اعداد

م.م. احمد محمد خضر م.م. عبير ابراهيم اعشوي

المحاضرة الثامنة

الفيزياء العامة

الخواص الحرارية للمادة (Thermal Properties of Matter)

1- درجة الحرارة (Temperature)

لقد وجدت الوسائل العلمية لقياس درجة حرارة الأجسام ومدى سخونتها معتمدين على أن معظم السوائل والجوامد تتمدّد عند تسخينها ، وموازين الحرارة متعدّدة منها الكحولي والزئبقي والمزدوج الحراري ، ولقياس درجة الحرارة يوجد ثلاثة أنظمة (مقاييس) .

مقاييس درجة الحرارة (Temperature Scales)

1- **النظام (المقياس) المئوي (Celsius Scale)** : حيث إعتمد درجة تجمد الماء ($0^{\circ}C$) ودرجة غليانه ($100^{\circ}C$) .

2- **النظام (المقياس) الفهرنهايتي (Fahrenheit Scale)** : حيث إعتمد درجة تجمد الماء ($32^{\circ}F$) ودرجة غليانه ($212^{\circ}F$) .

3- **النظام (المقياس) المطلق (الكلفن) (Kelvin Scale)** :حيث إعتمد درجة تجمد الماء ($273K$) ودرجة غليانه ($373K$) .

ويمكن ربط الأنظمة الثلاث بمعادلة تحويلية كالأتي :

$$\frac{K-273}{100}=\frac{^{\circ}C}{100}=\frac{^{\circ}F-32}{180}\ldots(1-6)$$

مثال : حوّل درجات الحرارة الآتية إلى الأنظمة المقابلة لها :

1- $(25^{\circ}C)$.

2- $(41^{\circ}F)$.

3 - $(227K)$.

الحل : -

1 - $(25^{\circ}C)$:

$$\frac{^\circ C}{100}=\frac{^\circ F-32}{180}$$

$$\frac{25}{100}=\frac{^\circ F-32}{180}\boxed{\Rightarrow ^\circ F=77^\circ F}$$

$$\frac{^\circ C}{100}=\frac{K-273}{100}$$

$$\frac{25}{100}=\frac{K-273}{100}\boxed{\Rightarrow K=298K}$$

- 2 $(41^\circ F)$:

$$\frac{^\circ F-32}{180}=\frac{^\circ C}{100}$$

$$\frac{41-32}{180}=\frac{^\circ C}{100}\boxed{\Rightarrow ^\circ C=5^\circ C}$$

$$\frac{^\circ F-32}{180}=\frac{K-273}{100}$$

$$\frac{41-32}{180}=\frac{K-273}{100}\boxed{\Rightarrow K=278K}$$

- 3 $(227K)$:

$$227K=-46^\circ C=-50.8^\circ F$$

التمدّد الحراري (Thermal Expansion)

عندما تسخن مادة تحت تأثير ضغط ثابت فإنها تتمدّد نتيجة إزدياد المسافات بين ذراتها ومن ثم تزداد أبعادها الطولية بشكل يتناسب مع إرتفاع درجة حرارتها ، ويتناسب تمدّد الأجسام غالبا بشكل خطي مع زيادة درجة الحرارة ، وهناك أنواع من التمدّد الحراري .

1- التمدّد الطولي للأجسام (Longitudinal Expansion) :

عندما يتعرّض جسم صلب لإرتفاع في درجة الحرارة (ΔT) فإن الزيادة في طوله (ΔL) تتناسب طرديا إلى حد كبير جدا مع طوله الأصلي ($L_\circ$) مضروبا في (ΔT) أي أن :

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T ...(2-6)$$

حيث يعرّف ثابت التناسب (α) بإسم معامل التمدّد الطولي ووحداته هي مقلوب درجة الحرارة وتعتمد قيمته على طبيعة المادة ويمكن كتابته على هيئة معادلة كما يلي :

$$\alpha = \frac{\Delta L / L_\circ}{\Delta T} ...(3-6)$$

2- **التمدّد السطحي للأجسام (Surface Expansion)** :

