

# المادة والخصائص الحرارية

## ١-٦ التمدد الحراري

**التمدد الحراري:** هو زيادة حجم المادة عندما ترتفع درجة حرارتها.

كلما تمدد الهواء تصبح كثافته أقل لذا يرتفع البالون المملوء بالهواء الساخن إلى أعلى.

ف الشكل المقابل:



(أ) يستطيع القضيب الفلزي الدخول في الفجوة.

(ب) بعد التسخين يتمدد القضيب الفلزي ولن يكون قادرا على الدخول في الفجوة.

بعد التبريد ينكمش القضيب الفلزي ويكون قادرا مرة أخرى على الدخول في الفجوة.

### استخدامات التمدد:



1. ربط صفيحتين فلزيتين باستخدام مسمار فلزي ساخن:

عندما يبرد المسمار ينكمش ويشد الصفيحتين معا بإحكام.

2. تركيب إطار فولاذي ساخن لعجلة قاطرة سكة حديد؛ عندما يبرد الإطار ينكمش ويصبح مشدودا بإحكام على العجلة.

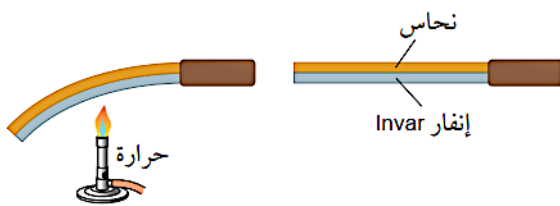
3. فك غطاء معدني ملتصق بوعاء زجاجي بوضعها في ماء ساخن: يتمدد المعدن أسرع من الزجاج فيسهل فك الغطاء.

4. موازين الحرارة التي تعتمد على التمدد الحراري للمادة السائلة بداخلها.

5. الشريط ثنائي الفلز: يتقوس لأن أحد الفلزين يتمدد أسرع من الآخر.

يستخدم في أجهزة الإنذار من الحريق وفي منظم درجة الحرارة

(الترمستور).



## مشاكل التمدد وكيفية علاجها:

يترتب على التمدد بعض المشاكل السلبية ومنها:

1. تقوس الجسور الفلزية وخطوط السكك الحديدية في الأيام الحارة،

وتعالج كالتالي:

أ. استخدام فواصل تمدد.

ب. صنع خطوط السكك الحديدية من سبيكة فلزية لا تتمدد بشكل كبير.

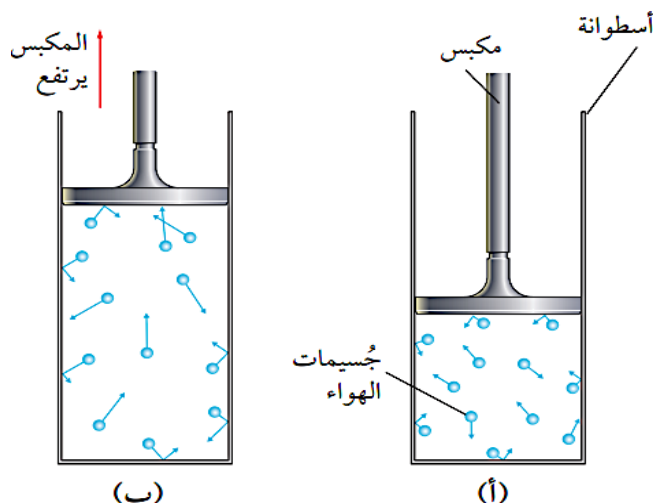
2. تهبش العبوات الساخنة عند سكب سائل ساخن فيها:

السبب: السطح الداخلي يتمدد سريعا قبل أن تصل الحرارة إلى السطح الخارجي، وتعالج كالتالي:

يستخدم زجاج البيركس، لأنه يتمدد قليلا أثناء التسخين.

أ. يستخدم الزجاج المقسى الذي يتحمل درجة حرارة عالية دون أن يتهبش.

## تمدد المواد الغازية



- تتمدد المواد الغازية عند تسخينها.

