واجب (2)

احسب درجة حرارة إناء إذا كانت قيمتها مقاسة بثرمومتر فهرنهيتي تساوي ضعف قيمتها مقاسة بثرمومتر مئوي، ثم احسب درجة الحرارة التي تتساوى عندها القراءتان.

واجب (3) وعاء ماء سخن من 25°C الى 80°C ماهو مقدار التغير في درجة الحرارة على مقياس اولا كلفن ثانيا فهرنهايت.

واجب (4) يمكن التعبيرعن العلاقة بين الدرجة السيليزية والدرجة الفهرنهايتية كما في المعادلة التالية

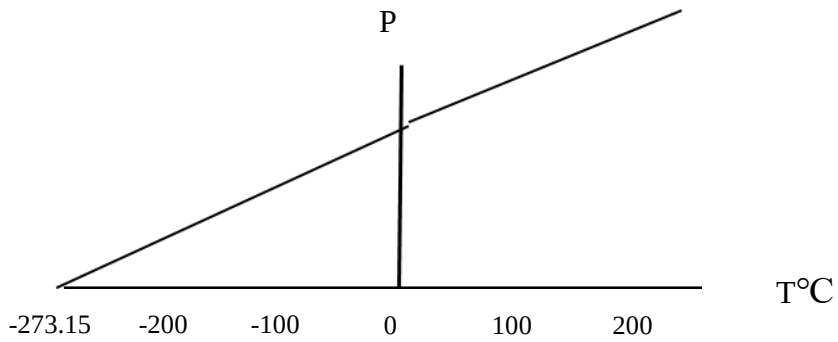
$$°\mathrm{C} = a°\mathrm{F} + b$$

جد قيم الثوابت b, a

واجب (5) *جد قيمة درجة الحرارة التي تتساوى عندها الدرجة السيليزية مع الدرجة الفهرنهايتية*

8 – مقياس درجة الحرارة المطلقة (the Absolute Temperature Scale)

عند تسخين كمية من الغاز في وعاء مغلق(الحجم ثابت) فأن الضغط سوف يزداد زيادة خطية مع درجات الحرارة كما في الشكل (1.1) وان امتداد الخط المستقيم نحو درجات الحرارة السالبة سوف يقطع محور درجة الحرارة عند درجة الحرارة 273.15 °C- حيث يصبح الضغط صفر(نظريا) وهذه الدرجة المميزة تستخدم كأساس للمقياس المطلق لدرجات الحرارة الذي جعل الدرجة 273.15°C- هي نقطة الصفر .ودرجة الحرارة هذه تسمى الصفر المطلق (Absolute Zero) ودرجة الصفر المطلق لايمكن الوصول اليها الا ان بعض التجارب المختبرية باستخدام اشعة الليزر في تبريد الذرات مكنت من الوصول الى درجات قريبة من الصفر المطلق. مع ملاحظة ان حجم الدرجة على المقياس المطلق يساوي حجم الدرجة على المقياس السيليزي (Celsius),اي ان $\Delta T°\mathrm{C} = \Delta\ \mathrm{T}K$.



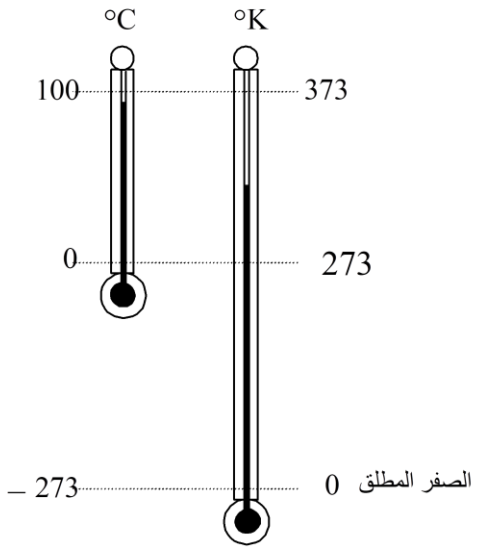
الشكل (1) علاقة ضغط الغز مع درجة حرارته عند ثبوت الحجم

ويمكن التحويل من درجة الحرارة المئوية إلى درجة الحرارة المطلقة (الكلفن) باستخدام المعادلة :

$$K = ℃ + 273.15$$

(1)

أي أن صفر المقياس المطلق يقع أسفل صفر المقياس المئوي نفسه بمقدار $273°$ ويقسم المقياسان بنفس الكيفية كما في الشكل (2) .



