

# الوحدة السابعة

## قياس درجة الحرارة

### ١-٧ درجة الحرارة وموازين الحرارة

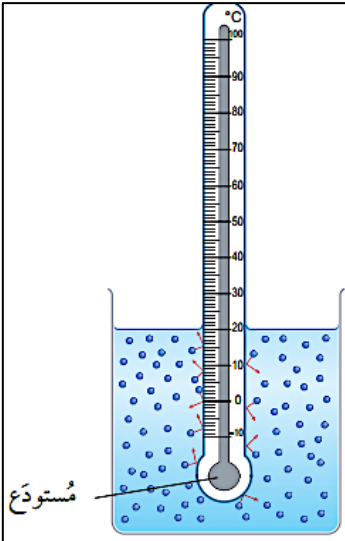
**درجة الحرارة** هي قياس لمدى سخونة جسم ما أو برودته.



الصورة ١-٧ ميزان حرارة مصنوع من البلاستيك والفلز مع شاشة من السائل البلوري

- يحتوي ميزان الحرارة الزجاجي على عمود رفيع من الزئبق أو الكحول داخل أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء، كلما سخن هذا السائل يتمدد.
- ميزان الحرارة الزجاجي ليس آمناً وخاصة مع الأطفال، لذا يفضل استخدام ميزان يحتوي على سائل بلوري.
- يستغرق السائل داخل ميزان الحرارة الزجاجي وقتاً لكي يتمدد وتثبت قراءته لذا علينا أن ننتظر دقيقة أو دقيقتين كي نقرأ درجة الحرارة بشكل صحيح.

### الطاقة ودرجة الحرارة



- يتشارك ميزان الحرارة مع المادة درجة حرارتها.
- علل: ميزان الحرارة يقيس درجة حرارته هو.
- لأن جسيمات المادة تصطدم به حتى تصل درجة حرارة الميزان إلى درجة حرارة المادة. وهذا يعني أن ميزان الحرارة يمتص جزءاً من طاقة المادة.
- علل: لا يفضل استخدام ميزان حرارة كبير لقياس درجة حرارة كمية صغيرة من الماء؟ لأنه يمتص الكثير من طاقة الماء وبالتالي يعطي قراءة غير صحيحة.
- علل: عند قياس درجة حرارة كمية قليلة من الماء يفضل استخدام ميزان حرارة إلكتروني له مجس صغير.
- لأنه يمتص طاقة قليلة من الجسم وبالتالي يعطي قراءة صحيحة.
- الطاقة الحرارية: تزيد بزيادة كمية المادة لأن عدد الجسيمات أكثر.
- درجة الحرارة: لا تعتمد على كمية المادة لأنها مقياس لمتوسط طاقة حركة الجسيمات.

## الخصائص الفيزيائية التي تتغير بتغير درجة الحرارة

1. حجم المادة السائلة.
2. طول المادة الصلبة.
3. المقاومة الكهربائية لسلك.
4. الجهد الكهربائي بين نقطتي اتصال فلزين مختلفين.

## مميزات ميزان الحرارة

1. الحساسية: هي قدرة ميزان الحرارة على قياس التغيرات الصغيرة في درجة الحرارة بدقة.
- ميزان الحرارة الحساس هو الذي تتغير خاصيته الفيزيائية بمقدار كبير عندما تتغير درجة الحرارة بمقدار طفيف.
- مثل الميزان الذي يستخدم البلّورات التي تتغير فيها سرعة الضوء مع درجة الحرارة.
- ومثل المقاومة الحرارية (الثرمستور) التي تنخفض مقاومتها بارتفاع درجة الحرارة.