بسبب التسخين تتحرك جسيمات الغاز بسرعة أكبر،

فتدفع الجدران بقوة أكبر.

- تنكمش المواد الغازية عند تبريدها.

بسبب التبريد تتحرك جسيمات الغاز بسرعة أقل، فتدفع

الجدران بقوة أقل.

إذا لم يكن المكبس حر الحركة	إذا كان المكبس حر الحركة		
يظل كما هو	يزداد لأن المكبس سيتحرك إلى الأعلى	حجم الغاز	بالتسخين
يزداد	يظل كما هو	ضغط الغاز	
قوة الدفع ستكون أكبر من وزن المكبس	قوة الدفع ستساوي وزن المكبس	لأن	
يظل كما هو	يقل لأن المكبس سيتحرك إلى الأسفل	حجم الغاز	بالتبريد
يقل	يظل كما هو	ضغط الغاز	
قوة الدفع ستكون أقل من وزن المكبس	قوة الدفع تساوي وزن المكبس	لأن	

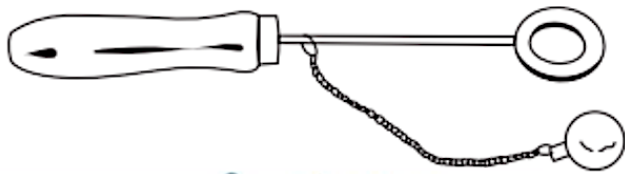
## مقارنة تمدد الصلبة والسائلة والغازية

- إذا تمددت مادة ما لا تصبح جسيماتها أضخم، بل إنها تتحرك بشكل أسرع بسبب الطاقة المكتسبة فتشغل حيزاً أكبر.
- تمدد المواد الغازية < من تمدد المواد السائلة < تمدد المواد الصلبة.
- تمدد المواد السائلة عموم أكبر بقليل من تمدد المواد الصلبة
- استثناءان: البارافين والبنزين يتمددان بسرعة كبيرة مع أنهم سوائل وهذا يسبب تدفق البنزين خارج خزان السيارة في الأيام الحارة.
- لا تتمدد المواد الصلبة كثيراً لأن جسيماتها غير قادرة على دفع الجسيمات المجاورة لها.
- بعض المواد الصلبة كزجاج البيركس وسبيكة الانفجار صممت لكي تتمدد بأقل قدر ممكن.
- تتمدد المواد الغازية كثيراً لأن جسيماتها تتحرك بسرعة أكبر، فيسهل عليها دفع جدران وعائها.

## ملاحظات حول التمدد مع التفسير

### تمدّد مادة صلبة:

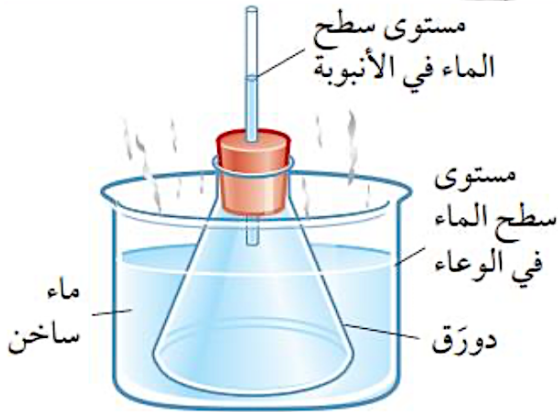
عندما تكون الكرة ساخنة، فإنها تتمدد، فلا تستطيع المرور من خلال الحلقة.



وعندما تكون باردة، فإنها تنكمش، فتمر من خلال الحلقة.

### تمدّد مادة سائلة:

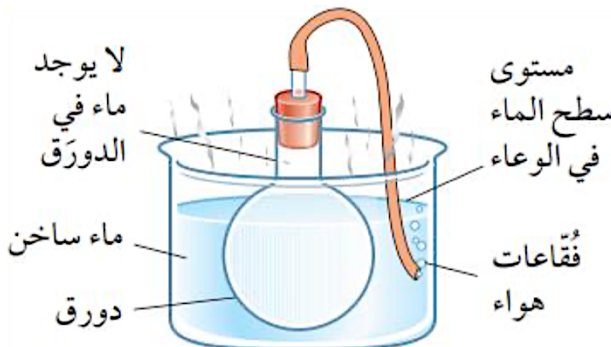
عندما يوضع الدورق في وعاء به ماء ساخن، يتمدد الماء بداخله، فيرتفع مستوى الماء داخل الأنبوبة.



