة المعدنية (الكرة ساخنة)		

علل : لن تتمكن الكرة المعدنية الساخنة من المرور خلال الحلقة المعدنية الباردة بسهولة إلا إذا سُخنت الحلقة أيضاً.

تمدد السوائل

علل : ليس للسوائل تمدد طولي أو تمدد سطحي.

علل : للسوائل نوعين من أنواع التمدد الحجمي.

علل : مقدار تمدد السوائل أكبر من مقدار تمدد الأجسام الصلبة عند ارتفاع درجة حرارتها بنفس المقدار.

التمدد الحجمي الحقيقي للسائل	التمدد الحجمي الظاهري للسائل
عملية الزيادة الحقيقية التي تطرأ في حجم سائل عند رفع درجة حرارته.	عملية الزيادة الظاهرية التي تطرأ في حجم سائل عند رفع درجة حرارته.
يتوقف مقدار التغير الحقيقي في حجم سائل على: 1. الحجم الأصلي للسائل (V) : $\Delta V \propto V_1$ 2. مقدار التغير في درجة الحرارة (ΔT) : $\Delta L \propto \Delta T$ 3. نوع السائل :	**يتوقف مقدار التغير الظاهري في حجم سائل على:** 1- الحجم الأصلي للسائل (V) : $\Delta V \propto V_1$ 2- مقدار التغير في درجة الحرارة (ΔT) : $\Delta L \propto \Delta T$ 3- نوع السائل . 4- نوع الإناء الحاوي للسائل.
$\Delta V = V_1 . \gamma . \Delta T$	$\Delta V = V_1 . \gamma^{\backslash} . \Delta T$
$V_2 = V_1[1+ \gamma (T_2 - T_1)]$	$V_2 = V_1[1+ \gamma^{\backslash} (T_2 - T_1)]$
متوسط معامل التمدد الحجمي الحقيقي للسائل $\gamma = \dfrac{\Delta V}{V_1 . \Delta T}$	متوسط معامل التمدد الحجمي الظاهري للسائل $\gamma^{\backslash} = \dfrac{\Delta V}{V_1 . \Delta T}$

وجدير بالذكر أن متوسط معامل التمدد الحجمي الحقيقي (γ) ثابت للسائل الواحد،

أما متوسط معامل التمدد الحجمي الظاهري ($\gamma^{\backslash}$) فتعتمد على نوع السائل ونوع مادة الإناء الحاوي له.

$\Delta V = V_2 - V_1$	$\gamma = \gamma^{\backslash} + \beta$	$\gamma > \beta$	$\Delta T = T_2 - T_1$

أسئلة ومسائل على التمدد الحراري

السؤال الأول : أكتبي الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدّل عليه كل من التعبيرات التالية :

1) التمدد (الزيادة) في اتجاه واحد عند ارتفاع درجة حرارة الجسم الصلب. { } { }
2) مقدار التغير في وحدة الأطوال من الجسم الصلب عند تغير درجة حرارته بمقدار $C°(1)$. { } { }
3) آداه مكونة من شريطين متساويين الأبعاد، من مادتين مختلفتين، تستخدم كمنظم حراري. { } { }
4) يساوي ثلاثة أمثال معامل التمدد الطولي (الطولي) لنفس الجسم الصلب. { } { }
5) مقدار تمدد السائل عندما نعتبر الإناء الحاوي له لم يتمدد. { } { }
6) مجموع التمدد الظاهري للسائل والتمدد الحجمي للإناء الحاوي له. { } { }
7) خاصية تحدث للماء فقط ترتبط بتغير حجم وكثافة الماء بين درجتي $C°(1)$ و $C°(4)$. { } { }

السؤال الثاني : ضعي علامة { ✓ } أمام العبارة الصحيحة، وعلامة { × } أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي :

1) تعتمد الأشرطة الثنائية المعدن علي تساوي معاملي التمدد الطولي لمادتي الأشرطة عند درجة معينة. ☐
2) ساق حديدية طوله $(50)\,cm$ عند درجة $(20)°C$، رُفعت درجة حرارته بمقدار $(20)°C$ فأصبح طولها $(50.068)\,cm$، فإن معامل التمدد الطولي لمادة الساق $(12\times10^{-6})\,/\,°C$ ☐
3) عند زيادة طول ساق الحديد إلى المثلين فإن معامل التمدد الخطى له يزداد إلى المثلين ☐
4) معامل التمدد الحقيقي لسائل هو مقدار ثابت مميز لنوع مادة السائل فقط. ☐
5) يتوقف معامل التمدد الطولي لساق على الطول الأصلي للساق ونوع مادته ومقدار التغير في درجة حرارته. ☐
6) كل المواد تتمدد (يزداد حجمها) عند ارتفاع درجة حرارتها، وتنكمش (يقل حجمها) عند انخفاض درجة حرارتها. ☐
7) إذا كان معامل التمدد الحجمي للذهب $(42\times10^{-6})\,/°C$، فإن معامل تمدده الطولي يساوي $(14\times10^{-6})\,/°C$. ☐