الشكل (2) المقياس المطلق والمقياس المئوي

Celsius (°C)	Kelvin (K)	Description
-273.15 °C	**0 K**	**Absolute Zero Temp.**
0 °C	**273.15 K**	**Freezing/Melting Point of Water**
21 °C	**294.15 K**	**Room Temp.**
37 °C	**310.15 K**	**Average Body Temp.**
100 °C	**373.15 K**	**Boiling Point Of Water**

9 – التوازن الحراري Thermal equilibrium

ان اول خطوة نحو الوصول الى مقياس علمي لاحساس درجة الحرارة هو وضع معيار لتساوي درجة الحرارة . اي متى تتساوى درجة حرارة جسمين ؟ تتساوى درجة حرارة جسمين عندما لا يحدث تبادل حراري بينهما عندما يتلامسان اي عندما يكونان في حالة توازن حراري . اما اذا تلامس جسمان تختلف درجة حرارتهما ويتركان لفترة زمنية مناسبة فأن هذه الاجسام ستصل الى حالة التوازن الحراري عندما يتوقف انتقال الحرارة بينهما . ويتوقف انتقال الحرارة بين الجسمين عندما تكون هنالك خاصية مشتركة بين الجسمين , وهذه الخاصية هي درجة الحرارة , وعليه يمكن تعريف درجة الحرارة لكيان ما بأنها تلك الخاصية التي تعين فيما اذا كان الكيان متوازن حراريا مع كيان او اكثر مجاور له . ان حالة التوازن الحراري لكيان او مجموعة من الكيانات المتجاورة تتحقق عندما تكون درجة الحرارة واحدة في كل النقاط . وعليه اذا تلامس جسمان او اكثر وكانوا في حالة توازن حراري فعندئذ بالتعريف تكون درجة حرارة الاجسام واحدة , وبالعكس اذا كانت درجات الحرارة لجسمين او اكثر متساوية فعندئذ يجب ان تكون تلك الاجسام في حالة توازن حراري عند تلامسها مع بعضها البعض . من ذلك يتضح ان الحرارة ودرجة الحرارة والتوازن الحراري مفاهيم مرتبطة مع بعضها ارتباط وثيقا , فالحرارة شكل من الطاقة ينتقل من جسم الى اخر نتيجة الفرق بين درجة حرارة الجسمين ,اما اذا تساوت درجة حرارة الجسمين فان ذلك يعني ان الطاقة الحرارية المنتقلة تساوي صفر وان الجسمين في حالة توازن حراري.

10 – التلامس الحراري Thermal Contact

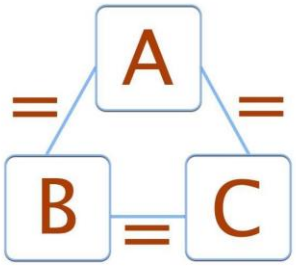
للإدراك مفهوم درجة الحرارة من الضروري ان نعرف مصطلح اخر وهو التلامس الحراري بعد ما أخذنا فكرة في الفقرة السابقة عن التوازن الحراري .لكي نستوعب معنى التلامس الحراري سنفترض أن جسمين موضوعين في وعاء معزول بحيث يتأثران ببعضهما فقط دون ان يتأثرا بالوسط المحيط فاذا كانا عند درجتي حرارة مختلفتين سيحدث بينهما انتقال في الطاقة حتى وأن لم يكونا في البداية في حالة تلامس حيث ان الحرارة هي انتقال الطاقة من جسم الى اخر نتيجة لاختلاف درجة حرارتيهما وبالتالي نستطيع القول ان الجسمين يكون بينهما تلامس حراري اذا ما تم بينهما تبادل للطاقة ولكن الاتزان هو الوضع الذي يكون فيه الجسمان في حالة تلامس حراري ولا يحدث بينهما تبادل للطاقة عن طريق الحرارة.

