الحرارة وخواص المادة

محاضرة1- مفهوم الحرارة

المقدمة:

لدراسة اية ظاهرة في فرع من فروع الفيزياء نبدأ بعزل منطقة محددة او جزء صغير من تلك المادة عن الاوساط المحيطة بها، والجزء الذي يعزل ويتم التركيز عليه يدعى بالنظام (System). اما الاشياء التي تكون خارج النظام والتي لها تأثير مباشر على سلوكه فتعرف بالاوساط المحيطة (Surroundings). وعند اختيار نظام معين فإن الخطوة التالية هي وصفه بواسطة كميات تمكننا من وصف سلوك هذا النظام او تفاعله مع الاوساط المحيطة به او السلوك والتفاعل معاً.

وهناك وجهتا نظر لوصف الانظمة الفيزيائية عموماً وهما:-

1. وجهة النظر العيانية (Macroscopic point view):

تمثل الكميات العيانية وفق وجهة النظر هذه الكميات التي يمكن قياسها او الاحداثيات العينية مثل الحجم، الضغط ودرجة الحرارة. وهذه الكميات ظاهرية يمكن تحسسها ووصفها ظاهرياً، وتتميز الكميات العيانية بالاتي:-

أ- لا تشمل اي افتراضات خاصة بتركيب المادة.
ب- غالباً ما تكون مقدرة بأشياء محسوسة.
ت- يمكن قياسها بسهولة.

2. وجهة النظر العيانية (Microscopic point view):

وتتميز هذه الكميات بعدم امكانية قياسها ووصفها باستخدام المقاييس العادية وانما وتوصف بواسطة تطبيقات نظريات الفيزياء الحديثة مثل الميكانيك الاحصائي. وفق وجهة النظر هذه فإن اي نظام يتكون من عدد هائل من الجزيئات (N) كل منها قادر على ان يتواجد في مجموعة من الحالات التي طاقتها $E_1, E_2, E_3, ..., E_i$. وتتفاعل هذه الجزيئات مع بعضها عن طريق التصادمات وبواسطة قوى تأثيرها لمدى محدد فقط، ويمكن ان نتصور هذه النظام من الجزيئات معزولاً. وقد طبقت نظرية الاحتمالات مع افتراض ان حالة الاتزان هي الحالة التي يكون لها اكبر احتمال. ويشمل النظام المجهري على الخصائص التالية:-

أ- تأخذ بنظر الاعتبار تركيب المادة مثل وجود الجزيئات.
ب- وجود كميات عديدة مميزة.

ت- ان هذه الكميات لا يمكن قياسها بالوسائل المعروفة العيانية.

تعريف الحرارة Heat: هي شكل من اشكال الطاقة التي ترافق حركة الجزيئات او الذرات او اي جسيم يدخل في تركيب المادة (النواة او مكوناتها). ويمكن الحصول على الحرارة اما بطرق فيزياوية مثل الاحتكاك او تهييج جزيئات المادة، او بطرق كيميائية مثل الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاحتراق والتفاعلات النووية وغيرها. والحرارة طاقة قابلة للانتقال بطرق مختلفة مثل الاشعاع والحمل\والتوصيل. ولا يمكن للحرارة ان تنتقل بين جسمين الا في حالة اختلاف درجة حرارتهما.

درجة الحرارة Temperature: هي كمية فيزيائية عيانية تعتبر مقياس لدرجة سخونة الجسم. وتقاس وفق اجهزة خاصة تسمى موازين الحرارة (المحارير) والتي يمكن معايرتها لاظهار تدريجات مختلفة للحرارة. وهناك انظمة عديدة لقياس درجة الحرارة ولكن النظامان الاكثر شيوعاً بينها هما درجة الحرارة المطلقة (كلفن K) ودرجة الحراسة المئوية (السيليزية ^{o}C).

اسس قياس درجة الحرارة:-

استخدمت العديد من العلاقات مابين درجة الحرارة والخواص الفيزيائية في بناء مناسب لدرجة الحرارة، وهذا البناء او الجهاز تم تعريفه باسم المحرار.

