التمدد الحراري

أن درجة حرارة المادة مقياس للطاقة الكامنة في جزيئاتها. وعند رفع درجة حرارة سائل أو جامد تزداد طاقة جزيئاته، وبالتالي تزداد سعة اهتزازها. ونتيجة لهذه الزيادة في سعة اهتزاز الجزيئات سوف يزداد متوسط المسافة بين كل جزئ والجزيئات المجاورة. أي ان السائل أو الجامد يتمدد عند رفع درجة حرارته. وبالرغم من وجود بعض الاستثناءات الواضحة من هذه القاعدة في مدى صغير من درجات الحرارة) فالماء على سبيل المثال ينكمش* عند رفع درجة حرارته من ٠ oCإلى ٤ .(oCفإن المواد عموماً تتمدد بزيادة درجة الحرارة ، بشرط عدم حدوث تغير في الطور.

من الواضح ان التمدد الحراري للمعدن في بناية أو قنطرة يمكن أن يكون أمراً ذا أهمية عملية كبيرة. فإذا لم يؤخذ التمدد الحراري في الاعتبار فإن قضبان السلك الحديدية والطرق الخرسانية السريعة سوف تنبعج تحت تأثير حرارة الشمس في الصيف. وعليه فإن من الضروري أن نعرف بدقة كيف تتمدد المادة مع درجة الحرارة.

لنفرض أن درجة حرارة قضيب طوله الابتدائي L٠ قد تغيرت بمقدار ΔT. فإذا كانت ΔL تمثل التغير الناتج في طول القضيب، فإن التغير النسبي في الطول سيكون ΔL/L٠. وقد وجد عملياً ـ لمعظم الجوامد ـ أن التغير النسبي في الطول يتناسب خطياً مع تغير درجة الحرارة في مدى معين من درجات الحرارة. ولوصف التمدد الحراري في هذه الحالة يمكننا تعريف معامل التمدد الحراري الطولي a للمادة بالمعادلة:

$$\alpha = \frac{\text{التغير النسبي في الطول}}{\text{التغير في درجة الحرارة}} = \frac{\Delta L / L_0}{\Delta T}$$

التي يمكن كتابتها على الصورة :

$$\Delta L = \alpha L_0 \, \Delta T$$

من الواضح أن وحداتα ، طبقاً للتعريف، هي وحدات مقلوب درجة الحرارة، أي ١ oC/أو ١K/، ويمكنك أن تجد القيم النموذجية لمعامل التمدد الطولي α لبعض المواد في الجدول ١.

وكمثال لاستخدام معامل التمدد الطولي، لنفرض أن درجة حرارة قضيب من النحاس الأصفر طوله ٧٥ cm قد تغيرت بمقدار +٥٠oC عندئذ ستكون الزيادة في طول القضيب (استخرج قيمة α من الجدول ١)):

$$\Delta L = \alpha L_0 \, \Delta T = (19 \times 10^{-6} /C^\circ)(0.75 \text{ m})(50 \text{ C}^\circ) = 7.1 \times 10^{-4} \text{ m}$$

جدول ١ معامل التمدد الطولي والحجمي لبعض المواد

(لكل درجة سيليزية عند ٢٠oC)

المادة	$\alpha \times 10^6$	$\gamma \times 10^6$
ماس	1.2	3.5
زجاج (مقاوم للحرارة)	~3	~9
زجاج (رخو)	~9	~27
حديد وصلب	12	36
قرميد وخرسانة	~10	~30
نحاس أصفر	19	57
ألمنيوم	25	75
زئبق		182
مطاط	~80	~240
جلسرين		500
جازولين (وقود البنزين)		~950
ميثانول (كحول ميثيلي)		1200
بنزين (عطري)		1240
أسيتون		1490

حيث أن هذا التغير في الطول صغير جداً، فإن قيمةL ٠ المستخدمة لتعيين LΔ ليست حساسة لدرجة الحرارة بدرجة كبيرة كافية لأن نهتم بدرجة الحرارة التي يقاس عندها. ولكن الحقيقة أن a يتغيراً تغيراً طفيفاً مع درجة الحرارة، ولذلك يجب استخدام

القيمة المناسبة لكل مدى معين من درجات الحرارة في الحسابات عالية الدقة. ومع ذلك فإن من النادر أن يكون لهذا التعقيد أية أهمية في التطبيقات العملية.

هناك نظير مفيد للتمدد الحراري وهو التكبير الفوتوغرافي . ففي كلتا الحالتين نجد أن كل بعد طولي للجسم يعاني نفس التغير النسبي كغيره من الأبعاد، بما في ذلك الثقوب الموجود بالمادة. ويستخلص من ذلك أن محيط الثقب سوف يتغير في الطول بنفس المقدار سواء كان مليئاً بالمادة أو فارغاً. وعليه الزيادة في درجة الحرارة تسبب تمدد الثقوب. وليس انكماشها.

يعتبر التمدد الحجمي للمادة ظاهرة هامة أيضاً، وخاصة في حالة السوائل. وقياساً على استخدامها في تعريف معامل التمدد الطولي، يمكن تعريف معامل التمدد الحراري والحجمي γ بانه التغير النسبي في الحجم نتيجة لتغير درجة الحرارة بمقدار يساوي الوحدة :

$$\gamma = \frac{\Delta V / V_0}{\Delta T}$$

ومنه نجد مباشرة أن:

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

وبالمثل، فإن وحدات γ هي وحدات مقلوب درجة الحرارة. وكمثال لتطبيق هذه المعادلة، افترض أن ١٠٠ cm٣ من البنزين قد سخنت من درجة ٢٠ oC إلى ٢٥ oC إذن، سنجد أن التغير في حجم هذه الكمية من البنين يساوي) استخرج قيمة γ من الجدول ١

$$\Delta V = (1.24 \times 10^{-3} /C^{o})(100\ cm^{3})(5\ C^{o}) = 0.62\ cm^{3}$$

وهذا التغير في الحجم يمثل ٠.٦ في المائة من الحجم الأصلي، وهو تغير كبير في V في كثير من التطبيقات. من الضروري إذن تحديد درجة الحرارة المقاسة عندها V إذا أريد استخدام قيم γ المدرجة بالجدول ١)). لاحظ أن القيم المعطاة تمثل y عند ٢٠ .oC وبالطبع يمكن حساب ΔV نتيجة للتغيرات الصغيرة في درجة حرارة واقعة في هذا المدى الصغير.