من الواضح أن سطح أي جسم سيتمدّد إذا إرتفعت درجة حرارته لأن كلا من طوله وعرضه سيتمدّدان أي أن :

$$\Delta A = \gamma A_o \Delta T ...(4-6)$$

حيث يعرّف ثابت التناسب (γ) بإسم معامل التمدّد السطحي ووحداته هي مقلوب درجة الحرارة ويكتب على هيئة معادلة كما يلي :

$$\gamma = \frac{\Delta A / A_\circ}{\Delta T} ...(5-6)$$

3- **التمدّد الحجمي للأجسام (Volume Expansion)** :

مثلما يتمدّد طول وسطح أي جسم فإن حجمه يتمدّد أيضا وفق العلاقة :

$$\Delta V = \beta V_o \Delta T ...(6-6)$$

حيث يعرّف ثابت التناسب (β) بإسم معامل التمدّد الحجمي ووحداته هي مقلوب درجة الحرارة ويكتب على هيئة معادلة كما يلي :

$$\beta = \frac{\Delta V / V_\circ}{\Delta T} ...(7-6)$$

مثال : قضيب من النحاس طوله $(80cm)$ عند $(15^{\circ}C)$. ما هي الزيادة في الطول عندما ترتفع درجة الحرارة إلى $(35^{\circ}C)$ ، إذا علمت أن معامل التمدد الطولي للنحاس هو $(1.7x10^{-5}{}^{\circ}C^{-1})$ ؟

الحل : -

من المعادلة (6 – 3) :

$$\alpha = \frac{\Delta L / L_{\circ}}{\Delta T} ...(3-6)$$

$$\Delta L = \alpha L_{\circ} \Delta T$$

$$\Delta L = (1.7x10^{-5}{}^{\circ}C^{-1})(0.80m)(35-15^{\circ}C)$$

$$\boxed{\because \Delta L = 2.7x10^{-4}m}$$

مثال : إثبت أن كثافة سائل أو صلب يتغيّر مع درجة الحرارة طبقا للعلاقة $\Delta\rho = -\rho\beta\Delta T$ ؟

الحل :

إعتبر كتلة (m) من سائل بحجم ($V_{\circ}$) ، حيث $\rho_{\circ} = \frac{m}{V_{\circ}}$ ، بعد تسخين (ΔT) :

يصبح الحجم :

$$V = V_{\circ} + V_{\circ}\beta\Delta T$$

وتصبح الكثافة :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_{\circ}(1+\beta\Delta T)}$$

لكن $\rho_{\circ} = \frac{m}{V_{\circ}}$ لذلك فإن :

$$\rho = \frac{\rho_{\circ}}{(1+\beta\Delta T)} \Rightarrow \rho + \rho\beta\Delta T = \rho_{\circ}$$

$$\rho - \rho_{\circ} = -\rho\beta\Delta T \boxed{\Rightarrow \Delta P = -\rho\beta\Delta T}$$

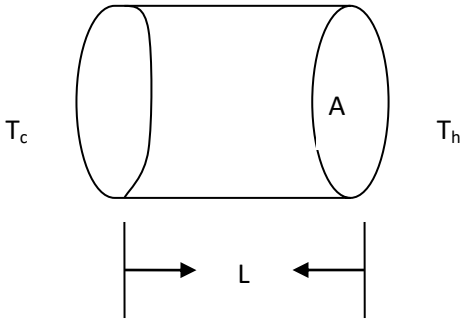
إنتقال الحرارة (Heat Transfer)

تنتقل الحرارة من جسم لآخر أو في نفس الجسم بثلاثة طرق مختلفة وهي :

1- التوصيل (Conduction) :

يحدث عندما تنتقل الطاقة الحرارية خلال مادة نتيجة التصادمات بين الألكترونات الحرة والأيونات والذرات والجزيئات المكوّنة للمادة ، وكلما كانت المادة أكثر سخونة كان متوسط طاقة حركة ذراتها أعلى وعندما يوجد فرق في درجة الحرارة بين مواد متصلة ببعضها فإن الذرات ذات الطاقة الأعلى في المادة الأدفأ تنقل الطاقة إلى الذرات ذات الطاقة الأقل في المادة الأبرد عندما يحدث تصادمات ذرية بين المادتين وبذلك تنساب الحرارة من الساخن إلى البارد .