عندما يوضع الدورق في وعاء به ماء بارد، ينكمش الماء بداخله، فينخفض مستوى الماء داخل الأنبوبة.

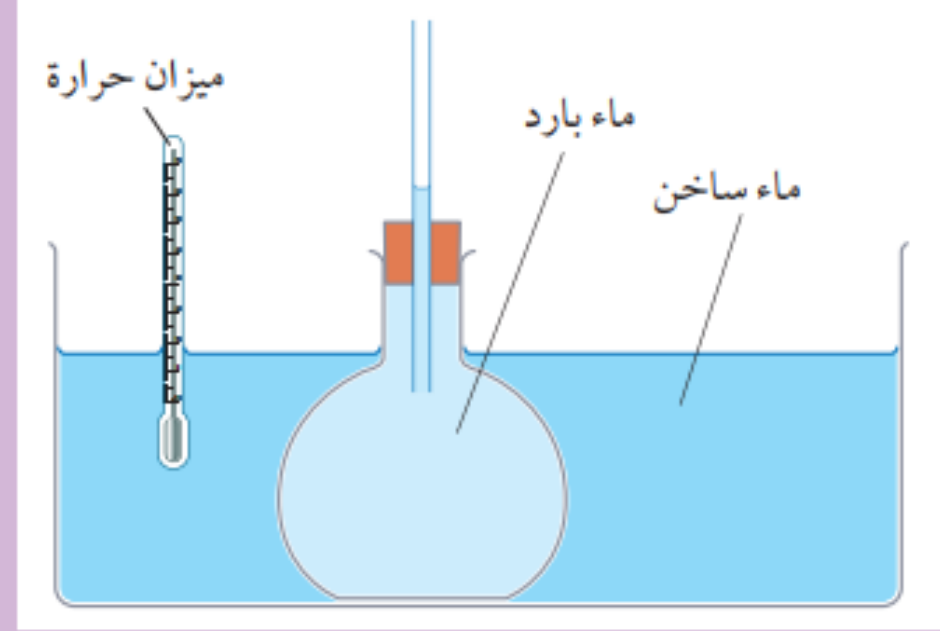
### تمدّد مادة غازية:

عندما يوضع الدورق في وعاء به ماء ساخن، يتمدد الهواء بداخله، فيندفع إلى السائل من خلال الأنبوبة وتظهر الفقاعات.



وعندما يوضع في وعاء به ماء بارد، ينكمش الهواء بداخله، فيتحرك الماء إلى داخل الأنبوبة.

١-٦ يمثّل الرسم أدناه تجربة لعرض التمدّد الحراري للماء.



٢-٦

يوضح الجدول أدناه النسب المئوية لتمدّد أحجام بعض المواد بارتفاع درجة حرارتها ( $1^{\circ}\text{C}$ ) فقط، بدءًا من درجة الحرارة ( $20^{\circ}\text{C}$ ).

المادة	نسبة التغيّر في الحجم (%)
زجاج	0.00026
فولاذ	0.0033
ماء	0.0069
بنزين	0.095
هواء جاف	0.34

- أ. ما نسبة تمدّد الماء إلى تمدّد الفولاذ؟  
ب. ما نسبة تمدّد الهواء الجاف إلى تمدّد الزجاج؟

أ. صف واشرح ما سيحدث عندما يُوضع دُورق الماء البارد في حوض الماء الساخن.

ب. صف كيف يمكن تعديل هذه التجربة كي تصلح للمقارنة بين مقدار تمدّد الماء وتمدّد سائل البارافين عند رفع درجة حرارة كلّ منهما بالمقدار نفسه. اذكر المتغيّرات التي يجب التحكم بها لجعل هذه المقارنة عادلة.