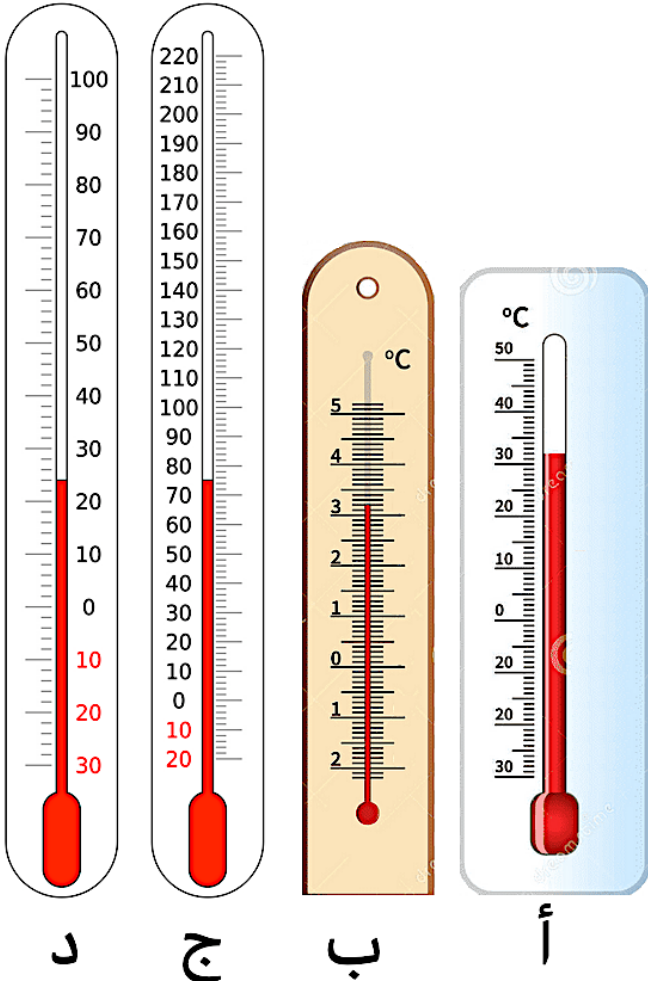
## يكون ميزان الحرارة حساسا عندما؟

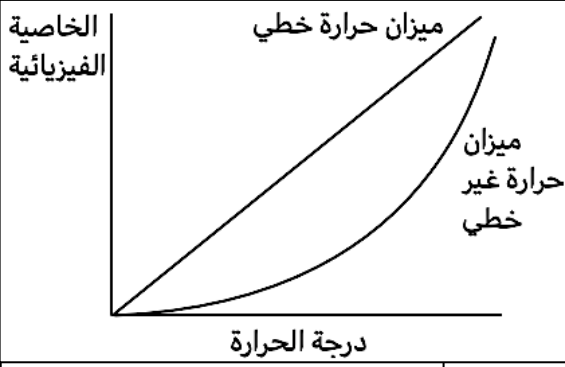
- أ. تكون علامات التدرج فيه متباعدة.
  - الميزان (ب) في الشكل المقابل أكثر حساسية من الموازين الأخرى.
  - الميزان (د) أكثر حساسية من الميزان (ج).
  - ب. تكون الأنبوبة بداخله ضيقة.
2. المدى : هو الفرق بين درجة الحرارة الدنيا والقصى التي يمكن أن يقيسها الميزان.
- مثلا: ميزان الحرارة المعبأ بالكحول الحد الأقصى هو درجة غليانه ( $78^{\circ}\text{C}$ ) والحد الأدنى هو درجة تجمده والتي تساوي ( $-114^{\circ}\text{C}$ )، لذا فإن مداه يحسب كالتالي:

$$78 - (-114) = 192^{\circ}\text{C}$$

مدى الميزان (أ) يساوي:  $80^{\circ}\text{C}$

مدى الميزان (ج) يساوي:  $240^{\circ}\text{C}$





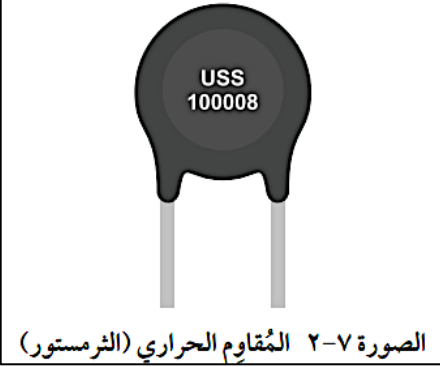
3. الخطية: وهي تعني أن التغيرات المتساوية في درجة الحرارة تعطي تغيرات متساوية في الخاصية الفيزيائية، وبالتالي يكون التمثيل البياني للخاصية الفيزيائية مقابل درجة الحرارة خطًا مستقيمًا. يمكن معرفة الميزان الخطي بمجرد النظر إذا كانت المسافات بين علامات تدرجه متساوية (مثل ميزان الحرارة الزئبقي).

ميزان الحرارة الذي يستخدم المقاوم الحراري غير خطي، لأن العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة ليست خطًا مستقيمًا.

### إيجابيات المقاومة الحرارية:

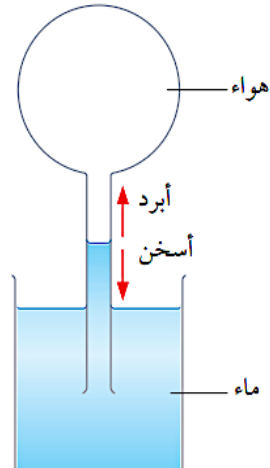
حساسيتها عالية ومتينة ويصعب تلفها لذا تستخدم في صنع المعدات الإلكترونية.

من سلبيات المقاومة الحرارية: ليست خطية.



