

تعريف ومفاهيم أساسية

1. التوازن الحراري:

تتغير خواص الأجسام بحسب الوسط الحراري الذي توجد فيه. فمثلاً عند وضع جسم في فرن ساخن، فإن الشروط المحيطة بالجسم تتغير مما يؤدي إلى تغيرات في خواصه الفيزيائية: حيث يزداد حجم السائل، ويزداد طول السلك وتتغير مقاومته الكهربائية بزيادة درجة الحرارة.

يحدث التوازن الحراري عادة عند تماس مادتين أو وسطين مختلفين في درجة حرارتهما: سواء كان هذا التماس مباشر أو غير مباشر فتنتقل الحرارة من الوسط الأكثر حرارة إلى الوسط الأقل حرارة حتى الوصول إلى ما يسمى بالتوازن الحراري، أي تتساوى درجة الحرارة للوسطين.

ويُعبّر عن حرارة جسم ما بمفهوم درجة الحرارة لهذا الجسم، فدرجة حرارة جسم ما تُعبّر عن الحالة الحرارية التي يملكها الجسم أو الوسط التي تُقَدَّر عادة بقياس درجة الحرارة باستخدام موازين الحرارة.

2. تأثير درجة الحرارة في بعض الخواص الفيزيائية:

(1) التمدد الحراري:

يزاد حجم معظم المواد عند تسخينها وينقص حجمها في حالة تبريدها. ولهذه الخاصية أهمية كبيرة في التطبيقات التقنية والهندسية.

يحدث التمدد الحراري بسبب تغير متوسط المسافة الفاصلة بين ذرات المادة ولفهم هذه العملية نعتبر أن ذرات المادة موصولة مع بعضها البعض عن طريق روابط المرنة.

فعند درجة حرارة الغرفة تهتز ذرات الجسم الصلب حول مواضع توازنها بسعة تقارب $10^{-11} m$ وتردد $10^{13} Hz$ وتكون المسافة بين الذرات من مرتبة $10^{-10} m = 1A^0$. وعند ارتفاع درجة حرارة الجسم الصلب تهتز الذرات حول مواضع توازنها بسعات أكبر مما يسبب ازدياد متوسط المسافة الفاصلة بين الذرات، وبالتالي، ينتج عن ذلك تمدد الجسم.

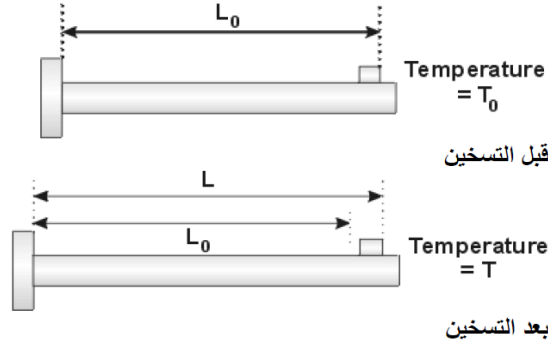
وتتناسب درجة التمدد الحراري للجسم الصلب مع تغير درجة الحرارة.

(a) التمدد الطولي:

يحدث التمدد في كافة أبعاد الجسم: الطول والعرض والسمك وتكون نسبة الزيادة حسب الأبعاد الهندسية للمادة ومقدار الزيادة يتناسب طردياً مع الطول الأصلي لذا تكون الزيادة في الطول أكثر منها في العرض أو السمك.

نعتبر أن الجسم الصلب هو سلك معدني، ومع ارتفاع درجة الحرارة يزداد طول هذا السلك.

ليكن L_0 هو طول السلك عند درجة حرارة مقدارها T_0 ، وبعد تسخين السلك إلى درجة الحرارة T يصبح طوله L ، أي يتغير طوله بمقدار ΔL والذي يمثل مقدار تمدد السلك. كما في الشكل 1.



الشكل 1 التمدد الطولي لسلك معني

وقد اثبتت التجارب ان التغير في الطول ΔL يتناسب طردياً مع التغير في درجة الحرارة ΔT ومع الطول الأصلي T_0 لذا يمكن كتابة معادلة التغير في الطول على النحو التالي:

$$\Delta L \sim L_0 \times \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \times \Delta T \quad (1)$$

$$L - L_0 = \alpha L_0 \times (T - T_0)$$

$$L = L_0 + \alpha L_0 \times \Delta T$$

ومنه:

$$L = L_0 (1 + \alpha \times \Delta T) \quad (2)$$

حيث:

$$-\alpha = \frac{L - L_0}{L_0 \times (T - T_0)} = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

الموافق لتغير درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية.

ووحدة قياس معامل التمدد الطولي هي مقلوب درجة الحرارة (مثلاً: $(C^0)^{-1}$).

تتمدد جميع المواد بالحرارة، ولكل مادة معامل تمدد خاص بها، وقيمة هذا المعامل من أجل مادة محددة ليست ثابتة تماماً ولكنها تتغير بصورة بطيئة مع تغير درجة الحرارة، ويشمل التمدد الطولي كافة أبعاد

الجسم، ويملك التمدد علاقة خطية مع درجة الحرارة بالنسبة لجميع أبعاد الجسم.