11 – القانون الصفري في الثرموداينمك *The Zeroth Law of Thermodynamics*

نفرض ان جسمين ليس بينهما تلامس حراري وجسم ثالث وهو المحرار(Thermometer) ,ونريد معرفة فيما اذا كان الجسمان A , B في حالة اتزان حراري فيما بينهما .نضع اولا المحرار في حالة تلامس مع الجسم A ونستمر الى ان نصل الى حالة اتزان حراري بعد ذلك نسجل درجة حرارة المحرار .نضع بعد ذلك الجسم B في حالة تلامس مع المحرار الى ان نصل ايضا الى حالة الاتزان الحراري نسجل درجة الحرارة. فاذا وجدنا درجتي الحرارة متساويتان اذن الجسمين A , B في حالة اتزان حراري فيما بينهما. ويعكس تلخيص تلك النتائج في صورة قانون يسمى بالقانون الصفري للديناميكا الحرارية ونصه كما يلي :

اذا كان جسمان A , B كل منهما على حدة في حالة اتزان حراري مع جسم ثالث C, فأن الجسمين A , B يكونان في حالة اتزان حراري فيما بينهما .

هذا القانون على درجة كبيرة من الاهمية فيمكننا ان نعرف ان درجة الحرارة على انها الخاصية التي تحدد ما اذا كان جسم في حالة اتزان حراري مع اخر. فالجسمان المتزنان حراريا مع بعضهما يكونان عند درجة حرارة واحدة وعلى العكس اذا كان الجسمان عند درجتي حرارة مختلفتين فانهما لا يكونان في حالة اتزان حراري فيما بينهما.



12-التمدد الحراري *Expansion of Solid*

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** عدا بعض الاستثناءات مثل الماء الذي يتقلص حجمه عند رفع درجة حرارته من 0°C الى 4°C . ومن المعروف ان معظم الأجسام 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 لان قوى التماسك بين جزيئات الغاز تكاد تكون معدومة.

وهذه الظاهرة تلعب دوراً رئيسياً في العديد من التطبيقات الهندسية، فعلى سبيل المثال يتم ترك فواصل للتمدد الحراري في المباني والجسور والسكك الحديدية والطرق السريعة. واذا لم يتم فعل ذلك يمكن ان يتصدع المبنى او تنهار الجسور وتلتوي السكك الحديدية بفعل التمدد الحراري للمواد.

12.1 تمدد الاجسام الصلبة

ان التغير الذي يحصل في اي بعد من ابعاد المادة الصلبة كالطول والعرض والارتفاع (والذي يكون صغيرا نسبيا مقارنة مع ابعاد الجسم قبل التمدد) نتيجة لتغير درجة حرارتها يعرف بالتمدد الطولي . وقد ثبت عمليا ان الزيادة الحاصلة في طول المادة الصلبة (ΔL) والناتجة عن زيادة درجة حرارة المادة (ΔT) يتناسب طرديا مع كل من طول المادة ومقدار التغير في درجة حرارتها .

لنعتبر أن الجسم الصلب هو سلك معدني، ومع ارتفاع درجة الحرارة يزداد طول هذا السلك .ليكن Lo هو طول السلك عند درجة حرارة مقدارها To ، وبعد تسخين السلك إلى درجة حرارة T يصبح L أي يتغير طوله بمقدار ΔL والذي يمثل مقدار تمدد السلك كما في الشكل المجاور أي ان

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

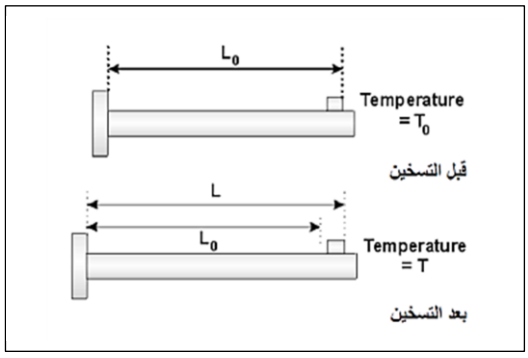
$$\Delta L = \alpha L_0 \times \Delta T \qquad (1)$$

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

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

ومنه:

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



الشكل (3)