السؤال الثالث : أكملي الفراغات في العبارات التالية بما يناسبها :

1) تتمدد الأجسام بالحرارة بسبب _
2) ساق معدنية طولها $(0.2)\,m$ تغيرت درجة حرارتها بمقدار $(100)°C$، فإذا كان معامل التمدد الطولي لمادة الساق يساوي $(12\times10^{-6})\,/°C$، فإن مقدار الزيادة في طول الساق تساوي _ _ _ _ _ _ متر.
3) ساقان من الألومنيوم طول الأول $(1)\,m$ وطول الثاني $(2)\,m$ سخنتا فارتفعت درجة حرارة كل منهما بمقدار $(10)°C$، فإن مقدار الزيادة في طول الساق الأولى تكون _ _ _ _ _ _ مقدار الزيادة في طول الساق الثانية.
4) عند بناء جسر يترك أحد طرفيه غير مثبت وقابل للحركة علي عجلات ، مع ترك مسافة مناسبة أمام هذا الطرف بحيث تسمح للجسر بـ _ _ _ _ _ _ عند ارتفاع درجة الحرارة صيفاً.
5) الأشرطة المزدوجة (ثنائية المعدن) تكون مستقيمة عند درجة _ _ _ _ _ _ فقط.
6) عند رفع درجة حرارة مزدوجة حرارية مكونة من سبيكة الانفار والنحاس (عن درجة صنعها) فإنها تنحني جهة _ _ _ _ _ _ ، علماً بأن معامل التمدد الطولي للنحاس $(19\times10^{-6})\,/°C$، و سبيكة الانفار $(0.9\times10^{-6})\,/°C$]
7) إذا كان معامل التمدد الطولي للرصاص $(29\times10^{-6})\,/°C$، فإن تبريد مكعب من الرصاص من $(65)°C$ إلى $(42)°C$ يؤدي إلى تقلص المكعب بمقدار m^3 _ _ _ _ _ _.

السؤال الرابع : ضعي علامة { ✓ } في المربع المقابل لأنسب إجابة تلي كل من العبارات التالية :

1) التمدد الطولي (الطولي) لجسم ما يتوقف على :

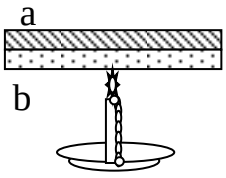
☐ نوع مادة الجسم فقط ☐ طول الجسم في الدرجة صفر فقط

☐ مقدار الارتفاع في درجة حرارة الجسم فقط ☐ جميع ما سبق

2) اذا ارتفعت درجة حرارة جسم صلب فإن أحد المقادير التالية المتعلقة بهذا الجسم تزداد :

☐ الكتلة ☐ معامل التمدد الطولي ☐ طول الجسم ☐ جميع ما سبق

3) عند تسخين المزدوجة الحرارية الموضحة بالشكل والمكونة من التحام شريط من معدن (a)



معامل تمدده الطولي $(2\times10^{-5})\,/°C$ و شريط من معدن (b) معامل تمدده الطولي $(1\times10^{-5})\,/°C$ ، فإننا نلاحظ أن المزدوجة :

☐ تنحني جهة الشريط (a) ☐ تتمدد وتبقى على استقامتها

☐ تنحني جهة الشريط (b). ☐ لا يحدث له شيء.