إعتبر شريحة من مادة ما كالمبينة في الشكل الاتي سمكها (L) ومساحة مقطعها (A) ودرجتا حرارة وجهيها (T_h و T_c) على التوالي ومن ثم فإن فرق درجة الحرارة عبر الشريحة هو ($\Delta T = T_h - T_c$) ، الكمية ($\frac{\Delta T}{L}$) تسمى تدرّج درجات الحرارة وهي معدّل تغيّر درجة الحرارة مع المسافة .



شكل: شريحة مادة ودرجتا حرارة وجهيها (T_h و T_c)

إن كمية الحرارة (ΔQ) المنتقلة من الوجه (T_h) إلى الوجه (T_c) في زمن (Δt) تعطى بالمعادلة الآتية :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k_T A \frac{\Delta T}{L} \; J/\sec(Watt) \ldots (8-6)$$

حيث أن (k_T) يعتمد على مادة الشريحة ويسمى بمعامل التوصيل الحراري (Thermal Conductivity Coefficient) ووحداته هي ($W/m.K$) .

2- الحمل (Confection) :

إذا تم تسخين سائل في الوعاء فإن درجة حرارة طبقاته السفلى ترتفع بسرعة فتزداد الطاقة الحركية للجزيئات هناك وتتباعد عن بعضها وتقل كثافة السائل مما يؤدي لإرتفاع هذه الطبقات للأعلى وتحل محلها طبقات السائل الباردة التي كانت فوقها لتتكرّر العملية بهذا الشكل ويسخن السائل كله .

يلاحظ بأن طريقة التوصيل لا يتضمن حركة الجزيئات لمسافات كبيرة إذ تنتقل الحرارة من جزيء إلى آخر بالتصادم أما في الحمل فإن جزيئات المادة الناقلة للحرارة تتحرّك من مكان إلى آخر حاملة معها الحرارة ، ويلاحظ أيضا أن السوائل والغازات (الموائع) فقط هي التي تنّقل الحرارة بالحمل لأن جزيئاتها تستطيع أن تتحرّك لمسافات كبيرة .

3- **الإشعاع (Radiation) :**

نعلم جميعا أن الشمس تدفيء الأرض ، والشمس في الحقيقة هي مصدرنا الأساسي للحرارة ، ويمكننا أن نرى بسهولة أن الحرارة التي تصل إلينا من الشمس لا تنتقل إلينا بطريقة التوصيل أو الحمل ومن ثم فإن هذه الحالة لإنتقال الحرارة خلال الفراغ تسمى بالإشعاع , وهي وسيلة إنتقال الطاقة الكهرومغناطيسية الإشعاعية خلال الفراغ .

مثال : لوح حديدي سمكه ($2cm$) ومساحة مقطعه ($5000cm^2$) فإذا كانت درجة حرارة أحد سطحيه ($150^\circ C$) والسطح الآخر ($140^\circ C$) ، ماهي كمية الحرارة التي تمر خلال اللوح في الثانية ، إذا علمت أن معامل التوصيل الحراري للحديد هو ($k_T = 80W/m.K$) ؟

الحل :

من المعادلة (6 – 8) :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k_T A \frac{\Delta T}{L} \; J/\sec(Watt) ...(8-6)$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = (80)(0.50m^2)\frac{(150-140)}{(0.02m)}$$

$$\boxed{\Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} = (20000J/\sec(Watt)}$$