وقيمة α ثابتة من أجل مجال معين من درجات الحرارة.

العوامل التي يتوقف عليها التمدد الطولي:

- 1. الطول الأصلي للجسم،
- 2. مقدار الارتفاع في درجة حرارة الجسم،
- 3. نوع مادة الجسم.

مثال 1:

سكة حديد طولها $30m$ عند درجة الحرارة صفر مئوية. ما هو طول هذه السكة عند درجة الحرارة $40C^0$

علماً أن معامل التمدد الطولي للحديد $\alpha = 0,000011C^{-1} = 1,1 \cdot 10^{-5} C^{-1}$.

الحل:

$$L = L_0(1 + \alpha \times \Delta T) = 30m[1 + (1,1 \cdot 10^{-5} C^{-1} \times 40C^0)] = 30,0132m$$

مثال 2:

عند تسخين سلك من النحاس طوله 50 cm ارتفعت درجة حرارته بمقدار 20 C^0 . احسب الزيادة في طول السلك، علماً أن معامل التمدد الطولي للنحاس $\alpha = 0,000019\text{ C}^{-1} = 1,9 \cdot 10^{-5} C^{-1}$.

الحل:

$$\Delta L = \alpha L_0 \times \Delta T = 1,9 \cdot 10^{-5} C^{-1} \times 50 \times 20C^0 = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

(b) التمدد السطحي:

عندما يكون الجسم ثنائي البعد فإن تغير درجة الحرارة يؤدي إلى تغير في بعديه. فغذا اعتبرنا أن الجسم عبارة عن لوح مستطيل الشكل طوله L_0 وعرضه h_0 عند درجة الحرارة T_0 . وبعد تسخين الجسم حتى الدرجة T فإن طوله وعرضه يصبحان L و h على الترتيب، ويكون:

$$L = L_0(1 + \alpha \times \Delta T) \quad (3)$$

$$h = h_0(1 + \alpha \times \Delta T) \quad (4)$$

ومنه فمساحة اللوح المستطيل عند درجة الحرارة T :

$$S = L \times h =$$

$$= [L_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)] \times [h_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)] =$$

$$= L_0 \times h_0 \times (1 + \alpha \cdot \Delta T)(1 + \alpha \cdot \Delta T) = L_0 \times h_0 \times (1 + \alpha \cdot \Delta T)^2$$

وبما أن مساحة اللوح عند درجة الحرارة T_0 هي $S_0 = L_0 \times h_0$ ، فإن:

$$S = L_0 \times h_0 \times (1 + \alpha \cdot \Delta T)(1 + \alpha \cdot \Delta T) = L_0 \times h_0 \times (1 + \alpha \cdot \Delta T)^2$$

ومنه

$$S = S_0[1 + 2\alpha \cdot \Delta T + (\alpha \cdot \Delta T)^2] \quad (5)$$

إن مقدار صغير وأصغر من الواحد، ومربعه أيضاً أصغر من الواحد بكثير، لذلك يمكن إهمال الحد الثالث في العلاقة (5) فيكون:

$$S = S_0(1 + 2\alpha \cdot \Delta T) \quad (6)$$

وبما أن $\gamma = 2\alpha$ معامل التمدد السطحي، ومنه:

$$S = S_0(1 + \gamma \cdot \Delta T) \quad (7)$$

إن تغير مساحة السطوح مع تغير درجة حرارتها يعرف بالتمدد السطحي أو تمدد المساحة.

ومعامل التمدد السطحي هو التغير النسبي للسطح عند ارتفاع درجة الحرارة درجة حرارية واحدة وهو يعادل ضعفين معامل التمدد الطولي للمواد المتماثلة، ويتوقف على نوع المادة نفسها ويقدر بنفس وحدات معامل التمدد الطولي

(c) التمدد الحجمي:

عندما يكون للجسم المدروس ثلاثة أبعاد فإنه مع تغير درجة الحرارة سوف تتغير أبعاد الجسم الثلاثة (أي حجم الجسم). بفرض أن الجسم الصلب هو صندوق ثلاثي الأبعاد:

أبعاده X_0, L_0, h_0 عند درجة الحرارة T_0 ، و $V_0 = X_0 \times L_0 \times h_0$ حجمه في درجة الحرارة T_0 وأبعاده X, L, h عند درجة الحرارة T ، و $V = X \times L \times h_0$ حجمه في درجة الحرارة T وبالتشابه مع الفقرة السابقة:

$$V = V_0[1 + 3\alpha.\Delta T + 3(\alpha.\Delta T)^2 + (\alpha.\Delta T)^3] \quad (8)$$

وبإهمال الحدين الثالث والرابع الحاويين α^2 و α^3 نجد أن:

$$V = V_0[1 + 3\alpha.\Delta T] \quad (9)$$

وبما أن $\beta = 3\alpha$ معامل التمدد الحجمي، ومنه:

$$V = V_0[1 + \beta.\Delta T] \quad (10)$$

ويعرف معامل التمدد الحجمي بأنه التغير النسبي في حجم المادة الصلبة نتيجة لتغير درجة حرارتها بمقدار

$$\beta = \frac{V - V_0}{V_0} \times \frac{1}{\Delta T} \text{ . درجة واحدة}$$

مثال 3:

وعاء من النحاس حجمه $0,25m^3$ عند درجة الحرارة $15C^0$. كم يصبح حجمه عند درجة الحرارة $115C^0$ علماً أن معامل التمدد الطولي للنحاس $\alpha = 0,000019C^{-1} = 1,9.10^{-5} C^{-1}$.