١-٦ أ. الماء البارد سوف يسخن ويتمدد. ومع ازدياد حجمه، سوف يندفع ويزيد مستوى ارتفاعه في الأنبوبة.

ب. تُعدّل التجربة بإعداد دورقين متماثلين، أحدهما مملوء بالماء، والآخر مملوء بالبارافين. ثم يُغلق كل دورق بسدادة تنفذ منها أنبوبة رفيعة. ويوضع الاثنان في حوض الماء الساخن نفسه. يجب أن يكون الدورقان متماثلين والأنبوبتين أيضاً. ويجب أن يكون للسائلين نفس المستوى في الأنبوبتين قبل وضع الدورقين في حوض الماء الساخن، وأن تكون لهما درجة الحرارة الابتدائية نفسها.

سوف نجد أن البارافين يتمدد أكثر من الماء مع ارتفاع درجة الحرارة.

٢-٦ أ. إذا أخذنا نفس الحجم من الماء والفولاذ، نجد أن النسبة المئوية لتمدد الماء إلى تمدد الفولاذ عندما نرفع درجة حرارة كل منهما (1 °C)، هي:

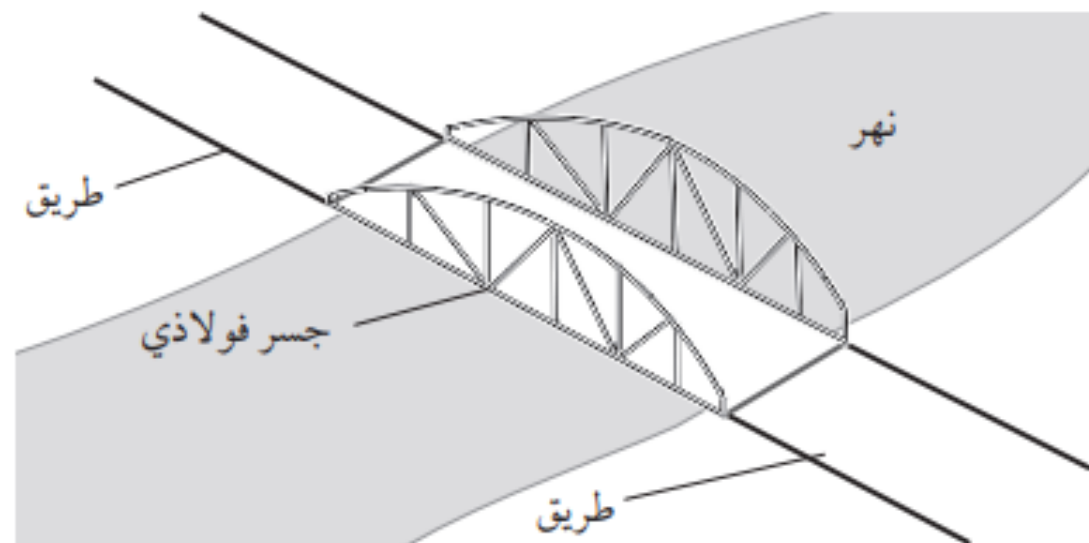
$$\frac{0.0069}{0.0033} = 2.09$$

تبلغ النسبة المئوية لتمدد الماء ضعف النسبة المئوية لتمدد الفولاذ (أو ستزداد 2:1 مرّة).

ب. 
$$\frac{0.34}{0.00026} = 1307.69$$

النسبة المئوية لتمدد الهواء الجاف سوف تزداد 1308 مرّة تقريباً عن النسبة المئوية لتمدد الزجاج.

يصل جسر فولاذي بين طرفي طريق بهدف الانتقال من ضفة النهر إلى الضفة الثانية.