### ميزان الحرارة الذي ابتكره جاليليو

- فكرة عمله: عند ارتفاع درجة الحرارة يتغير حجم الهواء في الدورق فيتنغير ارتفاع الماء في الأنبوبة.
- عيوبه: مداه ضيق وغير دقيق لأن حجم السائل يقل بسبب التبخر وحجم الهواء يقل بسبب ذوبانه في الماء.



### التدرج السيليزي

#### ميزان الحرارة الذي ابتكره سيلزيوس

- فكرة عمله: عندما ترتفع درجة الحرارة يتمدد الزئبق داخل أنبوبة زجاجية.
- مميزاته: لا يكون هناك مجال لفقدان المادة السائلة بواسطة التبخر.
- تدرجه له نقطتان ثابتتان هما:

0 °C وهي درجة تجمد الماء النقي ، 100 °C وهي درجة غليان الماء النقي.

- كيف قام سيلزيوس بمعايرة ميزان الحرارة (أي كيف وضع التدرج على الميزان):

1. وضع الميزان في جليد ينصهر ليحدد موضع الصفر.
2. ثم في ماء يغلي ليحدد موضع ال 100 °C.
3. ثم قسم المسافة بينهما إلى 100 قسم متساو.

1. تحتوي دلوان على ماء درجة حرارته ( $30^{\circ}\text{C}$ ). تحتوي إحداها على (1 kg) من الماء في حين تحتوي الدلو الثانية على (2 kg) من الماء. اذكر واشرح إن كانت الكميتان التاليتان متشابهتين أو مختلفتين في ماء الدلوين:

- أ. متوسط طاقة حركة جسيمات الماء
- ب. الطاقة الحرارية الإجمالية للماء

2. ما هما النقطتان الثابتتان على ميزان الحرارة السليزي؟
3. اكتب خطوة بخطوة تعليمات معايرة ميزان حرارة باستخدام المقياس السليزي.
4. اشرح كيف استفاد غاليليو من التمدد الحراري في تصميم ميزان الحرارة.

### الإجابات

1.

- أ. متوسط طاقة حركة الجسيمات هو نفسه في كل من الدلوين، لأن درجة الحرارة هي نفسها فيهما.
- ب. إجمالي الطاقة الحرارية في الدلو التي تحتوي على (2 kg) ضعف إجمالي الطاقة الحرارية في الدلو التي تحتوي على (1 kg)، لأن الدلو التي تحتوي على (2 kg) بها ضعف عدد الجسيمات الموجودة في الدلو التي تحتوي على (1 kg).

2.

- $0^{\circ}\text{C}$  درجة انصهار الثلج النقي.
- $100^{\circ}\text{C}$  درجة غليان الماء النقي.

3.

- يوضع ميزان الحرارة في ثلج نقي ينصهر، وتُحدد علامة ( $0^{\circ}\text{C}$ ).
- يوضع ميزان الحرارة في ماء نقي يغلي، وتُوضع علامة ( $100^{\circ}\text{C}$ ).
- تقسم المسافة بين هاتين العلامتين إلى 100 قسم متساوٍ لتكوين التدرج.

4. مع ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها، يتمدد الهواء أو ينكمش في الدورق، مما يجعل مستوى سطح الماء في الأنبوبة يتغير.

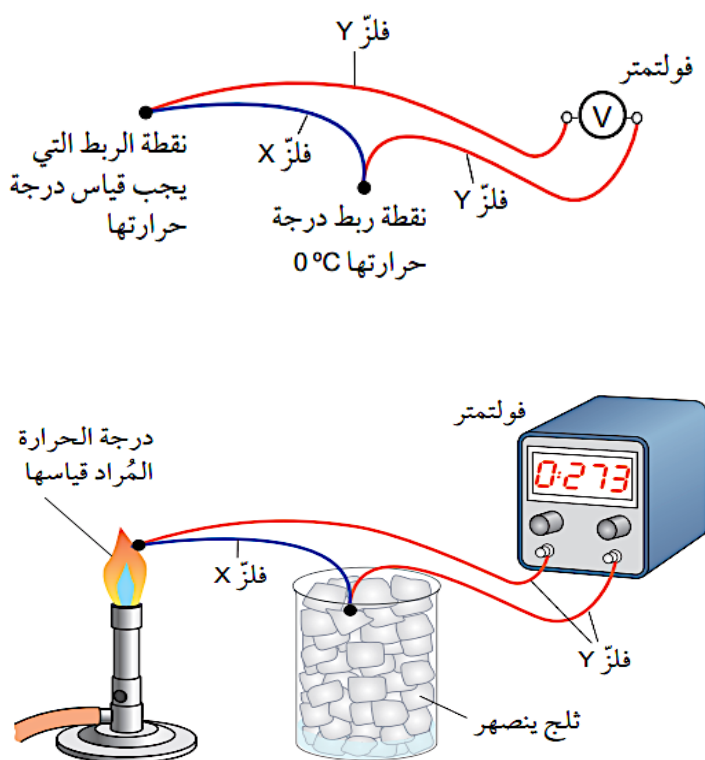
## ٢-٧ تصميم ميزان حرارة

مميزات موازين الحرارة الزجاجية المعبأة بالزئبق أو الكحول:

1. المقياس خطي: أي أن الزئبق يتمدد بمعدل ثابت أثناء تسخينه. وهذا يعني أن العلامات على التدرج متساوية التباعد.
2. يمكن جعل ميزان الحرارة حساساً جداً بجعل الأنبوبة ضيقة جداً.
3. يمتلك ميزان الحرارة الزئبقي مدى واسعاً لأن الزئبق يبقى في حالته السائلة بين ( $+350^{\circ}\text{C}$  ,  $-39^{\circ}\text{C}$ ).

### المزدوج الحراري

- المزدوج الحراري: هو أداة كهربائية مصنوعة من فلزين مختلفين تُستخدم لقياس درجة الحرارة.
- تركيبه: يتكون من سلكين مصنوعين من فلزين مختلفين مربوطين عند نقطتي الربط.
- توضع إحدى نقطتي الربط في ثلج ينصهر (أي عند درجة الصفر).
- توضع نقطة الربط الأخرى في الجسم المراد قياسه.
- يوصل طرفا السلكين (Y) بفولتметр حساس.
- فكرة عمله: كلما زاد الفرق في درجة الحرارة بين نقطتي الربط زادت قراءة الفولتметр (أي زاد فرق الجهد)
- الفلزات المستخدمة في المزدوجات الحرارية تشمل الحديد والنحاس والألومنيوم والنيكل والبلاتين



استخدامات المزدوج الحراري: في موازين الحرارة الإلكترونية وفي أفران الغاز وسخانات الغاز.

عيب المزدوج الحراري: سهل التصدع بسبب صغر حجمه.

مميزات المزدوج الحراري:

1. لا يمتص كثيرا من طاقة المادة لأن نقطتي الربط في المزدوج الحراري صغيرتان جدا.
2. مفيد لقياس درجات الحرارة التي تتفاوت بسرعة لأن فرق الجهد يتغير بسرعة، كما أن نقطة الربط صغيرة جدا.
3. قياس درجات الحرارة المرتفعة لأن درجة انصهار الفلزات غالبا ما تكون مرتفعة.
4. يتيح اختيار الفلزين الحصول على فرق جهد أكبر لقياس التغيرات الطفيفة في درجة الحرارة (حساسية أكبر).

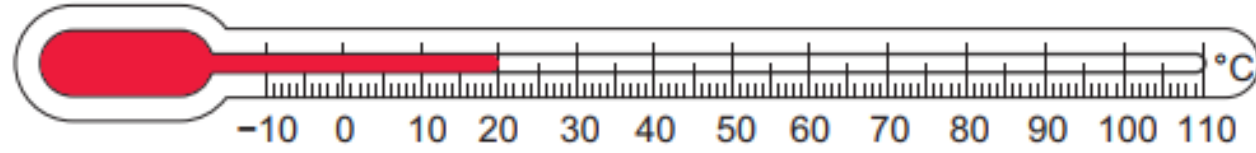
**أسئلة:**

5. تُبين الصورة السابقة المزدوج الحراري وهو ميزان حرارة غير خطي. اشرح المقصود بغير خطي في هذه الحالة.
6. لماذا يُعدُّ المزدوج الحراري أفضل من ميزان الحرارة المُعبأ بالزئبق عند قياس درجات الحرارة السريعة التغير؟

**الإجابات:**

5. لا تعطي التغيرات المتساوية في درجة الحرارة تغيرات متساوية في الجهد الكهربائي. وبالتالي لن يكون التمثيل البياني للجهد الكهربائي مقابل درجة الحرارة خطأ مستقيماً.
6. لأن الجهد الكهربائي يتغير بشكل لحظي، أما حجم الزئبق فإنه يستغرق وقتاً طويلاً ليتغير.

يُبيّن الرسم أدناه ميزان حرارة زجاجياً مُعبأً بالكحول حيث يحتوي الكحول على صبغة حمراء.



أ. أيّ من الخصائص الآتية يستخدمها ميزان الحرارة لكي يعمل؟

- التمدّد الحراري للأنبوبة الزجاجية
- التمدّد الحراري للمادة الغازية
- التمدّد الحراري للكحول
- التمدّد الحراري للمادة التي تُقاس درجة حرارتها

ب. اشرح الغرض من الصبغة الحمراء.