4) عند تسخين ساق من النحاس طوله (1) m معامل تمددها الطولي $(17\times10\text{-}6)\,/°C$ من (20)°C إلى (120)°C ، فإن مقدار الزيادة في طولها -بوحدة المتر - يساوي :

☐ (0.00017) ☐ (0.0017) ☐ (0. 017) ☐ (0.17)

5) ساق من الحديد معامل تمددها الطولي $(12\times10^{-6})\,/°C$ ، طولها (10) m في (20)°C ، يصبح طولها (10.012) m في درجة حرارة :-

☐ (60)° C ☐ (80)° C ☐ (100)° C ☐ (120)° C

6) ساق معدنية طولها (0.5) m ومعامل تمددها الطولي $(12\times10^{-6})\,/°C$ ، رُفعت درجة حرارتها بمقدار (12)°C ، فإن مقدار الزيادة في طولها -بوحدة المتر- يساوي :-

☐ (48×10^{-6}) ☐ (24×10^{-6}) ☐ (12×10^{-6}) ☐ (6×10^{-6})

7) قضيب من الحديد طوله (4) m عند (15)°C ، رُفعت درجة حرارته إلى (40)°C فأصبح طوله (4.0012) m ، فإن معامل التمدد الطولي للحديد يساوي :

☐ $(11\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(12\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(13\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(14\times10^{-6})\,/°C$

8) إذا كان متوسط معامل التمدد الطولي للحديد هو $(12\times10^{-6})\,/°C$ ، فإن متوسط معامل التمدد الحجمي للحديد يساوي :-

☐ $(4\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(8\times10^{-6})\,/°C$

☐ $(18\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(36\times10^{-6})\,/°C$

9) إذا كان معامل التمدد الحجمي لمادة ما $(27\times10^{-6})\,/°C$ فإن معامل التمدد الطولي لها يساوي :-

☐ $(81\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(18\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(9\times10^{-6})\,/°C$ ☐ $(9\times10^{6})\,/°C$

10) إذا وُضع سائل الجليسرين الذي معامل تمدده الحجمي الحقيقي $(0.000534)\ /K$ ، في إناء من النحاس معامل تمدده الطولي $(0.000018)\ /K$ ، فإن معامل التمدد الحجمي الظاهري لسائل الجليسرين يكون مساوياً -بوحدة "ـ/كلفن" :-

☐ (0.00028) ☐ (0.00058) ☐ (0.0084) ☐ (0.000054)

11) معامل التمدد الذي يعتمد على نوع السائل فقط هو :-

☐ معامل التمدد الحقيقي ☐ معامل التمدد الظاهري

☐ معامل التمدد الطولي ☐ معامل التمدد السطحي

12) إذا كان متوسط معامل التمدد الحجمي لمادة ما هو $\{56\times10^{-6}\}\ /\ ^oC$ ، فإن متوسط معامل التمدد الطولي لنفس المادة يساوي :-

☐ (19×10^{-6}) ☐ (38×10^{-6}) ☐ (57×10^{-6}) ☐ (114×10^{-6})

13) إذا كان معامل التمدد الحقيقي للزئبق هو $(0.00018)\ /\ ^oC$ ومعامل التمدد الطولي ، للزجاج هو $(0.00001)\ /\ ^oC$ ، فإن معامل التمدد الظاهري للزئبق في الزجاج هو :-

☐ (0.00007) ☐ (0.00015) ☐ (0.00017) ☐ (0.00019)

14) إذا كان متوسط الزيادة الحقيقية في حجم سائل تساوي $(5)cm^3$ ، ومقدار الزيادة الظاهرية في حجمه تساوي $(3)cm^3$ ، فإن مقدار الزيادة في حجم الإناء الحاوي له –بوحدة $(cm)^3$- تساوي :-

☐ (0.6) ☐ (2) ☐ (8) ☐ (15)

15) إذا كان معامل التمدد الحقيقي لسائل يساوي $(9\times10^{-6})\ /\ ^oC$ ومعامل تمدده الظاهري في مادة الوعاء يساوي $(3\times10^{-6})\ /\ ^oC$ ، فإن معامل التمدد الطولي لمادة الوعاء تساوي بوحدة $[/\ ^oC]$:-

☐ (0.0002) ☐ (0.0003) ☐ (0.0005) ☐ (0.0006)

16) كأس مملوء بالماء لحافته في درجة الصفر السيليزي فإذا ارتفعت درجة حرارته إلى $(4)\ ^oC$ فإنه :

☐ يسكب بعض الماء من الإناء ☐ يظل سطح الماء ثابتاً لا يتغير

☐ ينخفض سطح الماء قليلاً ☐ جميع ما سبق خطأ

ثانياً : أسئلة المقال

السؤال الخامس :- عللي لما يلي تعليلاً علمياً صحيحاً :

1) عند إنشاء الجسور يجب ترك أحد طرفي الجسر حراً وغير مثبت وقابل للحركة علي عجلات.

2) يُفضل صنع المساطر المدرجة التي يستخدمها المهندسين من الخشب أو البلاستيك وليس من المعدن.