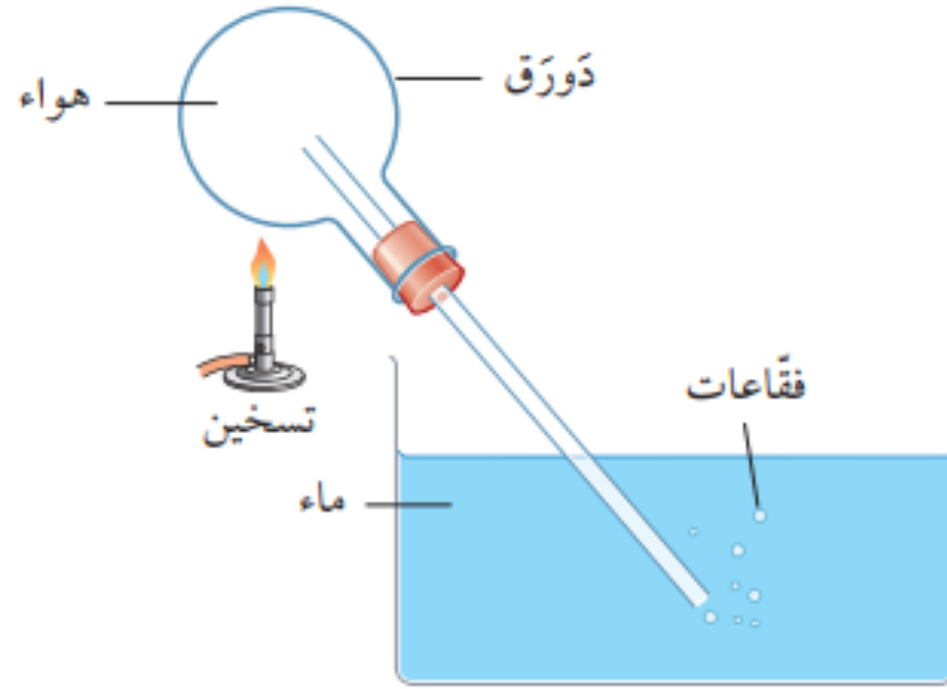
عندما يكون الطقس بارداً تكون هناك فجوة بين طرفي الجسر الفولاذي وطرفي الطريق. وتضيق تلك الفجوة في الطقس الحار.

أي من هذه العبارات الآتية تفسّر لماذا تضيق الفجوة؟

- أ. ينكمش الهواء في الفجوة مع ارتفاع درجة الحرارة.
- ب. يتمدد الفولاذ في الجسر مع ارتفاع درجة الحرارة.
- ج. ينكمش كل من طرفي الطريق مع ارتفاع درجة الحرارة.
- د. يتمدد الماء أسفل الجسر مع ارتفاع درجة الحرارة.



يبيّن الشكل أدناه تجربة للاستقصاء عن الخصائص الحرارية للمادة.



- أ. اشرح سبب تشكّل الفقاعات.
- ب. بعد تسخين الهواء في الدورق أخضع للتبريد ولم يخضع الجهاز لأي تغييرات أخرى. صف ما يمكن أن تشاهده عندما يبرد الهواء في الدورق.

يبين الجدول أدناه النسبة المئوية للزيادة في حجم ثلاث مواد (أ)، (ب)، (ج) عند تسخينها. فإذا كان الارتفاع في درجة حرارة المواد الثلاث (الصلبة، السائلة، الغازية) هو نفسه:

المادة	نسبة التغير في الحجم (%)
(أ)	7.0
(ب)	0.001
(ج)	0.01

أ. استخدم المعلومات الواردة في الجدول لتحديد أي مادة هي:

٠١ صلبة

٠٢ سائلة

٠٣ غازية

ب. فسّر اختيارك للمادة التي حددت أنها غازية.



١

العبارة ب. يتمدد الفولاذ في الجسر مع ارتفاع درجة الحرارة.  
(تتمدد المواد عند تسخينها، ولن تتأثر الفجوة بأي تمدد للماء أسفل الجسر).

٢

أ. يتمدد الهواء (في الدورق) عند تسخينه.

يشغل الهواء حجمًا أكبر.

لذلك، يخرج (بعض) الهواء على شكل فقاعات من نهاية الأنبوبة.

ب. تحرك الماء إلى الأعلى في الأنبوبة.