الحل:

$$\beta = 3\alpha = 3 \times 1,9.10^{-5} C^{-1} = 5,7 \times 10^{-5} C^{-1}$$

$$\Delta V = 3\alpha V \Delta T = 5,7.10^{-5} \times 0,25 \times 100 = 1,4.10^{-3} m^3$$

ومنه

$$\Delta V = V - V_0 = 1,4.10^{-3} m^3 \Rightarrow$$

$$V = V_0 + 1,4.10^{-3} = 0,25 + 0,0014 = 0,2514m^3$$

موازين الحرارة Thermometric scale

هي أجهزة تستعمل لتعيين درجات الحرارة وقياسها. ويعتمد مبدأ عمل هذه الموازين على تغير قيم بعض الخواص الفيزيائية للمادة المستخدمة في الميزان عند تغير درجة الحرارة، كالتمدد الحراري للأجسام أو تغير

المقاومة الكهربائية للمادة وتغير حجم السوائل مع كل من درجة الحرارة والضغط. وبناء على ذلك يتم تصنيع موازين الحرارة تبعاً لتغير هذه الخواص.

لتصنيع مقياس لدرجات الحرارة يجب مراعاة ما يلي:

1 - اختيار مادة مناسبة تتغير خواصها الفيزيائية بتغير درجات الحرارة مثل تمدد: السوائل أو الغازات، أو تغير مقاومة سلك من البلاتين أو غير ذلك.

2 - يلزم اختيار درجتى حرارة ثابتتين معروفتين وتؤخذ غالباً درجتا حرارة انصهار الجليد (نقطة سفلى) وجليان الماء (نقطة عليا) في الضغط الجوي العادي (76 سم زئبق 76 cm Hg).

3 - تقسم المسافة بين هاتين الدرجتين إلى عدد من الأقسام المتساوية يسمى كل قسم منها درجة. ويسمى التدرج بين النقطتين الثابتتين بالتدرج الأساسي.

سلالم قياس درجات الحرارة:

(a) السلم المئوي Centigrade (or Celsius) scale

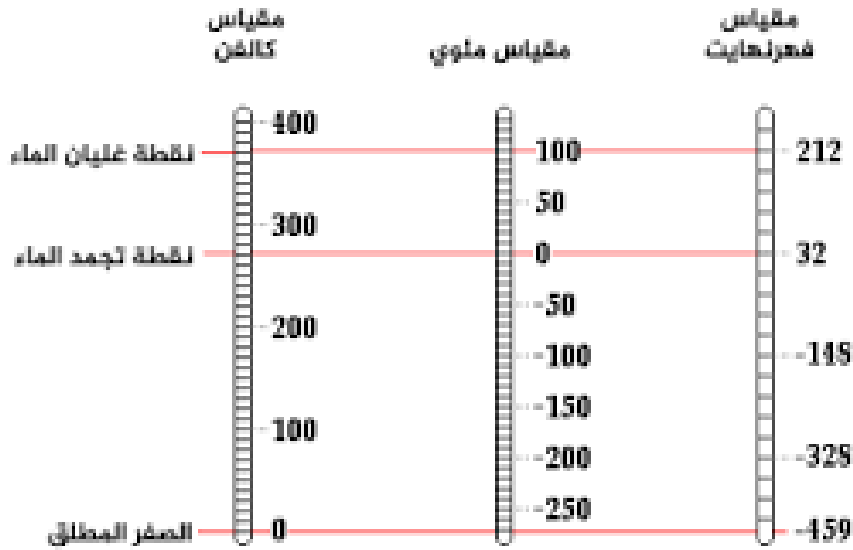
وهذه التسمية نسبة إلى العالم سلزيوس الذي وضع هذا السلم في عام (1742)، حيث اعتمد في إنشائه على حالة التوازن الحراري بين الجليد النقي والماء النقي تحت الضغط الجوي النظامي، وأطلق عليها اسم نقطة الجليد وعدها تمثل الرقم صفر على مقياس درجة الحرارة الزئبقي.

كما اختار أيضاً نقطة أخرى ثابتة تمثل التوازن الحراري بين الماء النقي وبخاره تحت الضغط الجوي النظامي، وأسماها نقطة الغليان وعدها تمثل العدد (100) على مقياس درجة الحرارة الزئبقي. ثم قام بتقسيم المسافة بين هاتين النقطتين إلى مئة قسم متساوي وسمى كل منها درجة مئوية.