3) يُفضل مد أسلاك نقل الطاقة الكهربائية في فصل الشتاء (وليس في فصل الصيف).

4) عند رفع درجة حرارة المزدوجة الحرارية المكونة من سبيكة الأنفار والنحاس عن درجة صنعها فإنها تنحني جهة سبيكة الأنفار.

5) يُراعى عند لحام أسلاك معدنية مع الزجاج أن يكون معامل تمدد مادة السلك مساوياً معامل تمدد مادة الزجاج.

6) تكون جدران الأواني الزجاجية المستخدمة في تسخين السوائل رقيقة غالباً.

7) للسوائل معاملا تمدد حجمي (حقيقي، وظاهري)، أما المواد الصلبة فلها معامل تمدد حجمي واحد فقط.

8) ليس معامل التمدد الحجمي الظاهري للسائل قيمة ثابتة.

9) مقدار تمدد المواد السائلة أكبر بكثير من مقدار تمدد الأجسام الصلبة إذا سُخنت بنفس المقدار.

10) شذوذ الماء في تمدده هو السبب في استمرار حياة الكائنات البحرية في المناطق المتجمدة.

السؤال السادس :- أسئلة مقال مختلفة :

أ) وضحي أثر شذوذ الماء عن بقية السوائل في كسر زجاجة المرطبات عندما توضع في الفريزر بالثلاجة.

ب) ماذا يحدث مع التفسير في كل من الحالات التالية :

1) عند مد خطوط السكك الحديدية دون ترك فراغات مناسبة فيما بينها.

2) عند شد أسلاك الطاقة الكهربائية وأسلاك الهاتف في فصل الصيف.

4) لشكل المزدوجة الحرارية (البرونز - الحديد) عند تبريدها لدرجة حرارة أقل من درجة حرارة صنعها.

5) عند تسخين المزدوجة الحرارية (الخارصين – الحديد) ، [معامل التمدد الخطي للحديد $(12\times10^{-6})/°C$ ، وللخارصين $(29\times10^{-6})/°C$].

6) لمقدار انحناء المزدوجة الحرارية (الخارصين - الحديد) بازدياد مقدار التغير في درجة الحرارة (ΔT).

4) الشكل الذي أمامك يوضح مزدوجة حرارية (الخارصين – الحديد) ، ماذا تلاحظ لشكل المزدوجة في الحالات التالية :

أ) عند تسخين المزدوجة لدرجة حرارة أعلى من درجة حرارة صنعها.

ب) عند تبريد المزدوجة لدرجة حرارة أقل من درجة حرارة صنعها.

ج) إذا عادت درجة حرارة المزدوجة الثنائية إلى درجة حرارة صنعها.

جـ) أذكر العوامل التي يتوقف عليها كل مما يأتي :

1 - **التمدد الطولي للجسم الصلب :** _

_ _

2 - **المزدوجة الحرارية :** _

_ _

3 - **شذوذ الماء :** _

_ _

1) **قارن بين كل من :**

وجه المقارنة	معامل التمدد الخطي	معامل التمدد الخطي
رمز الكمية		
وحدة القياس		
العوامل التي يتوقف عليها		

ج – قارن بين كل من :

وجه المقارنة	الماء	سائل آخر
الحجم عند التجمد		
الكثافة عند التجمد		

أ. حسن عطية

السؤال السابع :- حل المسائل التالية :

حيثما لزم الأمر اعتبر أن :

الجسم الصلب	الرصاص	الألمنيوم	البرونز	النحاس	الذهب	الحديد	الزجاج
متوسط معامل التمدد الطولي $\propto (\times 10^{-6})\ °C^{-1}$	(29)	(23.1)	(20)	(17)	(14)	(11.8)	(8.5)

نوع السائل	الكلوروفورم	البنزين	الكحول	زيت الزيتون	حمض الكبريتيك	الزئبق	الماء (20-40) °C	الماء (5-10) °C
متوسط معامل التمدد الحجمي $\gamma\ (\times 10^{-6})\ °C^{-1}$	(126)	(121)	(110)	(70)	(57)	(18.18)	(30.2)	(5.3)

1) كمية من الماء كتلتها g (200) في °C (20) إلى (92).

إجابات الأسئلة الموضوعية

السؤال الأول : المصطلح	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

الثاني : صح أم خطأ	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

السؤال الثالث : أكمل	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

إجابات السؤال الرابع : اختيار من متعدد			
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6			
7			
8			