يحدث هذا لأن الهواء داخل الدورق قد انكمش عند تبريده، وهذا ما جعل الماء يتحرك ليشغل الحجم المتبقي بعد انكماش الهواء منه.

٣

أ. ١. يكون تمدد المواد الصلبة هو الأقل. (ب)

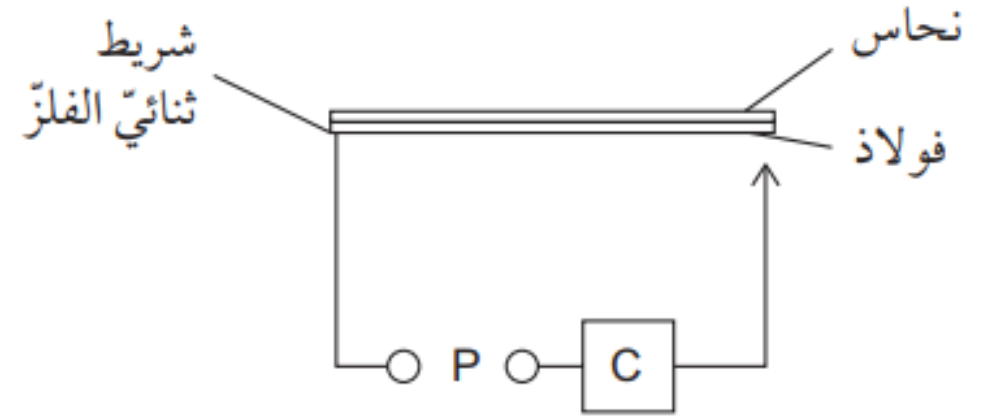
٢. يكون تمدد المواد السائلة بمقدار وسطي قياسًا على الحالتين الأخريين. (ج)

٣. يكون تمدد المواد الغازية هو الأكبر. (أ)

ب. تتمدد المواد الغازية أكثر من المواد الصلبة أو السائلة (عندما ترتفع درجة حرارتها بنفس المقدار).

لا توجد قوى بين الجسيمات (القوى بين جسيمات المادة الغازية تكاد تكون معدومة) / الجسيمات ليست على تماس.