وهذا هو التقسيم المئوي ويُعبر عن درجة الحرارة وفق السلم بالشكل ($t_c = 50 C^0$) وتقرأ 50 درجة سلزيوس أو مئوية.

(b) سلم فهرنهايت Fahrenheit scale

وضع هذا السلم العالم الألماني فهرنهايت في عام (1709)، حيث اعتبر أن نقطة الجليد توافق (32) وأن نقطة الغليان توافق (212). وقسم المسافة الفاصلة بينهما إلى (180 = 212 - 32) قسماً متساوياً وسمى كل قسماً منها بدرجة فهرنهايت ويرمز لها بالرمز F^0 ويعبر عن درجة الحرارة هنا بالرمز ($62 F^0$) وتقرأ اثنان وستون درجة فهرنهايت.



السلالم الحرارية: فهرنهايت، المئوي وكلفن

يمكن اعتبار أن كل تقسيمة من سلم فهرنهايت تعادل (9/5) من تقسيمة المئوي، وبالعكس كل تقسيمة مئوية تعادل (5/9) تقسيمة من سلم فهرنهايت:

$$\left. \begin{array}{l} 180 F^0 \rightarrow 100 C^0 \\ 1 F^0 \rightarrow x C^0 \end{array} \right\} \Rightarrow x C^0 = \frac{1 F^0 \times 100 C^0}{180 F^0} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$$

مثال:

$$t_F = \frac{9}{5}(50 C^0) + 32 = 122 F^0$$

$$t_C = (122 - 32) \frac{5}{9} = 50 C^0$$

أو:

$$t_F = \frac{9}{5} t_C + 32 ; t_C = (t_F - 32) \frac{5}{9}$$

(c) السلم المطلق:

باستخدام مقاييس الحرارة الغازية التي تعتمد على تغير الضغط مع درجة الحرارة بثبات حجم الغاز، ويرسم منحنى بياني يمثل تغير ضغط الغاز مع درجة حرارته بالتجربة من أجل غازات مختلفة، فقد وجد أن جميع ممدات هذه الخطوط تلتقي في نقطة واحدة على الطرف السالب لدرجات الحرارة وهي نقطة الصفر المطلق $-273,15 C^0$.

واستخدمت هذه النتيجة قاعدة لتدريج سلم درجات الحرارة المطلقة scale temperature absolute، حيث اعتبرت درجة الحرارة ($0 K^0 = -273,15 C^0$) على أنها درجة الصفر المطلق أو صفر كلفن. وتم

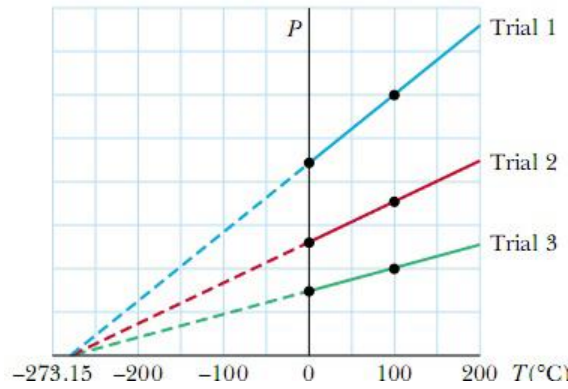
اختيار الفرق بين نقطتين على التدرج المئوي لتساوي الفرق بين نقطتين على التدرج المطلق. ولهذا يكون التحويل بين التدرج المئوي والتدرج المطلق وفق المعادلة الآتية:

$$T K^0 = t_C + 273,15$$

حيث t_C درجة الحرارة بالتدرج المئوي، و T درجة الحرارة المطلقة.

ومن أجل درجة الحرارة $t_C = 20 C^0$ يكون:

$$T = 20 + 273,15 = 293,15 K^0$$



الشكل يوضح منحنيات تجريبية لتبعية ضغط الغاز لدرجة حرارته (مع ثبات حجم الغاز). يلاحظ من هذه المستقيمات العائدة لثلاث غازات مختلفة أن ضغط الغاز يتناقص مع تناقص درجة الحرارة ويؤول الضغط لجميع أنواع الغازات إلى الصفر عند درجة الحرارة $(-273,15 C^0)$

3. أنواع موازين الحرارة:

(2) ميزان الحرارة الزئبقي:

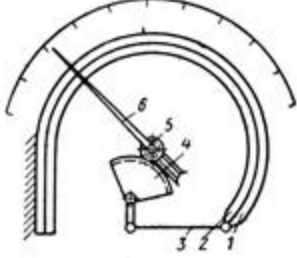
يعد الزئبق من أنسب السوائل المستخدمة وأفضلها في صنع موازين الحرارة حيث يتجمد في الدرجة $(-39 C^0)$ ويغلي في الدرجة $(327 C^0)$ ، ويتمدد بانتظام مع ارتفاع درجة الحرارة، وهو غير شفاف إذ يمكن رؤيته بسهولة داخل الزجاج الموجود فيه، ويتميز أيضاً بحساسيته العالية لتغير درجات الحرارة. يُصنع هذا الميزان من أنبوبة زجاجية شعيرية سميكة الجدار ومنتظمة المقطع ويوضع في أسفلها مستودع من الزجاج يوضع فيه الزئبق المستخدم وتكون الجملة مفرغة من الهواء.