٢

وجد راشد ميزاناً حراريًا زئبقيًا قديمًا يحتوي على مادة سائلة هي الزئبق داخل أنبوبة زجاجية. ووجد التدرج على الميزان باهتًا ولم يُعد بالإمكان رؤيته بوضوح.

يعرف راشد أن ميزان الحرارة هذا يمكن استخدامه لقياس درجات الحرارة بين  $(-10^{\circ}\text{C})$  و  $(120^{\circ}\text{C})$ .  
أ. دوّن المصطلح المُستخدَم للفرق بين درجتَي الحرارة القصوى والدنيا التي يمكن لميزان الحرارة قياسها.

ب. يتوفّر لراشد ماء وجليد وكوب ومصدر حرارة ومسطرة وقلم ذو رأس رفيع لا تزول كتابته.  
صف كيف يمكن لراشد استخدام تلك الأدوات لوضع علامات دقيقة على ميزان الحرارة لتدرج سيليزي.

٣

لدى مُحمّد ميزاناً حرارة رقميان (أ) و (ب).

يقيس ميزان الحرارة (أ) درجات الحرارة بين  $(-100^{\circ}\text{C})$  و  $(300^{\circ}\text{C})$  بتدريج  $(1^{\circ}\text{C})$ .  
ويقيس ميزان الحرارة (ب) درجات الحرارة بين  $(10^{\circ}\text{C})$  و  $(50^{\circ}\text{C})$  بتدريج  $(0.01^{\circ}\text{C})$ .  
اشرح أيُّ من ميزانَي الحرارة له حساسية أكبر.



١

- أ. التمدُّد الحراري للكحول.  
 ب. الكحول سائل عديم اللون.  
 لذلك تُسهَّل الصبغة الحمراء رؤية موضع سطح السائل على الميزان.

٢

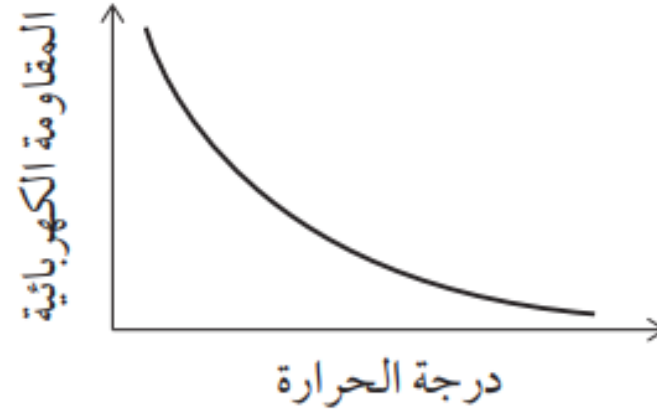
- أ. المدى.  
 ب. يضع ميزان الحرارة في خليط من ثلج وماء.  
 يُستخدم قلم ذو رأس رفيع لا تزول كتابته لوضع علامة تحدّد موضع الزئبق على ميزان الحرارة، حيث ينصهر الثلج.  
 يُستخدم مصدر الحرارة لغلي خليط الثلج والماء.  
 يُستخدم قلم ذو رأس رفيع لا تزول كتابته لوضع علامة تحدّد موقع سطح الزئبق على ميزان الحرارة، حيث يغلي الماء.  
 تُستخدم المسطرة لقياس المسافة بين العلامتين.  
 تقسم هذه المسافة بالتساوي إلى 100 قسم.

٣

- ميزان الحرارة (ب).  
 لأن بالإمكان اكتشاف التغيُّرات الأصغر في درجة الحرارة بخلاف ميزان الحرارة (أ).

٤

يُستخدَم تغيّر المُقاوَمَة الكهربائيّة مع درجة الحرارة في نوع معيّن من موازين الحرارة لكي يعمل. يُظهر التمثيل البياني أدناه كيف تتغيّر المُقاوَمَة الكهربائيّة لأحد موازين الحرارة تلك بتغيّر درجة الحرارة.



اشرح إن كان ميزان الحرارة هذا يُظهر خطيّة في عمله.

٥

ارسم رسمًا تخطيطيًا وأضف ملاحظاتك لتوضّح كيف يعمل المُزدوج الحراري.

٤

كلًا، لا يُظهر الخطية.

لا تُسبب التغيرات المتساوية في درجات الحرارة تغيرات متساوية في المقاومة.  
المنحنى البياني ليس خطًا مستقيمًا.