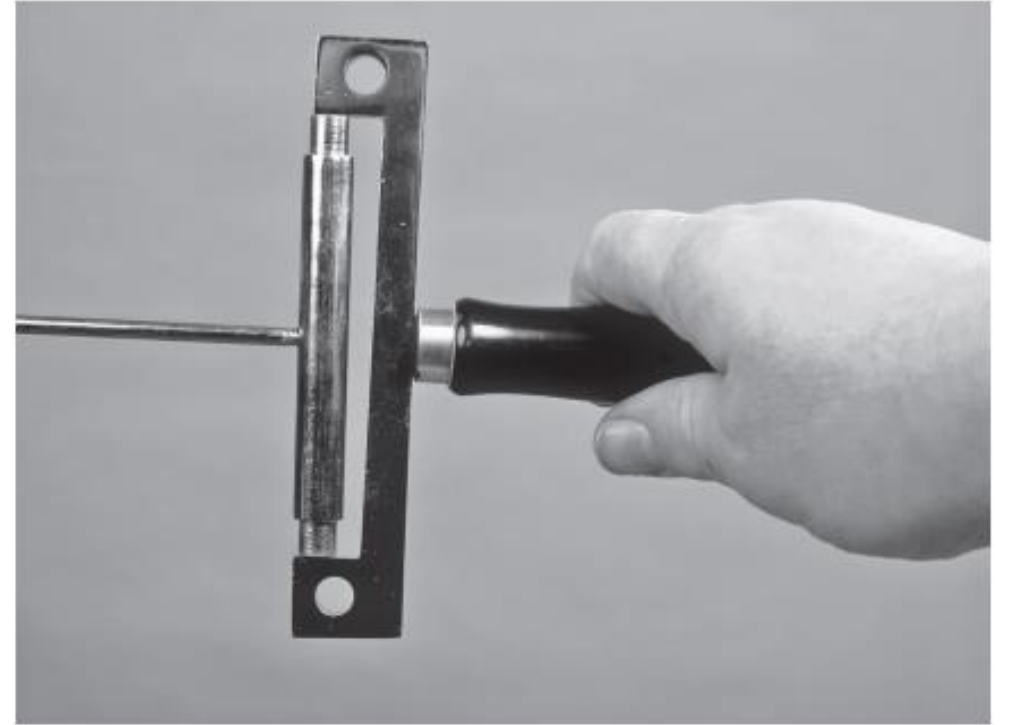
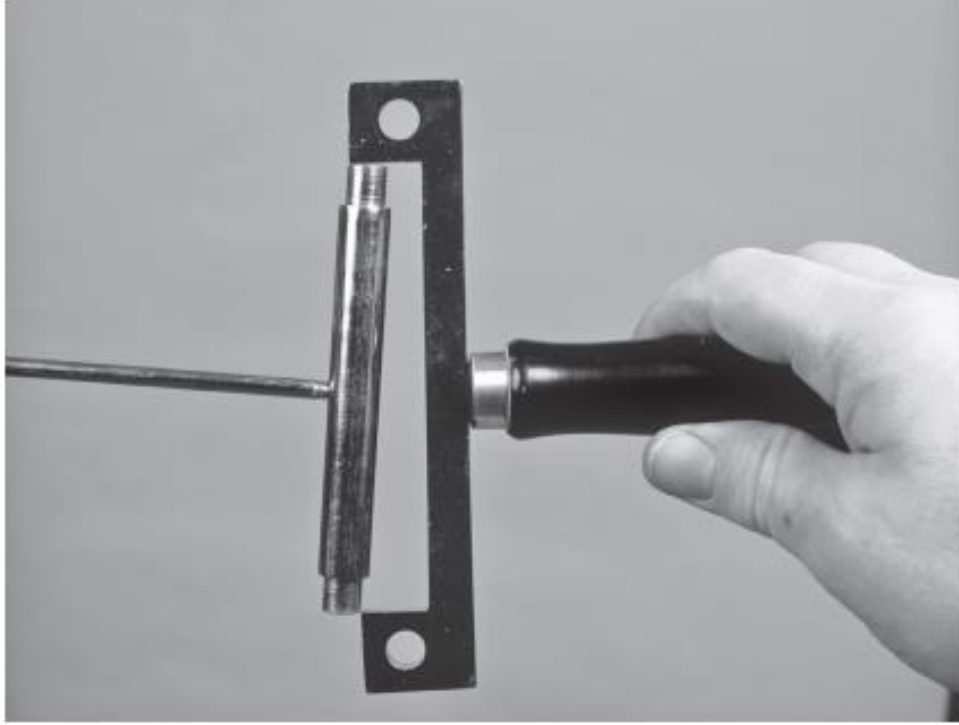
يُبيّن الشكل أدناه مخططاً لدائرة كهربائية تُستخدم للتحكّم في وحدة تكييف الهواء (C)، والتي تبعث هواء بارداً في غرفة ما. تحتوي الدائرة على شريط ثنائي الفلزّ مصنوع من شريطين فلزيّين مختلفين يلتصق أحدهما بالآخر. علماً أن الفلزيّين هما النحاس والفولاذ وأن الدائرة الكهربائية تعمل باستخدام مصدر للطاقة (P). عندما يسخن الفلزان بارتفاع درجة الحرارة نفسها يتمدد النحاس أكثر من الفولاذ.



اشرح كيف يعمل الشريط الثنائي الفلزّ على التحكّم في وحدة تكييف الهواء تلك.

يتقوَّس الشريط الثنائي الفلزُّ إلى الأسفل؛ بسبب التمدُّد، عندما تكون الغرفة ساخنة، عندئذ يغلق الشريط الدائرة الكهربائية، وتعمل وحدة تكييف الهواء (عندما تكون الغرفة ساخنة). وعندما تبرد الغرفة ينكمش الشريط ويعود إلى وضعه الطبيعي، ثم تفتح الدائرة الكهربائية، وتتوقَّف وحدة التكييف عن العمل.