يُستعمل ميزان الحرارة الزئبقي لقياس درجات الحرارة في المدى $(-39,9 \rightarrow 327) C^0$. ويتم تدرج هذا النوع من الموازين بالطريقة الآتية:

بالاستفادة من الخصائص الفيزيائية المعروفة كدرجة تجمد الماء مثلاً هي $(0) C^0$ ودرجة غليانه هي $(100) C^0$ عند سطح البحر، وبعد تحديد هاتين الدرجتين على الميزان يتم تقسيم الفاصل بين الصفر والمئة تقسيماً متساوياً (نظراً لانتظام تمدد الزئبق) فيحدد بذلك مجال عمل هذا الميزان.

وقد يستخدم الكحول بدلاً من الزئبق فيسمى بميزان حرارة كحولي حيث أن هذا الميزان يعمل في مدى درجات الحرارة $C^0 (-115 \rightarrow 500)$.

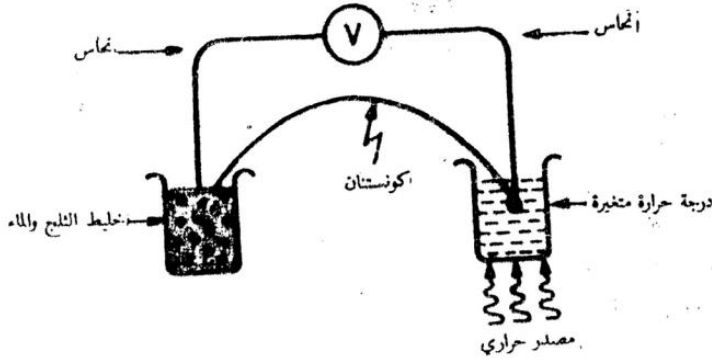
(3) ميزان الحرارة ثنائي المعدن:



ميزان الحرارة ثنائي المعدن

يقوم مبدأ عمل هذا الميزان على اختلاف معامل التمدد لمعدنين متلاصقين، وكما هو موضح بالشكل: إذا كان المعدن 1 مثلاً هو النحاس وإذا كان المعدن 2 هو أي معدن آخر. ففي أي درجة حرارة يكون معامل التمدد للنحاس مختلفاً عن معامل التمدد للمعدن الآخر وبالتالي هذا التمدد يولد فرقاً في الطول يؤثر على المؤشر فيشير إلى درجة الحرارة على المقياس المدرج.

(4) المزدوجة الكهروحرارية:



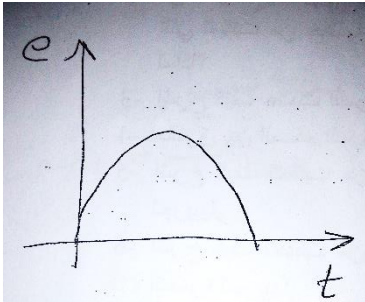
المزدوجة الكهروحرارية

تعرف المزدوجة الكهروحرارية بأنها عبارة عن منطقتي الاتصال بين معدنين مختلفين بالنوع (ملحمين) فعند وضع الملحمين في سائلين أو وسطين مختلفين في درجة الحرارة فإنه ينشأ فرق في الكون بين طرفي الملحمين مما يؤدي إلى نشوء تيار

كهربائي في الدارة فتتولد قوة محركه كهربية تزداد بازدياد الفارق في درجات الحرارة بين الوسطين. أي تكون القوة المحركة الكهربية تابعة لدرجة الحرارة:

$$e = f(t)$$

ويوضع مقياس جهد مناسب (مقياس غلفاني) لقياس القوة المحركة الكهربية.

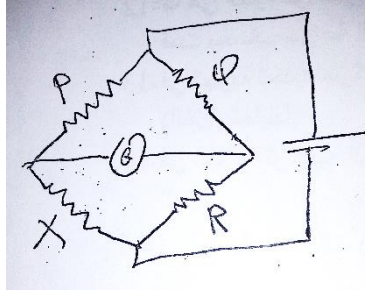


منحني معايرة المزدوجة الكهروحرارية

ويجب معايرة هذا الجهاز أولاً حيث يوضع في أحد الحوضين جليد وفي الحوض الآخر ماء يغلي. ويتم دراسة تغيرات e بدلالة t . ويستخدم منحني معايرة المزدوجة الكهروحرارية في قياس درجات الحرارة وفق منحني المعايرة.

(5) ميزان الحرارة ذو المقاومة الكهربية:

تُستخدم خاصية تغير المقاومة مع تغير درجة الحرارة في هذا النوع من المقاييس.