حيث(α) تمثل ثابت التناسب وتسمى بمعامل التمدد الحراري الطولي .ويعرف معامل التمدد الحراري الطولي على انه الزيادة في طول المادة نتيجة لتغير درجة حرارة المادة بمقدار درجة حرارية واحدة. اي ان

$$\alpha = \frac{\Delta L / L_0}{\Delta T}$$

ان وحدة معامل التمدد الطولي هي مقلوب درجة الحرارة ,اي $^{\circ}C^{-1}$, $^{\circ}F^{-1}$, K^{-1}, ان قيمة معامل التمدد الطولي تعتمد على نوع المادة المستخدمة وان قيمتها ليست ثابتة ولكنها تتغير بصورة بطيئة مع درجة الحرارة لذلك قيم α في الجداول تمثل معدل القيم لمدى معين من درجات الحرارة, وللأغراض العملية يمكن اعتبار قيمة α ثابتة لمدى محدود من درجات الحرارة للمواد التي لا تعاني تغير في الطور ضمن ذلك المدى.

حالة خاصة : باعتبار أن طول السلك عند درجة حرارة $0\ ^0C$ هو L_0 وطوله عند درجة حرارة T هو L_T

فإن:

$$\boxed{L_T = L_0[1+\alpha T]}$$

مثال (1):

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

الحل:

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

$\Delta L = L - Lo$ ➔ $L = 30.013\ m$

مثال (2):

قضيبان معدنيان متساويان في الطول والمساحة. القضيب الاول من الفولاذ معامل تمدده ($11x10^{-6}$ $°C^{-1}$) واما الثاني فهو من النحاس ومعامل تمدده الطولي ($17x10^{-6}$ $°C^{-1}$) 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 (10 m).

الحل:

لقضيب الفولاذ

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

لقضيب النحاس

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

واجب (1)

عند درجة حرارة الغرفة (25^oC) وجد أن قطر كرة مصمتة من الحديد (4cm) وأن القطر الداخلي لحلقة حديدية (3.95cm)، احسب درجة الحرارة التي يجب أن تسخن إليها الحلقة حتى تكاد تمر الكرة منها. علما ان معامل التمدد الطولي للحديد ($0.11x10^{-6}$ $1/^oC$).

واجب(2) عمود زجاج بيركس مجلخ ومصقول طوله 10cm عندما كانت درجة حرارة الغرفة ^0C 20. إذا رفعت درجة حرارة هذا العمود إلى ^0C 420، احسب

1. قدر الاستطالة.
2. الطول الجديد للسلك بعد رفع درجة حرارته من ^0C 20 إلى ^0C 420

12-2 التمدد السطحي : ان تغير مساحة السطوح مع تغير درجة حرارتها يعرف بالتمدد السطحي او تمدد المساحة ويعرف معامل التمدد السطحي(γ) على انه مقدار الزيادة في المساحة عند تغير درجة الحرارة درجة حرارية واحدة

$$\Delta S = S_0 \gamma \Delta T \text{--------(1)}$$

$$S - S_0 = S_0 \gamma \Delta T \text{-------(2)}$$

$$S = S_o + \gamma\ S_o\ \Delta T \rightarrow S = S_o\ (1+ \gamma \Delta T\ ) \text{-------(3)}$$

حيث $\gamma=2\alpha$

(S)المساحة السطحية للجسم بعد التسخين، (S_o) المساحة السطحية للجسم قبل التسخين

واجب (3) اثبت ان معامل التمدد السطحي يساوي ضعف معامل التمدد الطولي اي ان $\gamma=2\alpha$

12-3 التمدد الحجمي : ان حجم المادة يتغير اذا تغيرت درجة حرارة المادة بنفس طريقتي التمدد الطولي والسطحي , ويعرف معامل التمدد الحجمي على انه التغير النسبي في حجم المادة الصلبة نتيجة لتغير درجة حرارتها درجة واحدة. ان معامل التمدد الحجمي هو $\beta = \frac{\Delta V/V_0}{\Delta T}$

ان حجم المادة النهائي ممكن الحصول عليه من المعادلة التالية :

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T)$$

ان معامل التمدد الحجمي يساوي ثلاثة امثال معامل التمدد الطولي للمادة نفسها اي ان

$$\beta = 3\alpha$$

ويعود ذلك الى ان الجسم المتجانس اي له نفس الخواص في جميع الاتجاهات يتمدد في ابعاده الثلاثة بالمقادير نفسها اي انه يتمدد باتجاه الطول والعرض والارتفاع.