٥

يجب أن يشبه الرسم التخطيطي الشكل ٧-٣ المزدوج الحراري الوارد في الوحدة السابعة من كتاب الطالب.  
ويجب أن يتضمن:

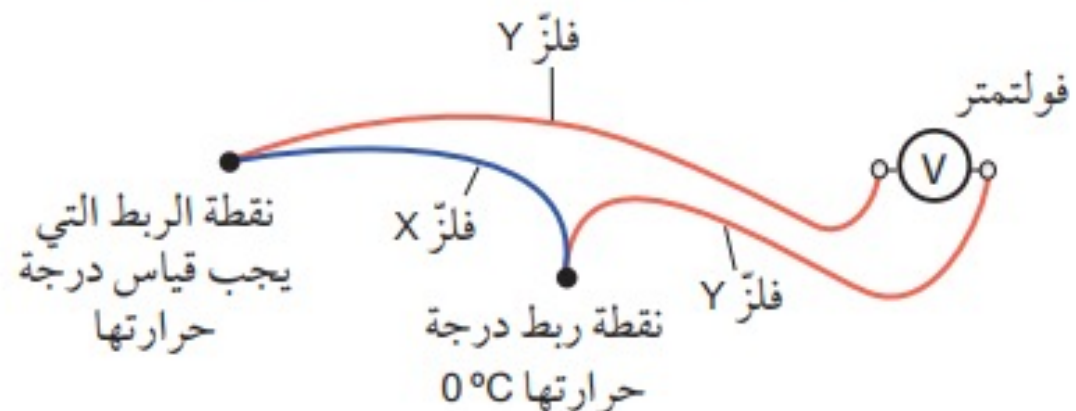
سلكين من فلزّ معيّن وسلكًا آخر من فلزّ مختلف.

نقطتي ربط بين كل من هذين السلكين والسلك الآخر.

تُسمّى إحدى نقطتي الربط نقطة باردة أو مرجعية (نقطة ربط درجة حرارتها  $0^{\circ}\text{C}$ ).

تُسمّى النقطة الأخرى نقطة ربط ساخنة أو نقطة القياس (التي يجب قياس درجة حرارتها).

يُتصل الفولتметр بنقطتي الربط بواسطة أحد الفلزيّن.



يُستخدَم ميزان الحرارة الزجاجي المُعبَّأ بالكحول لقياس درجات الحرارة في المُختَبَر. اشرح سبب تحرُّك سطح السائل إلى الأعلى في أنبوبة الميزان عند وضعه في الماء المغلي.

اشرح سبب تحرُّك سطح السائل إلى الأسفل في أنبوبة الميزان عند رفع المستودع كلياً من الماء المغلي.

يتمدد السائل (الكحول) مع ارتفاع درجة حرارته.  
وينكمش السائل (الكحول) مع انخفاض درجة حرارته.

أ يعتمد ميزان الحرارة على تغيُّرات بعض الخصائص الفيزيائية مع تغيُّر درجة الحرارة من أجل قياس درجة الحرارة.

١. اذكر الخاصية الفيزيائية التي يعتمد عليها عمل المزدوج الحراري.

ب يمكن لميزان الحرارة المُستخدَم في مُختبر المدرسة قياس درجات الحرارة من  $(-20^{\circ}\text{C})$  إلى  $(110^{\circ}\text{C})$  مع تقسيمات  $(0.5^{\circ}\text{C})$ .

تبلغ حساسية ميزان الحرارة للتغيُّرات في درجة الحرارة: .....

يبلغ مدى ميزان الحرارة هذا: .....

لدى رزان ميزان حرارة زجاجي مُعبأ بالكحول لم تتم مُعايرته. وضعتْ مستودع ميزان الحرارة في ثلج ينصهر، وبعد ذلك في ماء يغلي. ثم قامت بقياس طول عمود الكحول في كل مرة. يوضّح الجدول ٧-١ نتائجها.

الحالة	درجة الحرارة (°C)	طول عمود الكحول (cm)
الثلج المُنصهر		12.0
الماء المغلي		26.8

الجدول ٧-١

أ أكمل ملء الجدول ٧-١ بوضع قيمتي درجتَي الحرارة.

ب اشرح ما يعنيه أن ميزان الحرارة «لم يكن مُعايرًا».



ج استخدم البيانات لرسم منحنى التمثيل البياني لمُعَايَرة ميزان الحرارة على النحو الآتي:

- ضع النقطتين الواردتين في الجدول ٧-١ على الرسم البياني.
- صل بين النقطتين بخطٍّ مستقيم.

أجب عن الأسئلة التالية باستخدام التمثيل البياني (وضع عليه علامة لإظهار طريقتك):

١. إذا كان طول عمود الكحول (14.8 cm)، فما درجة الحرارة المُقابلة له؟ .....
٢. كم سيكون طول عمود الكحول عند درجة حرارة (60°C)؟ .....
٣. وُضِع ميزان الحرارة في مُجمِّد ثلّاجَة. إذا انخفض طول عمود الكحول إلى (10.0 cm)، فكم يكون مقدار درجة الحرارة داخل المُجمِّد؟ .....