كمية الحرارة وقياسها:

إذا وضعنا جسمان درجة حرارتهما t_1 و t_2 في حالة تماس سنجد بعد فترة من الزمن أنهما في حالة توازن حراري وأن لهما نفس درجة الحرارة.

إذا كان الجسمان من نفس النوع ولهما نفس الكتلة فإن درجة حرارة توازنهما الحراري هي:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

مثال: عند مزج ليتر من الماء درجة حرارته $80C^0$ مع ليتر آخر من الماء درجة حرارته $20C^0$ فنحصل على لترين من الماء له درجة حرارة التوازن:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{(20 + 80)C^0}{2} = 50C^0$$

وبفرض أن $t_1 > t_2$:

فإن $\Delta t_1 = \Delta t_2 \Rightarrow t_1 - t = t - t_2$ ، وفي المثال السابق: $80 - 50 = 50 - 20 = 30C^0$.

أولاً: إذا كان الجسمان من نفس النوع وإذا كان لهما كتلتان مختلفتان m_1 و m_2 فإن:

$$m_1(t_1 - t) = m_2(t - t_2) \quad (1)$$

وبفك الأقواس:

$$m_1.t_1 - m_1.t = m_2.t - m_2.t_2$$

وينقل الحدود التي تحوي t إلى طرف واحد:

$$m_1.t_1 + m_2.t_2 = m_1.t + m_2.t = (m_1 + m_2)t$$

ومنه:

$$t = \frac{m_1.t_1 + m_2.t_2}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

يمكن إعادة كتابة المعادلة (1) بالشكل:

$$m_1(t_1 - t) - m_2(t - t_2) = 0 \quad (3)$$

ومن أجل عدة أجسام:

$$\sum_{i=1}^n m_i (t_i - t) = 0$$

حيث n عدد الأجسام.

ومنه يُعبر عن درجة التوازن الحراري لهذه الأجسام بالعلاقة:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n m_i t_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

ثانياً: إذا كانت الأجسام مختلفة الكتلة والنوع، فلكل جسم حرارة نوعية مختلفة عن الحرارة النوعية للجسم الآخر. وفي هذه الحالة نكتب المعادلة (1) بالشكل:

$$m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2) \quad (4)$$

حيث تمثل c_1 و c_2 الحرارة النوعية للجسمين الأول والثاني على الترتيب. وتُعرف الحرارة النوعية للمادة بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحدة الكتلة من المادة بمقدار درجة مئوية واحدة.

إذاً يمكن أن نكتب:

$$m_1 c_1 (t_1 - t) + m_2 c_2 (t - t_2) = 0$$

ومنه:

$$\sum_{i=1}^n m_i c_i (t_i - t) = 0$$

ودرجة حرارة التوازن:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n m_i t_i c_i}{\sum_{i=1}^n m_i c_i}$$

نرمز للمقدار أمام إشارة المجموع في المعادلة (4) بالرمز Q_i ونطلق عليه اسم كمية الحرارة المتبادلة بين الأجسام.

$$Q_i = m_i c_i (t - t_i) \quad (5)$$

وهذه الكمية يمكن أن تكون موجبة أو سالبة حسب الفرق بين t و t_i .

أي أن Q_i يمكن أن تكون موجبة أو سالبة:

$$1. \quad Q_i > 0 \text{ الجسم امتص حرارة أي } t > t_i$$

$$2. \quad Q_i < 0 \text{ الجسم أعطى حرارة أي } t < t_i$$

وبتعويض (5) في (4) نجد:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

هذا يعني أن وضع جملة من الأجسام المختلفة بدرجة حرارتها في حالة تماس حراري فإن المجموع الجبري لكميات الحرارة المتبادلة بين هذه الأجسام (حتى يحدث التوازن الحراري) يكون مساوياً للصفر.

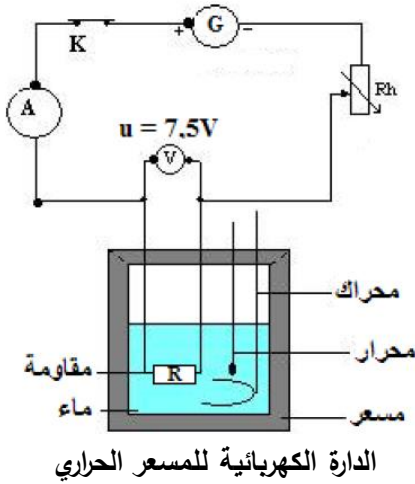
السعة الحرارية: تبين العلاقة:

$$Q_i = m_i c_i (t - t_i)$$

أن كمية الحرارة هي كمية فيزيائية مهمة جداً وتحتوي على المقدار $m_i c_i$ والذي يمثل السعة الحرارية لعينة من المادة كتلتها m_i .

قياس كمية الحرارة:

تُقاس كمية الحرارة بواسطة المسعر المائي، ويتكون هذا الوعاء من وعاء داخلي معزول حرارياً يوضع فيه السائل كما هو موضح بالشكل.