وان بناء اي مقياس لدرجة الحرارة يعتمد على عدة عوامل تعتمد على الاختيارات التالية:

1. اختيار المادة الحرارية المناسبة
2. اختيار الصفة المحرارية المناسبة لتلك المادة
3. افتراض ان الصفة المحرارية المختارة تتغير مع درجة الحرارة
4. اختيار المقدار المناسب لدرجة الحرارة التي يراد قياسها باستمرار

مقاييس درجة الحرارة:

1. المقياس المئوي (السيليزي) ^{o}C.
2. المقياس المطلق (الكلفن) K
3. المقياس الفهرنهايتي F

اما العلاقة الرياضية بين هذه الانظمة فهي كالاتي:

1. للتحويل من السيليزي الى الفهرنهايتي وبالعكس

$$F = \frac{9}{5} \times C + 32$$

$$C = \frac{5}{9} \times (F - 32)$$

2. للتحويل من السيليزي الى المطلق وبالعكس

$$K = 273 + C$$

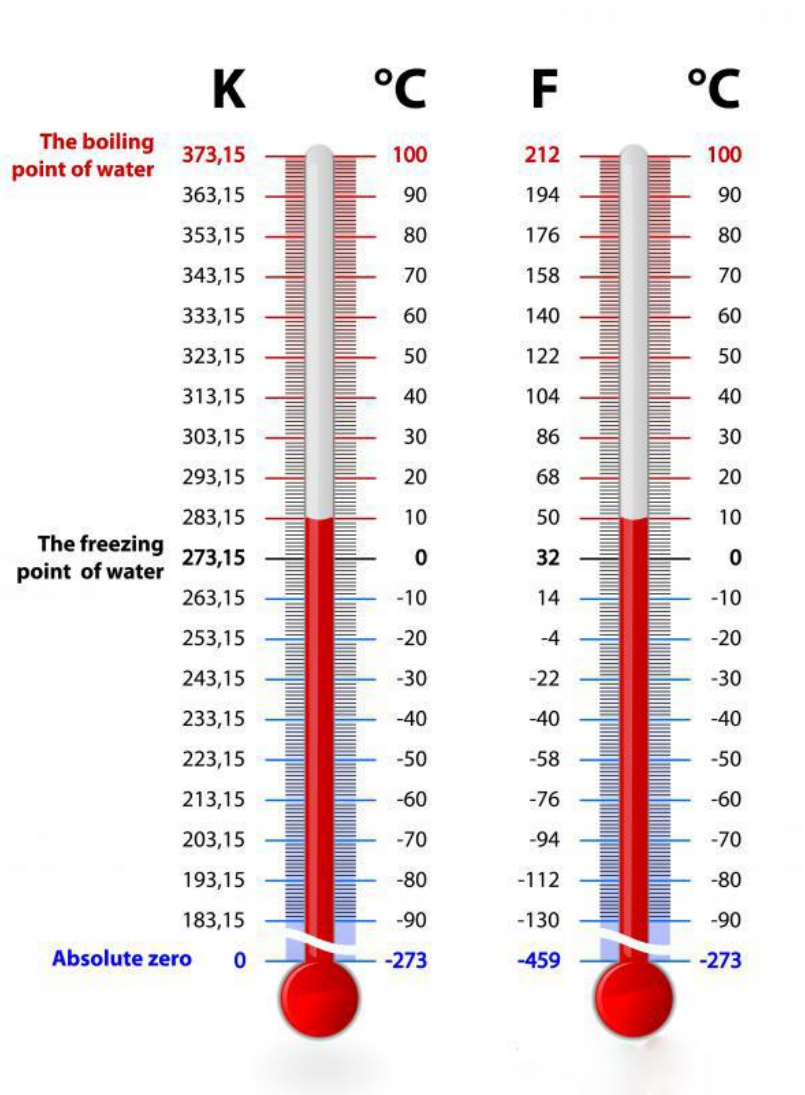
$$C = K - 273$$

3. للتحويل من المطلق الى الفهرنهايتي وبالعكس

$$F = \frac{9}{5}(K - 273) + 32$$

$$K = 273 + \frac{5}{9}(F - 32)$$

الشكل ادناه يوضح تدريج المحارير حسب الانظمة الثلاثة المذكورة



مثال/ اوجد درجة الحرارة الفهرنهايتية المقابلة ل($50^{o}C$).