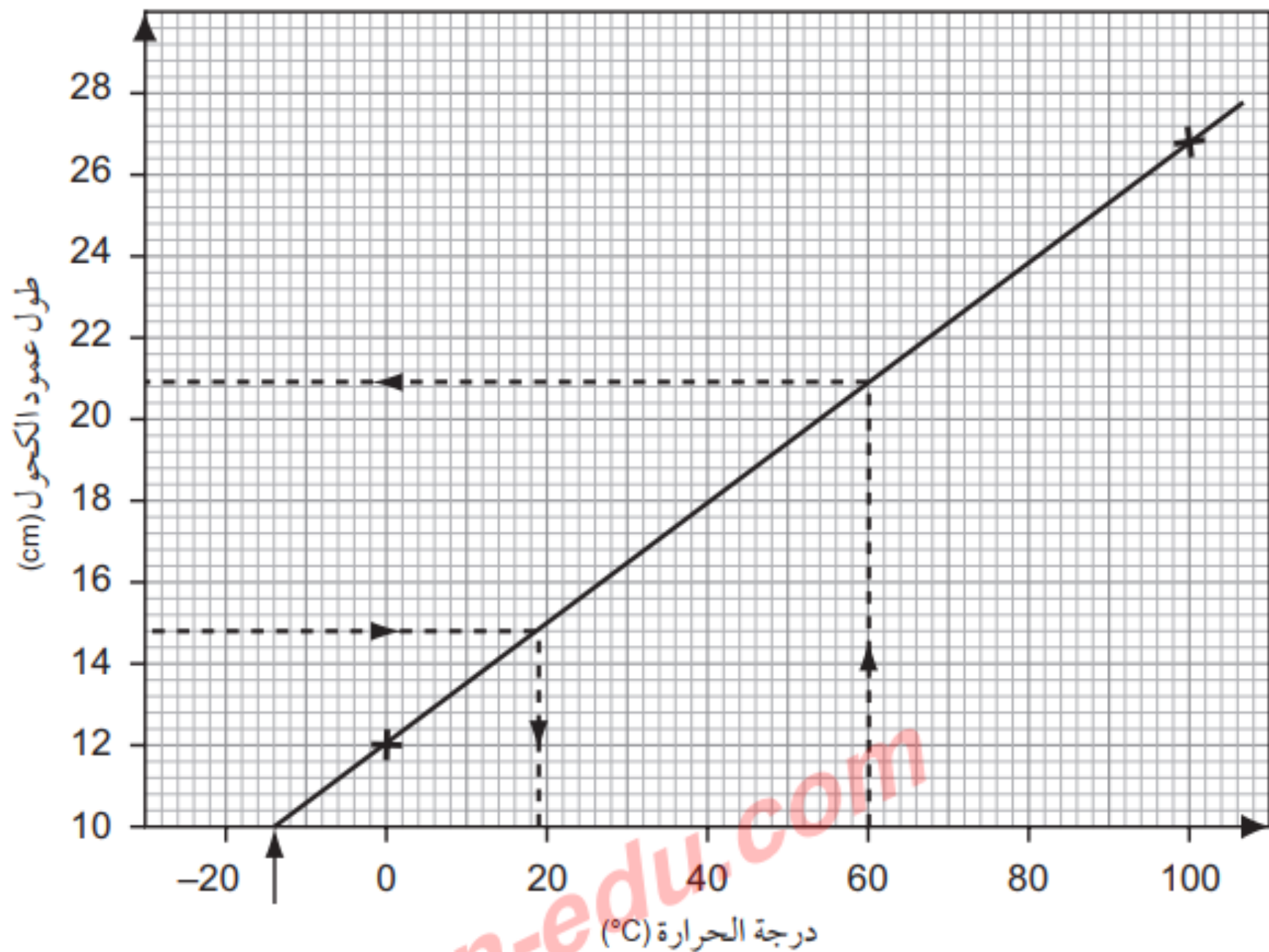
أ

الحالة	درجة الحرارة (°C)	طول عمود الكحول (cm)
الثلج المُنصهر	0.0	12.0
الماء المغلي	100.0	26.8

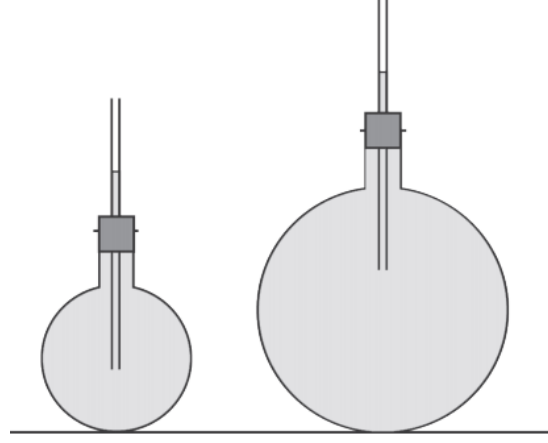
الجدول ٧-١

ب

عندما لا يكون ميزان الحرارة مُعايرًا، فإنه لا يتضمّن مقياسًا عدديًا (لا يحتوي على علامات تدريج).