يمكن تسخين هذا السائل وقياس درجة حرارته بواسطة ميزان حرارة كما يمكن التحكم بشدة التيار الكهربائي المار في المقاومة الكهربائية المغمورة في السائل وقياس فرق الكمون بين طرفي المسعر.

أولاً: قياس الحرارة النوعية لمادة سائلة: نضع كمية من السائل كتلته m وسعته الحرارية C في الوعاء الداخلي للمسعر الذي كتلته m_1 وحرارته النوعية C_1 ويتم تحديد درجة الحرارة قبل بدء التسخين ولتكن θ_1 .

بعد ذلك نُغذي المسعر بتيار كهربائي شدته I وبعد فترة زمنية t ترتفع درجة حرارة السائل الموجود في المسعر وتصبح θ_2 . فإذا كان فرق الكمون بين طرفي المسعر هو V فولت، فيمكن حساب الطاقة الحرارية التي تنشرها هذه المقاومة من العلاقة:

$$Q = 0,24(V.I.t) \quad (6)$$

كمية الحرارة هذه يمتصها السائل والمسعر في آن واحد ولذلك نكتب:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (7)$$

$$0,24(Q.I.t) = C.m(\theta_2 - \theta_1) + C_1.m_1(\theta_2 - \theta_1)$$

$$0,24(Q.I.t) = (C.m + C_1.m_1) \times (\theta_2 - \theta_1)$$

ومن هذه العلاقة نستطيع حساب قيمة السعة الحرارية للسائل:

$$C.m + C_1.m_1 = \frac{0,24(Q.I.t)}{(\theta_2 - \theta_1)}$$

ومنه:

$$C.m = \frac{0,24(Q.I.t)}{(\theta_2 - \theta_1)} - C_1.m_1 \Rightarrow C = \frac{0,24(Q.I.t)}{m.(\theta_2 - \theta_1)} - \frac{C_1.m_1}{m} \quad (8)$$

ثانياً قياس الحرارة النوعية لمادة صلبة:

نأخذ كتلة من مادة صلبة مقدارها m_1 ونسخنها في فرن أو حمام بخار ونُقاس درجة حرارتها ولتكن θ_1 . وبعد ذلك نُدخل الكتلة الصلبة إلى الماء في الجزء الداخلي من المسعر الذي يحوي كمية معلومة من ماء بارد، وبعد ذلك ترتفع درجة حرارة كل من الماء والمسعر المائي ويكون:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

حيث:

Q - كمية الحرارة التي تعطىها الكتلة الساخنة m_1 ،

Q_1 - كمية الحرارة التي يمتصها الماء،

Q_2 - كمية الحرارة التي يمتصها الوعاء الداخلي للمسعر،

ومنه:

$$\begin{aligned} C_1.m_1(\theta_1 - \theta) &= C_2.m_2(\theta - \theta_2) + C.m(\theta - \theta_2) \\ &= (C.m + C_2.m_2) \times (\theta - \theta_2) \end{aligned} \quad (9)$$

حيث θ - درجة التوازن الحراري للجمل.

ومن العلاقة (9) نستطيع حساب الحرارة النوعية C_1 للكتلة الصلبة بحيث أن C و C_2 معلومتان للسائل ولمادة المسعر على الترتيب.

آليات انتقال الحرارة:

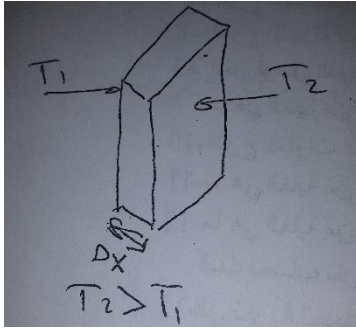
عند وضع مجموعة من الجمل الحرارية المختلفة بدرجات حرارتها بشكل متجاور سواء أكانت متلامسة أو غير متلامسة فبعد مرور فترة من الزمن نجد أنه قد حصل توازن حراري بين مجموع هذه الجمل. وعندها نقول أن الحرارة انتقلت من الجمل المختلفة بحيث أصبحت حرارة جميع الجمل متوازنة. إذاً هناك أكثر من آلية لانتشار الحرارة وتتلخص بثلاثة طرق:

- انتقال الحرارة بالتوصيل،
- انتقال الحرارة بالحمل،
- انتقال الحرارة بالإشعاع.