أ غالباً ما تُستخدم تجربة «القضيب وأداة القياس» لإظهار أن الفلزّ يتمدّد عند تسخينه.



اكتب طريقة عملية تُبيّن كيف تُستخدم هذه الأدوات لإظهار التمدّد الحراري عند التسخين والانكماش عند التبريد.

ب أعطِ مثالاً على مشكلة يمكن أن تنشأ عندما تتمدّد مادة صلبة في يوم حارّ.

ج يتكوّن الشريط الثنائيّ الفلزّ من شريطيّ أحدهما من الفولاذ والآخر من الإنفار invar (سبيكة فلزيّة من الحديد والنيكل) مثبتيّن معاً. ارسم مخططاً مُماثلاً لهذا الشريط الثنائي وحدّد كيف يتقوّس عند تسخينه. (يتمدّد الفولاذ أكثر من الإنفار عند تسخينهما).

د يُبيّن الجدول ١-٦ نسبة الزيادة في حجم المادّة عند ارتفاع درجة حرارتها بمقدار  $(1^{\circ}\text{C})$ .

المادّة	نسبة تغيّر الحجم %
الهواء الجاف	0.34
الماء	0.0069
البنزين	0.095
الحديد والصُّلب الكربوني (الفولاذ الكربوني)	0.0033
الإنفار	0.00027
النحاس	0.0051
الخرسانة	0.0036
النحاس الأصفر	0.0056
بوليمر	0.0156

الجدول ١-٦

أجب عن الأسئلة الآتية المتعلقة بالمواد الواردة في الجدول ٦-١ .

١ . ما المادة الأكثر تمدُّدًا؟ .....

٢ . ما المادة الأقل تمدُّدًا؟ .....

٣ . ما المادة السائلة الأكثر تمدُّدًا؟ .....

٤ . ما المادة الصلبة الفلزّية الأقل تمدُّدًا؟ .....

٥ . لم يُعدّ صنع شريط ثنائي من فلزيّ النحاس والنحاس الأصفر أمرًا غير مُلائم؟

٦ . اقترح أفضل زوجِ فلزيّ لصنع شريط ثنائيّ الفلزّ.



أ

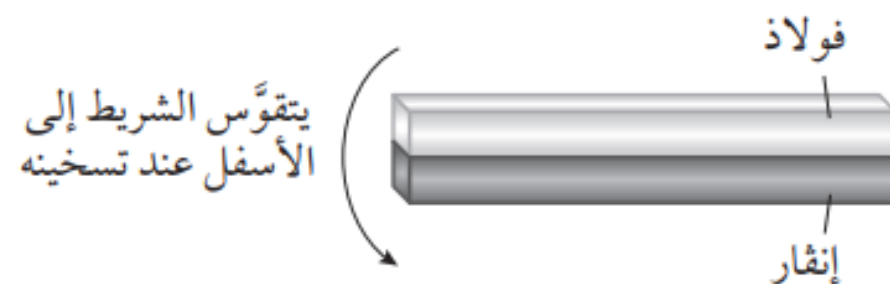
أدخل القضيب في أداة القياس. لاحظ أن القضيب يدخل في فجوة أداة القياس.  
سخن القضيب. لاحظ أنه لم يعد يدخل في فجوة أداة القياس.

ب

دعه يبرد. لاحظ أن القضيب قد دخل في فجوة أداة القياس مرة أخرى عندما برد.  
تمدد جسر أو تمدد سكة حديد (أي إجابة صحيحة يشير إليها الطالب).

ج

يكون الفولاذ في الجهة الخارجية من الشريط؛ كي يصبح أطول من الإنقار ويسهم في التقوس عند تسخينه.



د

١. الهواء الجاف.

٢. الإنقار.

٣. البنزين.

٤. الإنقار.

٥. النحاس والنحاس الأصفر لهما نسب تمدد متقاربة، لذلك سوف يكون تقوس الشريط ضئيلاً جداً.

٦. الإنقار والنحاس؛ أو الإنقار والنحاس الأصفر.