١.  $19^{\circ}\text{C}$ ٢.  $20.9\text{ cm}$ ٣.  $-14^{\circ}\text{C}$ 

١ تُظهر الصورة أدناه ميزانَي حرارة صُنعا يدويًّا، هُما عبارة عن قارورتَي ماء. مع ارتفاع درجة الحرارة، يتمدد الماء ويرتفع مستواه في الأنبوبة الضيقة.



أ. إذا كان حجم القارورة اليمنى أكبر من حجم القارورة اليسرى، وضَّح كيف سيتغيَّر مُستوى الماء في كل من الأنبوبتين، مع ارتفاع درجة الحرارة بنفس المقدار في القارورتين؟

ب. إذا كانت القارورة اليسرى مُزوَّدة بأنبوبة أضيق، فكيف سيؤثر ذلك على قراءاتها؟

لدى وليد ميزان حرارة غير مُدرَّج ويجب مُعايرته.

قاس طول عمود السائل كما هو موضَّح في الرسم، فوجد أنَّ:

• طول العمود في الثلج المُنصهر = 4.5 cm

• طول العمود في الماء المغلي = 20.5 cm

أ. ما عدد السنتيمترات التي تعادل 100 درجة سليزية في هذا الميزان الحراري؟

ب. كم سيبلغ طول العمود عندما تكون درجة الحرارة  $(50^{\circ}\text{C})$ ؟

١

أ. مع ارتفاع درجة الحرارة، سوف يرتفع الماء بسرعة أكبر في الأنبوبة اليمنى (القارورة الكبيرة) حيث إن نسبة التمدد تظهر أكثر وضوحًا في الأجسام ذات الحجم الكبيرة.

ب. مع أنبوبة أضيق، سيرتفع الماء بشكل أكبر، مما يجعل قراءة درجة الحرارة أكثر حساسية للتغيرات في درجة الحرارة.

٢

أ. طول العمود عند درجة حرارة  $0^{\circ}\text{C} = 4.5\text{ cm}$

طول العمود عند درجة حرارة  $100^{\circ}\text{C} = 20.5\text{ cm}$

وبالتالي الطول الذي يمثل  $100^{\circ}\text{C}$  هو:

$$20.5 - 4.5 = 16.0\text{ cm}$$

ب. طول العمود عند درجة حرارة  $50^{\circ}\text{C} =$  الطول عند درجة الحرارة  $0^{\circ}\text{C} +$  نصف الطول الذي يمثل  $100^{\circ}\text{C}$

$$= 4.5 + (0.5 \times 16.0)$$

$$= 12.5\text{ cm}$$

٣ تتساءل ليلي إن كان بإمكانها صُنع ميزان حرارة كهربائي عن طريق توصيل مُقاوم كهربائي بمقياس يظهر مُقاومته بالأوم ( $\Omega$ ).

• عندما وضعت ليلي المُقاوم الكهربائي في الماء المغلي، وجدت مُقاومته ( $482 \Omega$ ).

• وعندما وضعت المُقاوم في الثلج المُنصهر، وجدت مُقاومته ( $470 \Omega$ ).

١. ما مقدار تغيُّر مقاومة المقاوم عندما تتغيَّر درجة الحرارة من  $0^\circ\text{C}$  إلى  $100^\circ\text{C}$ ؟

٢. لماذا يشير ذلك إلى أن المُقاوم لن يكون مفيداً جداً لقياس درجات الحرارة في المُختبر؟

٤ تعرَّف إلى الأنواع المختلفة لموازين الحرارة التي يستخدمها الطاقم الطبي لقياس درجة حرارة مرضاهم.

اشرح مبدأ عمل كل من الموازين، واقترح في أي حالة يُستخدم كلٌّ من هذه الموازين.



٣

١. تتغير المقاومة قليلاً أي حوالي  $12\ \Omega$  ( $482 - 470 = 12$ ) بين  $(0^\circ\text{C})$  و  $(100^\circ\text{C})$ .

٢. لن تكون حساسة كثيراً للتغيرات الصغيرة في درجة الحرارة. وبالتالي لن يكون ميزان الحرارة هذا مفيداً لقياس درجات الحرارة في المختبر.

٤

على الطلاب القيام بالبحث وكتابة تقرير.