انتقال الحرارة بالتوصيل:

من المعلوم أن ذرات المادة تكون في حالة اهتزازية دائمة. وعندما ترتفع درجة حرارة جزء من المادة فإن الحركة الاهتزازية للذرات تزداد وذلك بسبب ازدياد الطاقة الحركية للجزيئات (الذرات)، وينتقل الاهتزاز إلى الذرات (الجزيئات) المجاورة ويكسبها طاقة فيزداد اهتزازها. وهكذا تنتقل الحرارة إلى كامل الجسم. وتسمى هذه العملية بالناقلية الحرارية، والحالة الموصوفة هذه تحدث في الأجسام الصلبة، وتختلف المواد الصلبة في ناقلية الحرارة فإما أن تكون ناقلة جيدة للحرارة بحيث تنتقل الحرارة من طرف إلى طرف آخر من المادة أو مواد ذات ناقلية رديئة بحيث تبقى الحرارة في طرف دون أن تنتقل إلى كامل المادة. وتحدث عملية الانتقال الحراري في الأوساط الصلبة عندما يوجد فرق في درجات الحرارة بين طرفيها كما هو موضح بالشكل.

وهكذا يمكن القول أن التوصيل الحراري هو عملية انتقال الحرارة خلال وسط صلب أو مائع ساكن في حالة وجود فرق في درجات الحرارة في ذلك الوسط. ويحدث انتقال الحرارة في المواد الصلبة نتيجة الحركة الاهتزازية للجزيئات فيما بينها أما في حالة السوائل والغازات فيحدث بنتيجة التصادم بين الجزيئات التي تتحرك حركة عشوائية.



بينت التجارب أن كمية الحرارة المنقولة خلال الزمن Δt من الوجه الساخن إلى الوجه البارد تتناسب طردياً مع مساحة المقطع العرضي للشريحة A وطردياً مع فرق درجة الحرارة بين الوجهين $T_2 - T_1$ وعكساً مع سمك الشريحة، ويمكن التعبير عن هذا بالشكل الرياضي الآتي:

$$\frac{Q}{\Delta t} \sim A \frac{T_2 - T_1}{\Delta x}$$

ويُعبّر المقدار $P = Q / \Delta t$ عن معدل انتقال الطاقة ويقاس بوحدة جول/ثانية = واط.

Q - كمية الحرارة وتقدر بالجول، و Δt - الزمن ويقدر بالثانية.

ومنه يمكن كتابة العلاقة الأخيرة بالشكل:

$$P = k.A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (10)$$

حيث k - ثابت التناسب ويسمى بمعامل الناقلية الحرارية للمادة. وهو ميزة خاصة للمادة ويختلف من مادة إلى أخرى.

انتقال الحرارة بالحمل:

عندما يتم انتقال الحرارة من مكان إلى آخر بفضل انتقال المادة من مكان إلى آخر فيقال أن الحرارة انتقلت بطريقة الحمل. وتحدث هذه الحالة في السوائل والغازات وتكون على نوعين:

النوع الأول: الحمل الحراري الطبيعي الذي يحدث بسبب اختلاف كثافة الأوساط المختلفة كانتقال الحرارة من غرفة إلى أخرى أو تيارات الحمل الحراري.

النوع الثاني: الذي يحدث بشكل قسري وهو الحمل الذي تجبر فيه الجزيئات على الحركة بواسطة مضخة أو مروحة.

انتقال الحرارة بالإشعاع:

تنتقل الحرارة خارج الجسم من خلال الوسط المحيط به سواء أكان هذا الوسط الخلاء أم أي وسط آخر. وتنتقل الطاقة باستمرار على شكل أمواج كهرومغناطيسية ناتجة عن اهتزاز ذرات أو جزيئات المادة وتزداد الطاقة التي يُشعها الجسم بارتفاع درجة حرارته، وينتشر هذا الإشعاع بسرعة الضوء وعند سقوطه على الأجسام المادية فيمكن أن تمتصه هذه الأجسام ويتحول إلى طاقة حرارية ترفع من درجة حرارة الجسم. وتتميز الأمواج الكهرومغناطيسية عن بعضها بعض بأطوالها الموجية وبتواتراتها.

تمتلك جميع الأجسام القدرة على إصدار وامتصاص الإشعاع حيث يمكن للجسم أن يمتص أو يعكس جزء من هذه الطاقة ويمكن أن يمر الإشعاع منه دون أي امتصاص أو انعكاس (ويُسمى عندئذ بالنفوذ).

الجسم الأسود:

هو الجسم الذي يستطيع أن يمتص جميع الإشعاعات الواردة إليه ويسمى بالجسم الأسود المثالي (لا يوجد عملياً في الطبيعة مثل هذا الجسم) وهناك الجسم الأبيض المثالي الذي يعكس كل الإشعاعات عنه.

R - معامل الانعكاس: وهو نسبة الأشعة المنعكسة عن الجسم إلى الأشعة الساقطة على الجسم،

T - معامل النفوذ: وهو نسبة الأشعة النافذة من الجسم إلى الأشعة الساقطة على الجسم،

A - معامل الامتصاص: وهو نسبة الأشعة الممتصة في الجسم إلى الأشعة الساقطة على الجسم،

$$R + T + A = 1 \quad (10)$$

إذا امتص الجسم كامل الإشعاع الساقط عليه فإن $R = T = 0$

ويكون $A = 1$ للجسم الأسود المثالي

أما إذا كان $A = T = 0$ فيكون $R = 1$ جسم أبيض مثالي.