الحل :

$$F = \frac{9}{5} \times C + 32 = \frac{9}{5} * 50 + 32 = 122$$

قارن الحل مع الرسم اعلاه.

نهاية المحاضرة

محاضرة2- تأثير تغيير درجة الحرارة على المادة:

الطاقة الداخلية: هي جميع انواع الطاقات التي يمكن ان تمتلكها الذرات او الجزيئات المكونة للمادة. كالطاقة الحركية ، الاهتزازية، النووية، الكيميائية وغيرها.

الطاقة الحرارية: اذا انتقلت الطاقة من جسم درجة حرارته عالية (الطاقة الأهتزازية للذرات عالية) الى جسم درجة حرارته منخفضة (الطاقة الأهتزازية للذرات اقل) ونتيجة فرق درجة الحرارة بينهما يسمى هذا بالطاقة الحرارية.

التمدد الحراري

ان تغير درجة حرارة المادة يؤدي إلى تغيرات في الخواص الاخرى للمادة، ومن ابرز هذه التغيرات هو تغير ابعاد المادة او تغير حالتها. ان رفع درجة حرارة المادة يؤدي إلى زيادة الطاقة الاهتزازية لذراتها او جزيئاتها وبزيادة سعة اهتزاز تلك الجسيمات يزداد متوسط المسافة بين الذرات او الجزيئات، وذلك يؤدي الى تغير جميع ابعاد المادة بتغير درجة الحرارة، فتزداد بزيادة درجة الحرارة وتنكمش بانخفاضها. وتسمى ظاهرة تغير ابعاد المادة نتيجة لتغير درجة حرارتها بالتمدد الحراري.

ومن المعروف ان معظم الاجسام تتمدد عندما تزداد درجة حرارتها، ويتوقف مقدار تمدد المادة بالتسخين على مقدار قوى التماسك بين جزيئاتها، فالمادة الصلبة يكون مقدار تمددها بالتسخين صغيراً جداً نظراً لكبر قوى التماسك بين جزيئاتها، في حين ان تمدد السوائل اكبر من تمدد المواد الصلبة. أما الغازات فيكون تمددها بالتسخين اكبر بكثير من السوائل لأن قوى التماسك بين جزيئات الغاز تكاد تكون معدومة.

وهذه الظاهرة تلعب دوراً رئيسياً في العديد من التطبيقات الهندسية، فعلى سبيل المثال يتم ترك مسافات بين الوصلات الحديدية في المباني والجسور والسكك الحديدية والطرق السريعة لتعطي المجال للتمدد والانكماش. واذا لم يتم فعل ذلك يمكن ان يتصدع المبنى او تنهار الجسور وتلتوي السكك الحديدية بفعل التمدد الحراري للمواد المصنوعة منه. والتمدد الحراري Thermal expansion للاجسام ينتج عن التغير الذي يحدث للمسافات الفاصلة بين جزئيات وذرات المادة.

انواع التمدد الحراري:

اولا:- تمدد الاجسام الصلبة :

عندما تتغير درجة حرارة مادة ما، فإن الطاقة المختزنة في الروابط الجزيئية بين ذراتها تتغير. عندما تزداد الطاقة المختزنة يزداد طول الروابط الجزيئية، وبالتالي فإن المواد الصلبة عادة تتمدد عند

تسخينها وتتقلص عند تبريدها. يطلق على الاستجابة بتغير الأبعاد عند تغير درجة الحرارة اسم التمدد الحراري، وتقاس هذه العلاقة بمعامل التمدد الحراري.

من الممكن تعريف عدة معاملات تمدد حراري بحسب قياس التمدد وهي:

معامل التمدد الحراري الطولي

معامل التمدد الحراري المساحي

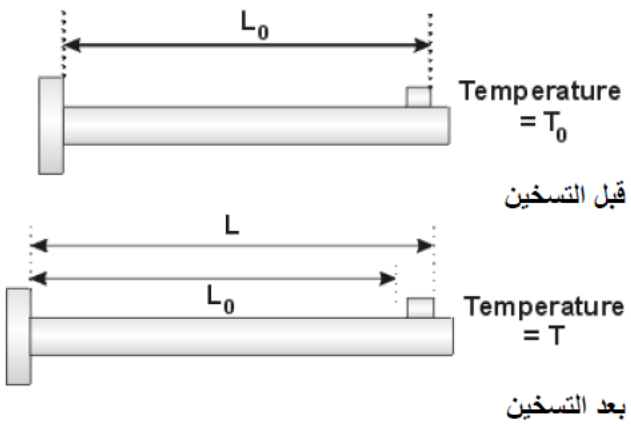
معامل التمدد الحراري الحجمي

حيث من الممكن تعريف معامل التمدد الحراري الحجمي للأجسام الصلبة والسائلة والغازية، بينما معامل التمدد الطولي يعرف فقط للأجسام الصلبة وهو العامل المستخدم بكثرة في التطبيقات الهندسية.

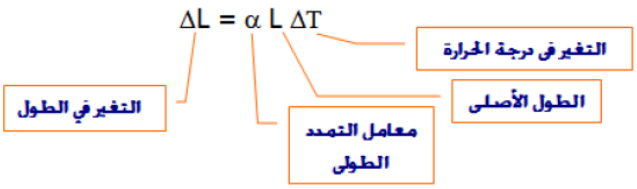
هناك بعض المواد التي تتمدد عند تبريدها مثل الماء المجمد، ولهذا يكون لها معامل تمدد حراري ذو قيمة سالبة.

التمدد الطولي

يحدث التمدد على كافة ابعاد الجسم كالطول والعرض والسمك وتكون نسبة الزيادة حسب الابعاد الهندسية للمادة ومقدار الزيادة يتناسب طردياً مع الطول الاصلي لذا تكون الزيادة في الطول اكثر منها في العرض او السمك، انظر الشكل ادناه.



وقد اثبتت التجارب ان التغير في الطول يتناسب طردياً مع التغير في درجات الحرارة والطول الأصلي، لذا يمكن كتابة معادلة التغير في الطول على النحو التالي:



حيث ان ثابت التناسب يسمى معامل التمدد الطولي ويعطى بالمعادلة التالية:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L\Delta T}$$

وعليه يمكننا تعريف معامل التمدد الطولي على انه مقدار التغير في الطول لكل تغير في درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة. اما وحدة معامل التمدد الطولي فهي $\frac{1}{(^oC)}$ او اي درجة اخرى حسب المقياس المستخدم.

ان جميع المواد تتمدد بالحرارة ولكن كل مادة لها معامل تمدد مختلف، وان قيمته ليست ثابتة تماماً ولكنها تتغير بصورة بطيئة مع تغير درجة الحرارة، وان التمدد الطولي يشمل كافة ابعاد الجسم ويكون التمدد ذو علاقة خطية مع درجة الحرارة لجميع ابعاد الجسم.

العوامل التي يتوقف عليها التمدد الطولي:

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

مثال1/ سكة حديد طولها 30m عندما كانت درجة الحرارة صفر درجة مئوية. ماطولها عندما تكون درجة الحرارة 40^oC، اذا علمت ان معامل التمدد الطولي للحديد ($0.000011\ C^{-1}$)؟

الحل/

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000011 * 30 * 40 = 0.013\ m$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 \rightarrow L_2 = 30.013\ m$$

مثال2/ قضيب من النحاس طوله 50cm، سخن على لهب بحيث زادت درجة حرارته بمقدار 20^oC. احسب الزيادة في طول القضيب، اذا علمت ان معامل التمدد الطولي للنحاس $(19*10^{-6}\ C^{-1})$؟

الحل/

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000019 * 50 * 20 = 0.019\ cm$$

مثال3/ قضيبان معدنيان متساويان في الطول والمساحة. المقطع الأول من الفولاذ معامل تمدده $(0.000011\ ^oC)$, والثاني من النحاس الأحمر معامل تمدده $(0.000017\ ^oC)$. احسب الزيادة التي تطرأ على كل من القضيبين عندما يتعرضان لتغير في درجة الحرارة من 5^oC الى 30^oC، علماً ان الطول الأصلي لكل قضيب 10m.

الحل/

لقضيب الفولاذ

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000011 * 10 * 25 = 0.00275\ m$$

اما لقضيب النحاس

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000017 * 10 * 25 = 0.00425\ m$$

نهاية المحاضرة